Vergelijking kosten en effecten van verschillende stikstofemissie-beperkende scenario's voor de Programmatische Aanpak Stikstof op hoofdlijnen

Studie uitgevoerd in opdracht van: departement Omgeving
2021/RMA/R/2545

Juni 2021

Broekx Steven, Liekens Inge, Van Ermen Sofie (VITO)

In samenwerking met experten ILVO (Ludwig Lauwers, David De Pue, Peter Demeyer)

VITO NV
Boeretang 200 - 2400 MOL - BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 - Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be - www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 375-1117354-90 ING
BE34 3751 1173 5490 - BBRUBEBB

MANAGEMENT SAMENVATTING

→ **Doelstelling**

De Vlaamse regering ambieert een definitieve stikstofregeling op te stellen die voldoende juridisch robuust is en wetenschappelijk onderbouwd. De doelstelling hierbij is om de instandhoudingsdoelen (IHD) voor de Natura 2000-gebieden te realiseren tegen 2050. Om dat te realiseren moet voor elk habitattype tegen 2030 de overschrijding van de kritische depositiewaarden, het te veel aan stikstof dat neerslaat op onze waardevolle natuur, met 50% verminderen in de Speciale Beschermingszones voor Habitats (SBZ-H). De Vlaamse Regering heeft beslist om, alvorens te komen tot een definitieve PAS, de maatschappelijke en socio-economische impact van de verschillende beleidsscenario's en maatregelen in kaart te brengen. Daarbij wordt in de mate van het mogelijke een inschatting gemaakt van de kosten, de baten en de maatschappelijke en socio-economische impact van de verschillende scenario's en maatregelen. Gezien het korte tijdsbestek van de opdracht ligt in deze studie vooral de focus op de kosten en effecten van maatregelen. Daarnaast bekijken we ook nog een aantal neveneffecten en de bredere socio-economische impact op de landbouwsector op basis van een systeemanalyse.

Het startpunt van deze studie zijn verschillende emissie-reductiescenario's waarbij inspanningen op verschillende manieren verdeeld worden over de verschillende sectoren voor het bereiken van een halvering van de overschrijding van de stikstofdepositie in de SBZ-gebieden (tegen 2030). Het verder reduceren van emissies om tegen 2050 alle overschrijdingen weg te werken werd niet beschouwd in deze scenario's, maar is wel in het achterhoofd te houden bij de interpretatie van de resultaten.

→ **Kosten-effectiviteit**

In deze studie voeren we een kosten-effectiviteitsanalyse uit. De analyse identificeert welke maatregelen genomen kunnen worden om milieudoelstellingen tegen zo laag mogelijke kosten te realiseren. Een kost-effect ratio is het belangrijkste resultaat van een kosten-effectiviteitsanalyse en geeft weer hoeveel € besteed moeten worden per kilogram reductie. Hoe lager dit ratio, hoe kosten-effectiever de maatregelen.

We doorlopen hiervoor een aantal stappen:

1. Analyse van **emissiereducties** die worden verondersteld per (sub)sector in de verschillende **scenario's** en vergelijking met het referentiescenario.
2. Bepalen van de **mogelijke maatregelen** om de kloof tussen de referentiesituatie en de verschillende scenario's te dichten
3. Beoordelen van de kosten, effecten en **kosten-effectiviteit** van deze maatregelen per subsector
4. Bepalen van kosten-effectieve **maatregelen om de emissiereducties te bereiken** per scenario en de gemiddelde kost per kg waaraan dit kan gebeuren.
5. Beoordelen en vergelijken van de technische haalbaarheid en **totale kosten** voor de verschillende scenario's.

Maatregelen die aan bod komen in deze studie zijn:

- technologische en managementgerichte oplossingen
- omvorming/stopzetting van de emitterende activiteit
- combinatie van beide

De kosten-effectiviteitsanalyse beschouwt de totale kosten die gemaakt moeten worden om stikstofbeperkende maatregelen te implementeren. We beschouwen maatschappelijke kosten. Door te werken met maatschappelijke kosten kan deze studie dus enkel de vraag beantwoorden of het, vanuit het standpunt van de Vlaamse samenleving, interessant is of niet om een bepaalde maatregel (of combinaties) door te voeren. We beschouwen geen beleidsinstrumenten zoals taksen en subsidies die de lasten die de sectoren dragen om deze maatregelen te implementeren, herverdelen of de implementatie van deze maatregelen afdwingen (vb. via emissierechten). We houden dus geen rekening met betaalbaarheid van maatregelen en draagkracht van sectoren. De scope van deze analyse beperkt zich ook tot de directe kosten van maatregelen. Daarnaast zijn er ook nog allerhande andere factoren die bepalen of een maatregel interessant is om te implementeren zoals de handhaafbaarheid, allerhande (mogelijk positieve of negatieve) neveneffecten die maatregelen veroorzaken en de mate van acceptatie door de sectoren.

Gezien de beperkte termijn (2 maanden) beperkt de opdracht zich tot het kwantitatief schatten van de kosten voor de vereiste emissie-reducerende maatregelen op basis van gemiddelde kengetallen, die uniform voor sectoren of sub-sectoren worden toegepast. In realiteit is iedere situatie anders en kan de kosten-effectiviteit sterk afwijken van bron tot bron. Deze variabiliteit kan niet meegenomen worden in deze analyse als gevolg van data- en tijdsbeperkingen. Verder onderzoek is hiervoor nodig.

Het is dus vooral een methode om op een gestructureerde manier en op orde-grootte aan te geven of de gevraagde emissie-reducties technisch haalbaar zijn, met welke maatregelen deze reducties op een efficiënte manier gerealiseerd kunnen worden en of er efficiëntie-winsten kunnen gerealiseerd worden door inspanningen anders te verdelen over sectoren. De methode kan dus niet gebruikt worden om de verschillende maatregelen binnen een subsector te vergelijken omdat de variabiliteit tussen bronnen in een subsector niet wordt meegenomen en ook neveneffecten niet gekwantificeerd werden. 8.2.2

→ **Neveneffecten en systeemanalyse**

Effecten die maatregelen hebben in de realisatie van andere milieudoelstellingen komen niet aan bod in de kosten-effectiviteitsanalyse. Daarom omschrijven we ook op een kwalitatieve wijze wat de bijkomende positieve en negatieve gevolgen zijn van maatregelen. Deze effecten kunnen de maatschappelijke kost van een maatregel wel wijzigen. Zo kan de maatschappelijke kost van een maatregel lager liggen indien ook de baten door bijv. het verwijderen van andere polluenten worden meegenomen. Andersom geldt dit ook, als een maatregel negatieve neveneffecten veroorzaakt kan dit de maatschappelijke kosten verhogen.

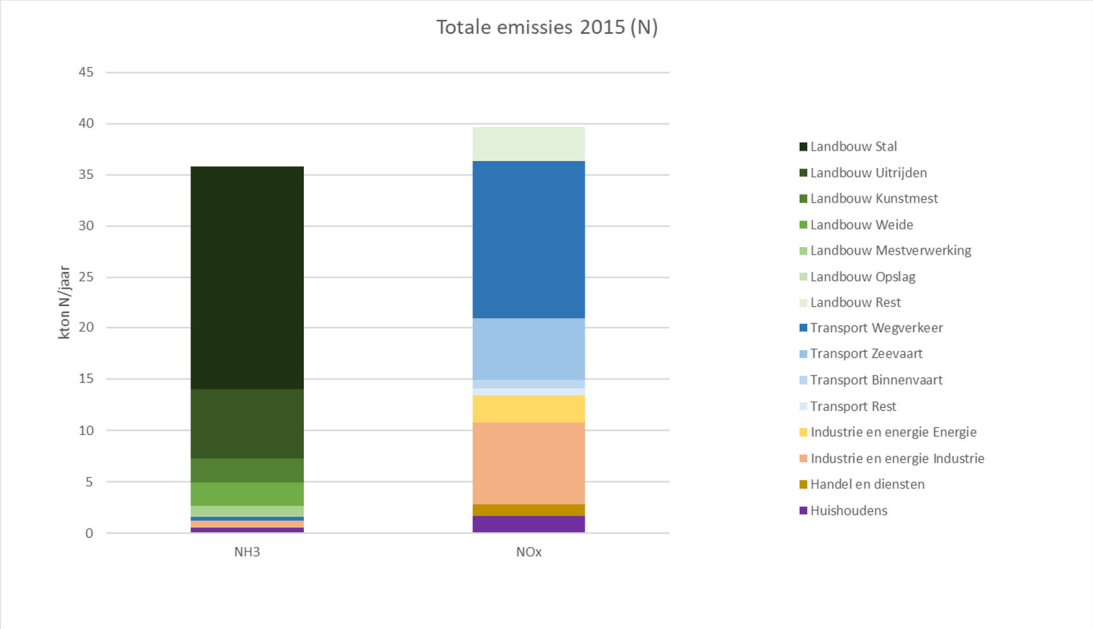
De socio-economische impact op de landbouwsector werd kwalitatief geduid door ILVO op basis van een systeemanalyse. Deze methodologie, aan de hand van groepsgesprekken met experten en betrokkenen, laat toe de complexiteit, de belangrijkste causale verbanden en de logica achter de impact van de PAS op de landbouw te visualiseren. Het geeft aan met welke meekoppeleffecten (co-benefits), probleemverschuivingen en (on)gewenste effecten toekomstig beleid wellicht rekening moet houden. Deze effecten en verschuivingen worden beschreven aan de hand van een systeemfiguur en een toelichting in de bijlage van dit rapport. Ook de mogelijke effecten van afbouw in de veeteelt op de rest van het agro-businesscomplex wordt kort in dit rapport besproken, maar cijfers hiervoor ontbreken.

→ **NOx, NH_3, emissies en deposities**

Het startpunt van deze studie zijn verschillende emissie-reductiescenario's waarbij inspanningen op verschillende manieren verdeeld worden over de verschillende sectoren om de overschrijding van de kritische depositiewaarden in de SBZ-H gebieden tegen 2030 te halveren (de zgn. 2030-doelstelling). Hiervoor worden scenario's met generieke maatregelen en/of gebiedsgerichte maatregelen bekeken. Deze scenario's hebben niet noodzakelijk de meest kosten-effectieve verdeling tussen subsectoren. Bovendien leiden niet alle onderzochte emissiereductiescenario's tot een voldoende afname van de depositie om in alle SBZ_H en voor alle habitattyypes de 2030-doelstelling te realiseren. Het vertalen van emissiereducties naar stikstofdeposities valt evenwel buiten deze opdracht en werd onderzocht door VITO in het kader van de plan-MER en referentietaak PAS.

Het gaat hier over emissiereducties voor stikstofoxiden (NOx) en ammoniak (NH_3). Om emissiereducties vergelijkbaar te maken, berekenen we ook kost-effect ratio's per gereduceerde kilogram stikstof (N). De omrekening naar kg N baseren we op de molaire massa's van de stoffen. Dit betekent dat 1 kg NH_3 = 14/17 of 0.82 kg N. 1 kg NOx (altijd uitgedrukt in NO_2-equivalenten) = 14/46 of 0.30 kg N. Dit is een vereenvoudiging louter en alleen om de kost-effect ratio's op vlak van emissies meer vergelijkbaar te maken. Hierbij mag niet uit het oog verloren worden dat beide polluenten sterk verschillen voor wat betreft hun milieuchemisch gedrag, hun atmosferische dispersiegedrag en hun impact op ecosystemen (Sardans et al. 2021).

Onderstaande figuur geeft weer wat deze omrekening betekent in het overzicht van de totale N-emissies naar de lucht in Vlaanderen voor 2015 (het referentiejaar van de gegevens die gehanteerd zijn bij de berekeningen). Uitgedrukt in totaal N-emissies zijn NH_3- en NOx emissies ongeveer even belangrijk in heel Vlaanderen. NH_3-emissies zijn quasi uitsluitend afkomstig van de landbouwsector. NOx-emissies zijn in belangrijke mate afkomstig van transport en in iets mindere mate van industrie en energie en landbouw. Huishoudens en handel & diensten zijn minder belangrijke bronnen.



Figuur: Bijdrage van sectoren en sub-sectoren in NH_3, NOx-emissies in 2015, uitgedrukt in kton totaal stikstof naar de lucht

Iets wat niet bij deze omrekening wordt meegenomen maar wel mee te nemen is bij de interpretatie van de resultaten is het verschil in depositiesnelheid. Op basis van berekeningen van VMM met behulp van het VLOPS-model voor 2018 (Lefebvre et al., 2022) werd afgeleid dat van alle Vlaamse NH_3-emissies 37% neerslaat in Vlaanderen en dat van alle NOx-emissies 9% neerslaat in Vlaanderen. We kunnen dus op hoofdlijnen afleiden dat de effectiviteit van maatregelen op NH_3 groter zal zijn voor lokale deposities. Van de binnenlandse bijdrage aan stikstofdepositie was in het referentiejaar 2015 78% afkomstig van de landbouw (Vlaanderen Departement Omgeving, 2020).

We corrigeren niet voor de hogere impact van NH_3 op de Vlaamse depositie versus NOx, omdat dit kan verschillen per SBZ-gebied en omdat dit ook in een internationale context beschouwd moet worden. Dit is een beperking van dit werk. Om de depositie van stikstof in Vlaanderen met één eenheid te verminderen, zal dit effectiever kunnen door de emissies van NH_3 te verminderen dan door de emissies van NOx te verminderen: de emissie-reductie met één eenheid NH_3-N levert 3 tot 4 maal meer depositiereductie op dan de emissiereductie met één eenheid NOx-N. Doorvertaald naar emissiereductiescenario's betekent dit door de lagere impact van NOx op depositie dat er in totaliteit meer emissies gereduceerd moeten worden in scenario's waar verhoudingsgewijs meer NOx-emissies gereduceerd worden, waardoor ook de kosten oplopen. Vlaamse emissies die zich verder verspreiden naar het buitenland dragen ook daar mogelijk bij aan depositie, net als buitenlandse emissies bijdragen aan depositie in Vlaanderen.

→ **Luchtbeleidsplan 2030 (LP2030) als uitgangspunt**

Vooraleer in te gaan op de PAS-scenario's die vergeleken worden, is het belangrijk te schetsen wat het basis-scenario is waarvan vertrokken wordt. **De realisatie van het luchtbeleidsplan in 2030 is het uitgangspunt in deze studie.** We veronderstellen allerhande autonome evoluties tussen nu en 2030 in combinatie met specifieke maatregelen zoals die zijn vastgelegd in het luchtbeleidsplan tegen 2030.

De belangrijkste maatregelen die voorzien zijn in het luchtbeleidsplan zijn:

- Transport: vergroening van de voertuigvloot (o.a. halvering van het aantal dieselwagens, verbetering motoren binnenvaart), modal shift, afname van de verkeersstromen met 12% in 2030 t.o.v. 2015.
- Industrie en energie: bijkomende kosten-effectieve sectorale maatregelen zoals aanpassing emissiegrenswaarden stookinstallaties en lage NOx-branders
- Landbouw: toename huisvesting van vooral pluimvee en varkens in AEA (ammoniakemissiearme) stallen, betere handhaving, maximaal inzetten op emissie-arme technieken bij het uitrijden van mest

→ **Emissie-reducerende scenario's die verder gaan**

De scenario's die in deze studie vergeleken worden, gaan allemaal ervan uit dat alle maatregelen in het luchtbeleidsplan tegen 2030 gerealiseerd worden. Daarnaast wordt er in alle scenario's verondersteld dat alle zgn. piekbelasters (= puntbronnen met impactscore >50%) stoppen (60 bedrijven/exploitaties in totaliteit). Het gaat hier om 58 landbouwexploitaties en 2 mestverwerkingsbedrijven (toestand 2015).

We maken een onderscheid tussen generieke (G), specifieke (S) en maatwerk (M)-scenario's, waarvoor diverse varianten zijn bekeken.

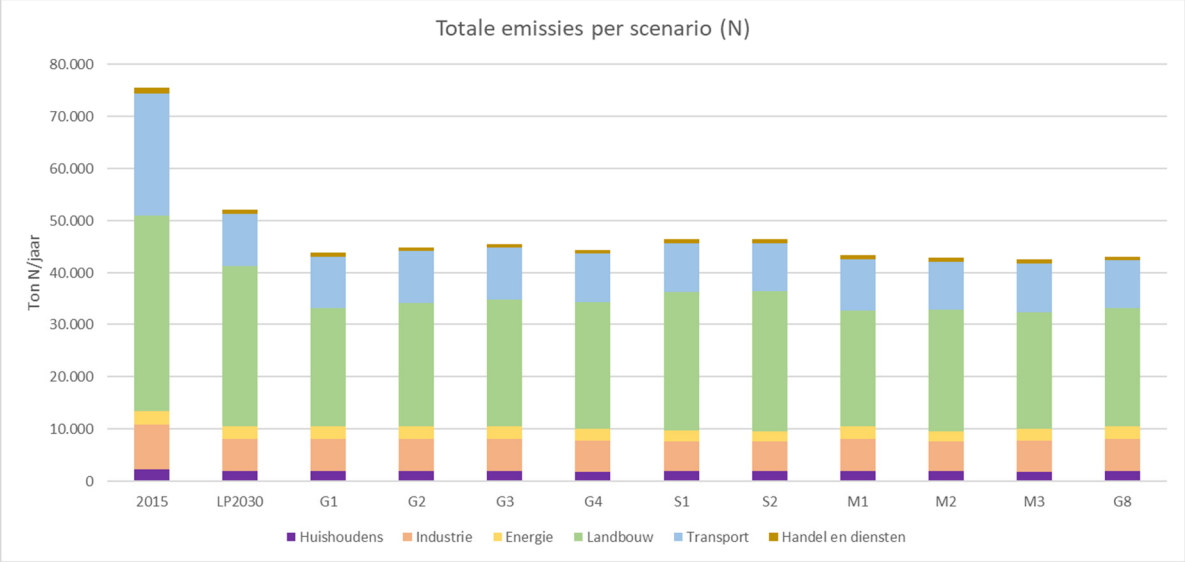
Generieke scenario's zetten vooral in op een generieke reductie van stal-emissies in Vlaanderen, waarbij gevarieerd wordt per subsector in functie van de technische mogelijkheden. Voor niet-AEA stallen bij varkens en pluimvee bedragen de emissiereducties 50%, voor runderen varieert dit tussen 10% en 40% afhankelijk van het scenario en de sub-sector. In één van de varianten (G4) wordt dit gecombineerd met een 5% reductie van alle NOx-emissies door andere bronnen.

Specifieke scenario's gaan uit van een uniforme reductie van alle bestaande bronnen, maar dan in een specifiek gebied rond de SBZs. Varianten variëren tussen emissie-reducties van 25% in een straal van 5km rond de SBZ-gebieden en 50% in een straal van 2km rond de SBZ-gebieden.

Maatwerk-scenario's combineren een aantal van de voorgaande scenario's met een aantal vergaande reducties voor alle sectoren in zeer specifieke gebieden rond de SBZs die dan nog niet aan de doelstellingen voldoen.

Op basis van de resultaten van deze scenario's, is in een vervolgfase een nieuw generiek scenario uitgewerkt (G8). In dit scenario zijn maatregelen uit de eerste set scenario's gecombineerd om op een kosten-effectievere manier doelstellingen tegen 2030 te bereiken. Voor niet-AEA stallen bij varkens en pluimvee bedragen in dit scenario de emissiereducties 60%, voor runderen varieert dit tussen 15% en 20% afhankelijk van de sub-sector.

Als we de gevolgen van de verschillende scenario's op de emissies van totaal stikstof vergelijken valt in eerste instantie de grote reductie in het LP2030 scenario op t.o.v. 2015, vooral gedreven door reducties in transport-emissies. De voornaamste bijkomende reducties in alle emissiereducerende scenario's zijn toegepast in de landbouwsector als grootste bron van emissies. Voor de maatwerk-scenario's valt op dat het M1-scenario (dat gebaseerd is op G1), relatief weinig bijkomend maatwerk op vlak van emissiereductie vergt. M2 (dat gebaseerd is op S2) daarentegen vraagt dermate veel bijkomende reducties, zodat dit qua totale reductie in dezelfde orde-grootte komt als generieke scenario's. M3 (dat gebaseerd is op G2 en G4) vraagt nog 10% bijkomende reductie op de ammoniak-puntbronnen (stallen en mestverwerkers) in vergelijking met het generieke scenario in een vrij groot gebied in Vlaanderen. Het G8-scenario vergt iets meer emissiereducties dan het M1-scenario, maar minder dan M2 en M3.



Figuur: Totale N- emissies per scenario

→ **Technische haalbaarheid en kosten-effectiviteit van maatregelen in de landbouw-sector**

Zowel in de G-, S- als M-scenario's worden belangrijke reducties verondersteld binnen de landbouwsector. Of de toegepaste reductiepercentages haalbaar zijn met technologische en/of management maatregelen in de landbouw verschilt voor de verschillende subsectoren en de verschillende scenario's. Voor deze conclusies bouwt deze studie in belangrijke mate voort op de zgn. 'PAS-lijst' voor veehouderijen die sinds begin 2020 niet meer wezenlijk werd aangepast en waarvoor nog substantiële veranderingen te verwachten zijn. Recent besliste de VR tot oprichting van WeComV om advies te geven over zaken die verband houden met: 1. het meten en karakteriseren (inclusief risico-evaluatie) van luchtemissies door veehouderijen en mestverwerking, inclusief risico-evaluatie; en 2. het beoordelen van relevante technieken voor emissiereductie en remediëring.

Stalemissies van niet-AEA stallen voor varkens en pluimvee reduceren tot 60%, hetgeen de bovengrens is in de doelstelling voor deze emissies voor de verschillende G- en S-scenario's, is goed realiseerbaar met technologische maatregelen. De technologie hiervoor is beschikbaar en wordt reeds veelvuldig en steeds meer toegepast in de praktijk. In principe is het invoeren van AEA bij nieuwbouw en renovatie in deze subsectoren lopend beleid. Omwille van de PAS gaan wel een heel aantal stallen sneller vernieuwd moeten worden dan oorspronkelijk voorzien. We spreken van (ver)nieuwbouw omdat retrofit van bestaande stallen tot AEA en dan zeker voor varkensstallen, waar nog de grootste toename moet gebeuren, zeer moeilijk is. Belangrijk is dat er ook nog bijkomende reducties gerealiseerd kunnen worden met technieken zoals luchtwassers in varkensstallen. Verwijderingsrendementen die in de literatuur te vinden zijn gaan richting 70% tot zelfs 95%. Kosten-effectiviteit van technologische en management gerichte maatregelen liggen voor een aantal maatregelen rond of onder de 10€/kg N (met name voor voedermaatregelen, luchtwassers e.d. bij vleeskippen en vleesvarkens) en voor runderen ligt dit meer tussen de 20 en 40€/kg N.

Voor runderen zijn de ammoniakemissiereducties op stalniveau die gehaald kunnen worden met technische en management-maatregelen binnen de huidige stand der technologie en kennis veel lager. Deze staltypes zijn meer open en laten minder goed toe om op een gecontroleerde manier emissies te reduceren of af te voeren en te zuiveren. De bewezen rendementen van deze technologieën op basis van praktijkervaringen liggen lager dan voor de pluimvee- en varkenssector. Voor melkvee beperken de meest geciteerde PAS-maatregelen zich tot het implementeren van een mestschuif of -robot in combinatie met emissie-arme vloeren. De rendementen die hier momenteel aan gekoppeld worden situeren zich gemiddeld op ongeveer 20% en werden bepaald door expert judgement. In Nederland is het de vaststelling dat dergelijke reducties in de praktijk niet gehaald kunnen worden, mede vanwege de delicate bedrijfsvoering van dergelijke systemen. Luchtwassers voor rundvee bestaan en er kunnen theoretisch ook relatief hoge rendementen mee gehaald worden, maar praktijkervaring in Vlaanderen is nog heel beperkt. Ook bijkomende rendementen door voederefficiëntieverbetering en groepsbeweidingstechnieken zijn vermoedelijk beperkt voor melkvee en hebben ook belangrijke nadelen (vb. moeilijk combineerbaar met melkrobotten, voldoende grote huiskavel noodzakelijk). Innovatieve pistes op vlak van mestbeheer in de stal verdienen verder onderzoek, niet in het minst omdat ze mogelijk effectief en toekomstgericht zijn.

Voor vleesvee zijn maatregelen op de PAS-lijst nog beperkter en zijn de rendementen die verondersteld worden voor beweidingsmaatregelen vermoedelijk overschat, zeker gezien in de emissieberekeningen al een vrij groot aandeel beweiding wordt verondersteld. Emissie-arme vloeren zijn voor vleesvee en dan specifiek voor het Belgisch Witblauw, het belangrijkste vleesveeras in Vlaanderen, niet geschikt voor huisvesting. De reducties zoals momenteel vermeld op de PAS-lijst zijn gebaseerd op vroegere Nederlandse modelinschattingen. Omdat er aanwijzingen zijn dat de werkelijke reducties gevoelig lager zijn, werd in Nederland vervolgonderzoek opgestart, met ook

aandacht voor eventueel extra emissies (o.a. lachgas) op de weide. Afgaand op recent ILVO-onderzoek hebben voedermaatregelen voor vleesvee wel nog een mogelijk belangrijk reductiepotentieel, maar de modaliteiten voor toepassing in de praktijk (o.a. borging) en de kosteninschatting ontbreken nog.

In vergelijking met afbouw-maatregelen liggen de kost-effect ratio's van technische en management-gerichte maatregelen nog altijd aanzienlijk lager dan de kost-effect ratio's die gerealiseerd worden door afbouw. Voor de onderste kwartiel-cijfers van minder rendabele bedrijven komen de kost-effect ratio's van afbouw dichter in de buurt van de technologische maatregelen en worden voor vleesvee zelfs negatieve brutomarges gerealiseerd (dus verlies gemaakt) na correcties voor subsidies. Het vermoeden is dan ook dat veel van deze minder productieve, vaak kleinere bedrijven deze investeringen niet meer zullen maken en er eerder sprake is van een afbouw-scenario, dan nog te investeren in nieuwbouw-stallen. Anderzijds betekent dit niet per definitie dat de veestapel in zijn totaliteit zal verminderen. Vermoedelijk zullen de meer winstgevende bedrijven, waarvoor het wel nog interessant blijft om deze investeringen te maken, aan schaalvergroting doen. Een verdere verhoging van vereisten naar AEA en luchtwassers zal dus heel wat nieuwbouw vragen en zal vermoedelijk leiden tot versnelde uittreding van kleinere bedrijven en een schaalvergroting bij bedrijven waarvoor het nog het meest rendabel is om deze bijkomende investeringen te maken. Een belangrijke kanttekening hierbij is dat ook gekeken moet worden naar de langere termijn (2050), wanneer dezelfde emissie-reductie nogmaals gemaakt moet worden dan deze in 2030. Stallen met een levensduur van 30 jaar die nu gebouwd worden zullen ook in 2050 aan deze doelen moeten helpen voldoen.

De veronderstelde emissie-reducties in de G-scenario's houden reeds tot op zekere hoogte rekening met het beperkter reductiepotentieel bij runderen gezien deze reductiedoelen lager liggen dan voor pluimvee en varkens, maar ook de haalbaarheid van deze lagere doelen met technologische en management gerichte maatregelen, zeker voor vleesvee en in mindere mate voor melkvee, is twijfelachtig op basis van de bestaande stand van technologie en kennis der maatregelen. Een andere reductie die moeilijk te realiseren valt met technologische en managementgerichte maatregelen zijn reducties bij emissies die vrijkomen bij beweiden, bij het uitrijden van dierlijke mest, bij kunstmestgebruik en mestverwerking zoals die zijn geformuleerd in de S-scenario's. Hoewel deze emissies in de totaliteit van landbouw-emissies minder belangrijk zijn dan stal-emissies (+/- 30%, t.o.v. 70% stal-emissies na implementatie van alle maatregelen in het luchtbeleidsplan), zijn deze te realiseren reducties wel relevant in een aantal scenario's. In de S-scenario's wordt uitgegaan van reducties van 25% tot 50% van alle landbouw-emissies, dus ook de niet stal-emissies. De grote winsten bij het uitrijden zijn reeds gerealiseerd in het verleden door mestinjectie of inwerken binnen 2u na het uitrijden voor de grote meerderheid van de percelen. Bovendien wordt in het luchtbeleidsplan reeds uitgegaan van een maximale bijkomende inzet van emissie-reducerende technieken als injectoren en het onmiddellijk onderwerken van mest binnen 1u na het uitrijden. Daarnaast verdient het de kanttekening dat het injecteren van mest ook gepaard kan gaan met aanzienlijke productie van lachgas. Voor beweiden is sowieso geen vermindering mogelijk met maatregelen. Integendeel, om stal-emissies verder te reduceren is bijkomende beweiding een mogelijke maatregel, waardoor deze emissies op zijn beurt verder gaan toenemen. Ook voor kunstmestgebruik worden veronderstellingen gemaakt in het luchtbeleidsplan voor een lager gebruik van ureum als kunstmest, waardoor ook hier al reducties gerealiseerd worden. Het is niet duidelijk wat hier nog het bijkomend potentieel is voor maatregelen. Inzetten op precisiebemesting lijkt hier zeker nog een aangewezen piste die momenteel niet in ogenschouw wordt genomen. We kunnen wel besluiten dat de gestelde reducties in de S-scenario's voor de niet stal-emissies niet of zeer moeilijk te realiseren zijn met technologische en managementgerichte maatregelen, wat betekent dat er ofwel meer reducties gerealiseerd worden in de stal-emissies dan is verondersteld

in de S-scenario's, er aanzienlijk minder bemest wordt of de veestapel wordt afgebouwd, waardoor er ook minder mest wordt geproduceerd om uit te rijden en er minder aan beweiding wordt gedaan.

Uitspraken doen over de haalbaarheid voor de verdergaande reducties (tot 75%) in de maatwerkgebieden binnen de M-scenario's zijn moeilijk te maken op basis van kengetallen, omdat dit al gaat over een beperkte set van bedrijven met elk een bedrijfsspecifieke situatie. Reducties realiseren van 75% of meer op niet-AEA stallen voor varkens en kippen lijkt realiseerbaar mits nieuwbouw in combinatie met luchtwassers. Reducties halen van 50% of meer bij runderen lijkt niet haalbaar binnen de huidige stand der technologie zonder afbouw. Ook niet-stalemissies verder reduceren is moeilijk met technologische maatregelen, zonder bemestingsregimes sterk te reduceren.

→ **Technische haalbaarheid en kosten-effectiviteit van maatregelen in transport, industrie en energie**

Naast het G4-scenario waarbij 5% reducties van NOx emissies worden verondersteld voor alle sectoren, zijn het vooral de S-scenario's waarbij meer gebiedsgericht verdergaande reducties van NOx-emissies worden verwacht gaande van 25% tot 50%.

Een generieke reductie van 25% à 50% riskeert dat voor specifieke bedrijven maatregelen moeten genomen worden met heel hoge eenheidsreductiekosten. Wanneer de reductie gespreid kan worden over de hele industrie én daarbij die emissiebronnen worden gesaneerd die het meest kosteneffectieve reductiepotentieel hebben, dan zal voor eenzelfde absolute emissiereductie de totale investeringskost lager uitvallen.

In het LP2030-scenario wordt de emissie van NOx van industrie en energie ingeschat op ca. 27 kton. Een reductie van 5% impliceert een emissiereductie van 1,35 kton. Hoewel een deel van het in 2015 geïdentificeerde kosteneffectieve reductiepotentieel intussen al is ingevuld, kan op basis van de oefening uit 2015 voor PAS toch verondersteld worden dat deze reductie, op Vlaams niveau, kosteneffectief (+/- 5 euro/kg NOx) kan gerealiseerd worden. Als evenwel in een beperkt aantal bedrijven een zeer hoge reductie moet gerealiseerd worden dan zal de eenheidsreductiekost snel zeer hoog liggen, mogelijk hoger dan 20 euro/kg NOx. De precieze waarde hangt af van hoeveel en welke bedrijven worden geviseerd, de reductie die ze moeten realiseren en de karakteristieken van de emissiebronnen (bv. debiet en concentratie).

Omdat NOx door de industrie veelal op grote hoogte en bij hogere (rookgas)temperaturen wordt uitgestoten en minder snel neerslaat dan NH_3, lijkt het i.f.v. de depositie minder zinvol om te focussen op sanering van lokale NOx bronnen. Bij een lokale benadering zal veel minder rekening gehouden kunnen worden met het kosteneffectieve aspect en met de inspanningen die bedrijven tot hiertoe reeds gerealiseerd hebben. Zo zijn er in het Antwerpse havengebied bedrijven die beter scoren dan andere bedrijven op vlak van reeds gereduceerde NOx emissies.

Gebiedsgerichte reducties van emissies voor transport zijn beperkt. De enige, zeer gerichte maatregel die aan bod komt in deze studie is een verlaging van de snelheidslimiet op autosnelwegen. Op basis van modelberekeningen met het FastRace model werd geschat dat een reductie van de snelheidslimiet van 120 km/u naar 90 km/u op snelwegen in de verschillende S-gebieden een reductie van NOx emissies op deze snelwegen kan veroorzaken tot 30%. Voor wegen met andere snelheidslimieten (vb. 90 km/u naar 70 km/u) is dit effect veel lager en soms zelfs negatief. Andere recente studies op de ringen rond Antwerpen, Brussel en Gent wijzen op lagere NOx emissiereductiepercentages van maximaal 15%. Vertrekkende van dit effect en het relatieve belang van emissies afkomstig van snelwegen in de totale emissies van wegverkeer kan geconcludeerd

worden dat deze reducties onvoldoende zijn om de gestelde reductiedoelen in alle S-scenario's te realiseren. Bovendien ligt de hiermee gepaarde gaande kost (verlies aan tijd verminderd met besparing brandstofkost) hoog, waardoor de kosteneffectiviteit van deze maatregel niet goed is. Om toch de gestelde doelen te halen moet er dus ingezet worden op een verdere vergroening van de vloot en vermindering van de hoeveelheid transport, bovenop de vrij forse assumpties die reeds gemaakt zijn in het luchtbeleidsplan. Een kostenschatting hiervan maken is moeilijk en vergt een veel bredere analyse van het mobiliteitsbeleid in zijn geheel. Hetzelfde kan gesteld worden voor een versnelde vergroening van de binnenvaart en de introductie van walstroom voor zeevaart in de havengebieden. Kostenberekeningen zijn moeilijk te maken hiervoor en gaan veel breder dan de PAS (duurzame mobiliteit, modal shift), waardoor het een scheefgetrokken vergelijking is om de volledige meerkost van deze versnelde vergroening hieraan te koppelen. Introductie van walstroom voor zeevaart lijkt wel nog kosten-effectief te zijn en heeft ook een groot reductie-potentieel. De internationale context is hierbij wel belangrijk (internationale schepen moeten hiervoor uitgerust zijn). Het is in het geval van transport eerder een kwestie van allerhande barrières weg te werken, die een versnelde uitrol van bijvoorbeeld elektrische voertuigen verhinderen.

→ **Vergelijking van de scenario's**

Voor de berekening van de jaarlijkse kosten per scenario en de vergelijking ervan, baseren we ons enerzijds op de verwachte reducties in de scenario's per subsector, het reductie-potentieel van de maatregel (reducerend effect en belang van de bron waar de maatregel op wordt toegepast) en anderzijds de kost-effect ratio's. In functie van de mate waarin maatregelen ingezet kunnen worden en hun kosten-effectiviteit (de meest kosten-effectieve maatregelen worden eerst maximaal ingezet), berekenen we een gemiddelde kost-effect ratio per subsector per scenario. Vervolgens combineren we dit met de totale emissiereducties per subsector om tot een totale jaarlijkse kost te komen. De selectie van maatregelen is ingegeven door kosten-effectiviteit en maakt het mogelijk om een grootte-orde te geven van jaarlijkse kosten (niet te verwarren met lasten en uitgaven). Belangrijk is ook dat bekeken wordt in welke mate kost-effect ratio's toenemen naarmate er verdergaand gereduceerd wordt op dezelfde bronnen, omdat dit met name het verschil is tussen generieke en specifieke scenario's.

Dit betekent niet dat per definitie deze maatregelen verbonden zijn met de implementatie van deze scenario's. Zo kunnen we niet zomaar concluderen dat er in de varkens- en kippensector meer moet ingezet worden op end-of pipe-technieken, ook al kunnen hiermee hoge reducties worden bekomen. We houden hiervoor te weinig rekening met de bedrijfsspecifieke context en mogelijke neveneffecten.

Alle scenario's hanteren de realisatie van de doelstellingen van het luchtbeleidsplan 2030 en de stopzetting van alle piekbelasters (puntbronnen met impactscore >50%) als gemeenschappelijke vertrekbasis inzake emissiereducties . De maatregelen opgenomen in het luchtbeleidsplan en het stopzetten van piekbelasters worden niet meegenomen in de kosten-effectiviteitsanalyse en de kosten hiervoor zijn ook niet opgenomen in de schatting in onderstaande figuur.

Op hoofdlijnen wordt de kosten-effectiviteit van de scenario's bepaald door twee grote principes, die wat tegenstrijdig werken t.o.v. elkaar. Enerzijds zullen er in totaliteit minder emissies moeten gereduceerd worden naarmate er meer locatie-gericht in gebieden dichter bij de SBZ-H gebieden meer wordt gereduceerd. Volgens dit principe werden de S-scenario's vormgegeven. Anderzijds verbetert de kosten-effectiviteit van maatregelen (of moeten er minder kosten gemaakt worden om dezelfde hoeveelheid emissies te reduceren) naarmate er meer vrijheidsgraden zijn. Hoe specifieker en hoger de reducties zijn die opgelegd worden aan specifieke subsectoren of zelfs specifieke

bedrijven, des te minder vrijheidsgraden er zijn, en des te groter de kans is dat de kost die gemaakt wordt per kg reductie hoger ligt. Deze aanpak zit vervat in de G-scenario's. Ook voor landbouw geldt deze bedenking. Naarmate we meer per subsector specifieke doelen gaan opleggen en ook in specifieke gebieden, kunnen kosten in verhouding tot het effect oplopen en worden we ook geconfronteerd met beperkingen in technologische en management-gerichte maatregelen. Gegeven deze twee tegenstrijdige effecten is het moeilijk bij voorbaat uit te maken welke scenario's de laagste maatschappelijke kost (of: het meest kosteneffectief zijn).

In de resultaten in onderstaande grafiek zien we dat de bijkomende kost voor industrie en scheepvaart in de S-scenario's de lagere kost van landbouw ruimschoots compenseert in deze scenario's t.o.v. de G-scenario's, omdat de gehanteerde kost-effect ratio (uitgedrukt in €/kg N) hoger ligt in deze sectoren dan in landbouw. S1 en S2 zijn relatief duur in verhouding tot de lage hoeveelheid reducties die wordt gerealiseerd door de hogere eenheidskosten voor industrie en scheepvaart. Ook voor landbouw ligt in sommige subsectoren de eenheidskost hoger bij S2 (50% reducties zijn niet overal realiseerbaar, bovendien is het niet duidelijk hoe alle landbouwemissies zoals emissies bij uitrijden en stalemissies van bestaande AEA-stallen in dergelijke mate nog bijkomend gereduceerd kunnen worden). Het generieke G1-scenario valt duurder uit dan G2 en G3 omdat er meer gereduceerd wordt. G4 is weer wat duurder dan G2 en G3 omwille van de bijkomende NOx-reducties. G4 en S1 liggen ongeveer bij elkaar in de buurt (assumpties rond hogere eenheidskosten industrie zijn in deze belangrijk), met dit verschil dat de hoeveelheid emissies waarvoor geen kosten berekend zijn in scenario S1 groter is.

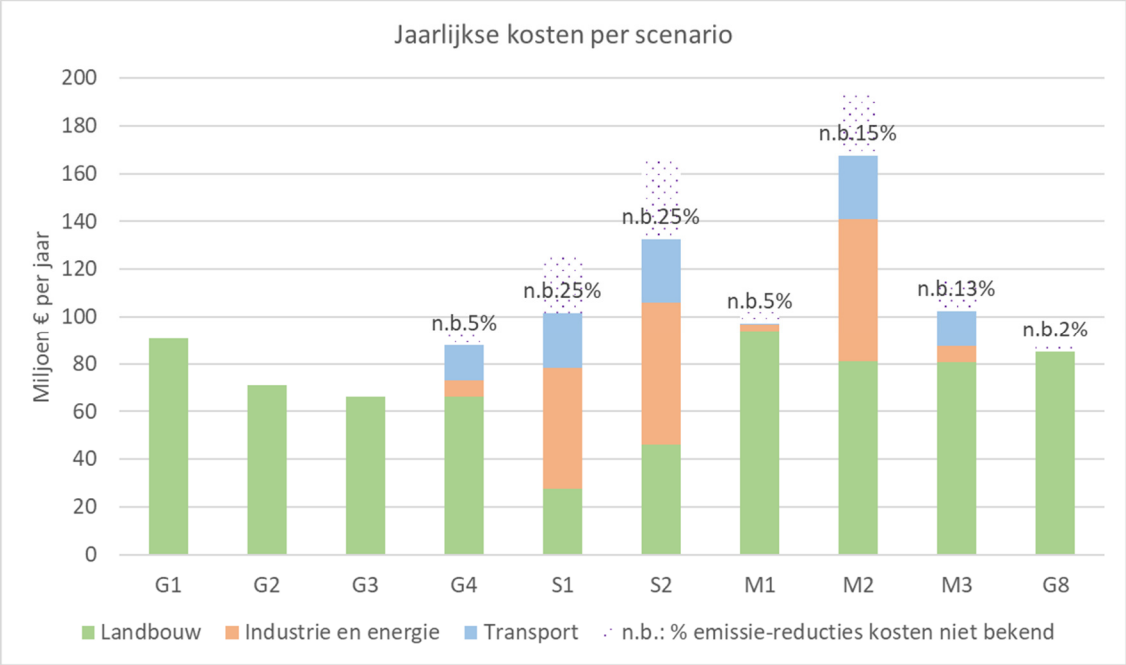
Belangrijke factoren in de emissie-reducties waarvoor geen kosten zijn berekend zijn wegtransport en de niet-stalemissies in de landbouw. Voor wegtransport kan een versnelde vergroening van de vloot wel bijdragen aan de doelstellingen maar op dit moment is een kostenraming hiervoor maken zeer moeilijk. Na correcties voor taksen en subsidies is de cost of ownership voor een elektrische wagen nog altijd veel hoger, maar vermoedelijk zal dit sterk evolueren het komend decennium. Een snelheidsverlaging op autosnelwegen is weinig kosten-effectief en draagt maar beperkt bij in het realiseren van de doelstellingen voor transport in de S-scenario's. Belangrijk is dan ook dat de versnelde vergroening van de voertuigvloot en/of vermindering van de voertuigkilometers door bijvoorbeeld maatregelen als rekening rijden, noodzakelijk zijn om gestelde doelen voor transport binnen de S-scenario's te realiseren. Ook niet onbelangrijk is dat er al forse reducties verondersteld worden voor wegtransport in het luchtbeleidsplan, waarvan het nog zeer onzeker is of die reducties gerealiseerd kunnen worden.

Een ander belangrijk randgegeven is de technische haalbaarheid. De technische haalbaarheid van de S-scenario's waarbij voor een beperkter gebied en voor meer sectoren vaak hogere emissiereductiedoelen worden verondersteld (zeker bij S2), kan minder gegarandeerd worden voor deze scenario's in vergelijking met de G-scenario's. De haalbaarheid voor industrie en energie, en transport is niet evident, ook al omdat er binnen het luchtbeleidsplan reeds forse doelen gerealiseerd moeten worden, zeker voor transport. Het verlagen van snelheidslimieten lijkt niet kosten-effectief te zijn en draagt te weinig bij, gezien dit alleen effect heeft op autosnelwegen. Ook voor landbouw is de vraag naar haalbaarheid in de S-scenario's aan de orde gezien reductiedoelen worden gelegd op alle landbouw-emissies. Om stal-emissies verder te reduceren zijn de technologische mogelijkheden voor een aantal subsectoren wel voldoende aanwezig, maar niet voor alle subsectoren. Ook zijn er twijfels of de niet-stal emissies nog gereduceerd kunnen worden tot op het gevraagde niveau, zonder in te grijpen in de hoeveelheid mest die uitgereden wordt. Het gaat hier dan ook bijvoorbeeld over emissies die veroorzaakt worden door minder talrijke diertypes zoals paarden, geiten en kalkoenen. Tot op heden zijn geen maatregelen voor deze diertypes opgenomen in de PAS-lijst. Kanttekening hierbij is dat de scenario's richtinggevend zijn en niet normatief zijn naar de verdeling van emissiereducties voor de verschillende subsectoren. Indien niet kan aangetoond

worden dat de S-scenario's wezenlijk kosten-effectiever zijn dan de G-scenario's, lijkt de voorkeur dan ook uit te gaan naar meer generieke scenario's.

Wat de M-scenario's betreft valt vooral de hoge kost van het M2-scenario op. Dit scenario vertrekt van het relatief dure S2-scenario en legt hier nog een vrij forse bijkomende reductie op in de landbouwsector, waardoor totale reducties voor landbouw in de buurt komen van het G1-scenario. In die zin is deze bijkomende reductie geen echt maatwerk te noemen. Voor het M1-scenario ligt dit anders. De bijkomende kost t.o.v. het G1-scenario is relatief beperkt omdat maar in een beperkt gebied bijkomende reducties worden verondersteld. Het M3-scenario tenslotte is wat een combinatie tussen G2 voor landbouw en G4 voor andere sectoren, met beperkt wat bijkomend maatwerk, hetgeen zich ook reflecteert in de kosten.

Het scenario G8, dat gebaseerd is op de resultaten van alle voorgaande scenario's, is iets goedkoper van scenario's G1 en G4 en veel goedkoper dan de maatwerk-scenario's M1, M2 en M3, ondanks het feit dat de totale emissie-reducties gelijk of zelfs hoger zijn dan deze scenario's. Dit komt vooral omdat relatief gezien meer inspanningen verwacht worden van subsectoren die deze reducties kosten-effectiever kunnen realiseren (varkens, pluimvee) en minder bij andere sectoren (melkvee, industrie en energie, scheepvaart). Ook zijn er zoals eerder aangegeven meer emissie-reducties verondersteld bij wegverkeer, waar geen bijkomende kosten voor worden gerekend.



Figuur: Jaarlijkse kosten per scenario per sector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn.

→ **Socio-economische impact van de scenario's op de landbouw volgens systeem-analyse**

Binnen de beperkte tijd waarin deze studie dient te worden opgeleverd, is het niet mogelijk om meekoppeleffecten, (on)gewenste neveneffecten en trade-offs kwantitatief door te rekenen. Met de uitgevoerde systeemanalyse 'landbouw' die beschreven is in bijlage, brengen we deze elementen

zo volledig mogelijk kwalitatief in beeld. De systeem-analyse bevat bijkomende informatie die van nut is in combinatie met de kosten-effectiviteitsanalyse.

Enkele belangrijke observaties met betrekking tot de socio-economische impact op landbouw die in deze analyse naar boven komen zijn:

- De PAS, de bijhorende rechts(on)zekerheid, de coherentie en het korte/lange termijn karakter van de overkoepelende beleidsvisie hebben een belangrijke impact op het welbevinden van landbouwgezinnen en de algemene sociale (on)rust. Deze variabelen beïnvloeden - via het ondernemersvertrouwen en toekomstperspectief – ook het aantal nieuwkomers in de sector, de bedrijfsinvesteringen en het vermogen om via innovatie nieuwe oplossingen te vinden die bijdragen aan systemische oplossingen voor stikstofemissie en stikstofkringlopen.
- De PAS zal impact hebben op de "safe en operating space" van bedrijven. Hoewel de PAS als doel heeft de stikstofmilieugebruiksruimte als ecologische bovengrens te respecteren, valt er bovendien ook impact te verwachten op andere ecologische boven- en sociologische ondergrenzen. De PAS beïnvloedt hun bedrijfsvoering, hun vermogen om aanpassingsinvesteringen te doen en de gehanteerde productiemethodes. Voor een deel van de bedrijven kan schaalvergroting gecombineerd met hoogtechnologische maatregelen een optie zijn (vermoedelijk bij de meer performante, grotere bedrijven). Andere, wellicht eerder kleinschalige bedrijven zullen kiezen voor verdere diversifiëring van verdienmodellen met focus op de connectie met de consument. Een groot deel van de 'middengroep' zal wellicht tot stopzetting overgaan, omwille van een gebrek aan financiële draagkracht voor investeringen, of een beperkt toekomstperspectief omwille van een hoge leeftijd en/of het gebrek aan opvolging.
- Bijkomende PAS-maatregelen kunnen tot gevolg hebben dat een deel van de stikstofproblematiek verschuift naar hobbylandbouw en paardenhouderij, en/of buiten de grenzen van Vlaanderen terechtkomt.
- Bijkomende PAS-maatregelen kunnen in specifieke landbouwzones zorgen voor veranderingen in het gebruik van gras- en akkerland en zullen aanleiding geven tot vrijkomen van hoeves; algemeen kan een impact op ruimte en landschapsbeheer verwacht worden.
- De PAS schept kansen om, binnen een geïntegreerde beleidsvisie, maximaal synergiën op te zoeken die niet enkel het probleem van stikstofdepositie in beschermde natuur verminderen, maar ook het aandeel van de Vlaamse landbouw in de broeikasgasuitstoot, waterverontreiniging en luchtverontreiniging verkleinen.

Om een deel van de vrijgekomen stikstofruimte door stopzettingen te herverdelen onder landbouwers die er wel voor kiezen om te blijven ondernemen, kan er nood ontstaan aan een specifiek instrument zoals het instrument van de verhandelbare nutriëntemissierechten, de zogenaamde NERs (Van der Straeten, 2012). Een dergelijke salderingsoefening, zoals ook voorgesteld door het PAS-expertenpanel, moet wel op een zodanige wijze gebeuren dat de emissiewinst niet volledig verloren gaat, en dat de stikstofbelasting ook lokaal niet toeneemt.

Wat betreft de scenario's concluderen we dat het Scenario S1, waarin aan ongeveer driekwart van de landbouwers maatregelen wordt opgelegd en aan het overige kwart niet, hoogstwaarschijnlijk niet te verkiezen is, omdat het als 'onfair' kan worden beschouwd en ongewenste ruimtelijke effecten kan hebben. Een generieke aanpak krijg daarom de voorkeur, ook gezien de onzekerheid in tijd en ruimte van de modellen die gebruikt worden om de impact van individuele bedrijven in te schatten. Bovenop dat generieke basisscenario kan er eventueel nog wat 'maatwerk' komen om specifieke probleemgebieden te remediëren. In die zones kan flankerend beleid een uitweg bieden wanneer er echt geen andere uitweg is dan stopzetting of verplaatsing. Er moet ook op worden toegezien dat er geen sluipende verstedelijking plaatsvindt in die gebieden omwille van het

vrijkomen van landbouwgronden en –gebouwen. Hier kan wetenschappelijk onderzoek bijdragen aan de identificatie van welke landbouwmodellen wel nog kunnen in de nabijheid van SBZ-H.

De aanpak van de stikstofproblematiek in de landbouw vergt een coherente visie en aanpak op de lange termijn binnen een Europees kader. Het beleid gaat bij voorkeur verder dan compensatie van de bedrijven (flankerend beleid). De sector en individuele bedrijven moeten ook begeleid worden en ruimte krijgen om hun innovaties en ondernemerschap in te zetten in de zoektocht naar gebiedsgerichte systemische oplossingen. Het is bijvoorbeeld moeilijker en duurder om in bestaande stallen innovaties toe te passen dan om in nieuwe stallen een emissiearme productie te realiseren.

Op vlak van innovatie zijn er ook belangrijke beleidskeuzes te maken rond de inzet van end-of-pipe en brongerichte maatregelen. Om tot een duurzaam lange termijn beleid te komen is het noodzakelijk om te beschikken over meer diepgaand en geïntegreerd advies waarbij alle relevante duurzaamheidsaspecten aan bod komen. Dergelijke complexe adviesvragen kunnen voorgelegd worden aan het in oprichting zijnde WeComV (Wetenschappelijk Comité luchtemissies Veehouderij). In Vlaanderen is er ook dringend nood aan een passend kader voor innovatie met een zogenaamde pilootstalregeling waarin de mogelijkheid wordt geboden aan constructeurs, veehouders en onderzoekers om samen nieuwe beloftevolle pistes te ontwikkelen en in de praktijk uit te testen.

Hierbij aansluitend pleiten de experten voor een **doelstellingenbeleid (mission-oriented policy) eerder dan een maatregelenbeleid om zo het ondernemerschap en innovatie te stimuleren** (Mazzucato, 2018). De doelstellingen moeten worden gehaald tegen 2030. Hoewel dat niet zo veraf ligt in de toekomst, staat het vast dat er in de komende jaren nog heel wat innovaties kunnen gebeuren die de ammoniakemissies potentieel kunnen verlagen. In Nederland is er sinds 2020 de SBV-regeling (Subsidiemodules brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen), waarvoor er grote budgetten zijn voorzien voor onderzoek en ontwikkeling van emissiebeperking in de veehouderij (Rijksoverheid, 2020). Op zich zullen de verstrengde eisen rond emissiereductie innovatie aandrijven, maar een actieve ondersteuning door de overheid kan dat nog versnellen. Tenslotte moeten beleidsmakers erop toezien dat het PAS-beleid geen andere beleidsdoelstellingen rond bijvoorbeeld ontharding, klimaat, landschapsbeheer, circulaire landbouw, waterkwaliteit, etc. in de weg staat, maar in tegendeel zoveel mogelijk inspeelt op mogelijke synergiën met deze beleidsdoelen.

Sommige van de kwalitatief geduide neveneffecten zijn onzeker of vergen verdere onderbouwing. Een ander aspect is het schaalniveau van de systeemanalyse. Voor verschillende aspecten binnen het systeem zou een systeemanalyse op een hoger detailniveau nog veel meer neveneffecten aan het licht brengen dan wat mogelijk is met het door ons gehanteerde schaalniveau. Ook op een ruimer schaalniveau, buiten de grenzen van het door ons beschreven systeem, zijn er mogelijk ook nog effecten, bijvoorbeeld de interactie tussen inspanningen van de landbouw enerzijds en andere sectoren die bijdragen aan stikstofdepositie, zoals industrie en transport, anderzijds.

→ **Aanbevelingen**

Wees bewust van de beperkingen in deze studie. Het blijft belangrijk te benadrukken dat de berekeningen gebaseerd zijn op gemiddelde cijfers die nu beschikbaar zijn. Er wordt geen rekening gehouden met de variabiliteit tussen individuele bedrijven en mogelijke innovaties in de toekomst. Ook worden positieve of negatieve neveneffecten (bijv. verplaatsen van emissies, verwijderen van andere polluenten) niet meegenomen in de berekening van de kosten. Deze worden wel kwalitatief benoemd. Wel kunnen er op grootte-orde conclusies getrokken worden over kosten-effectiviteit van maatregelen binnen sectoren en subsectoren en over het reductiepotentieel. Het vertrekpunt zijn

de emissie-reductiescenario's die zijn opgesteld voor de MER. We houden geen rekening met de hogere impact van NH_3 t.o.v. NOx in de kosten-effectiviteitsanalyse.

Actualiseer gegevens en maak duidelijker wat de referentie-situatie is om van te vertrekken. Om goed te kunnen schatten wat het bijkomend reductiepotentieel is van maatregelen is het essentieel om goed te schetsen wat de referentiesituatie juist is. Dit is binnen deze studie naar best vermogen uitgevoerd, maar vertoont toch een aantal belangrijke tekortkomingen die de resultaten niet altijd even betrouwbaar maken, zeker voor gebiedsgerichte evaluaties.

Wees consistenter in de rekenketen en gebruik de verschillende emissie-modellen die beschikbaar zijn om het effect en potentieel van maatregelen veel verfijnder te bepalen. Bekijk in de kosten-effectiviteitsanalyse ook de impact op de depositie i.p.v. enkel te kijken naar emissies zoals ook in Nederland gebeurt.

Op basis van de bevindingen uit de kosten-effectiviteitsanalyse, de systeem-analyse voor landbouw en allerhande kwalitatieve informatie die werd aangereikt door geraadpleegde experten tijdens het proces, stellen we ook een aantal aanbevelingen voor in de te maken beleidskeuzes:

Werk aan een breder lange termijn perspectief voor de landbouw vanuit een systeem-benadering, waar veel breder wordt gekeken dan de PAS alleen.

Beschouw ook het lange termijn perspectief bij het evalueren van de scenario's. Investeringen in stallen die nu gebeuren, staan er over 30 jaar (en dus in 2050) nog grotendeels. Dit is ook in het belang van de landbouwer.

Zet niet al te rigide in op een vaste set van maatregelen nu. Laat de nodige ruimte voor innovatie. Niet alle relevante (duurzaamheids)aspecten zijn opgenomen in de kostenberekening om een gedegen keuze te maken. Bovendien is de stand der kennis nog beperkt voor een aantal sub-sectoren en in volle ontwikkeling, waardoor nu al technologische keuzes opleggen zal leiden tot inefficiënties. Een passend kader voor innovatie op vlak van toekomstgerichte stalsystemen is nodig.

We kijken in deze studie vooral vanuit een maatregelen-perspectief. De beleidskant waarbij gekeken wordt naar handhaving, afdwingbaarheid, instrumenten als verhandelbare NERs zijn ook van belang om onderbouwde keuzes te maken en hebben ook een impact op de kosten en kosten-effectiviteit van maatregelen. Investeer dan ook in beleidsinstrumenten op maat van de beoogde doelen.

Valideer in de mate van het mogelijke modelberekeningen met metingen in het veld.

INHOUD

Management samenvatting I

Inhoud XV

Lijst van tabellen XVII

Lijst van figuren XVIII

HOOFDSTUK 2. Inleiding 1

HOOFDSTUK 3. Methode 3

3.1. Kosten-effectiviteitsanalyse 3

3.2. Uitgangspunten bij de kosten-berekening 5

3.3. Effecten van maatregelen op emissies versus de impact op depositie 7

3.4. Kwalitatieve omschrijving van andere effecten van maatregelen 9

HOOFDSTUK 4. Beschrijving scenario's 10

4.1. Referentiejaar 2015 10

4.2. Luchtbeleidsplan 2030 (LP 2030) 12

4.2.1. Evoluties 2030 in Landbouw 12
4.2.2. Evoluties 2030 in wegverkeer 13
4.2.3. Evoluties 2030 in scheepvaart 14
4.2.4. Evoluties 2030 industrie en energie 15
4.2.5. Emissies luchtbeleidsplan 2030 versus 2015 16
4.2.6. Kosten voor realisatie luchtbeleidsplan 2030 16

4.3. Bijkomende emissiereductie-scenario's 18

4.3.1. Algemeen overzicht 18
4.3.2. Generieke G-scenario's 18
4.3.3. Specifieke S-scenario's 19
4.3.4. Maatwerk M-scenario's 20

4.4. Emissie-reducties in de scenario's 24

HOOFDSTUK 5. Kosten-effectiviteitsanalyse van N-reducerende maatregelen 30

5.1. Scope 30

5.2. Landbouw 30

5.2.1. Varkensstallen 30
5.2.2. Pluimveestallen 33
5.2.3. Rundveestallen 35
5.2.4. Resterende emissiebronnen in de landbouw 39

5.3. Industrie en energie 41

5.3.1. Bijdrage van de sector en veronderstelde emissie-reducties in de scenario's 41
5.3.2. Mogelijke maatregelen en kosten-effectiviteitsanalyse 41

5.4. Transport 45

5.4.1. Wegverkeer 45
5.4.2. Scheepvaart 48

HOOFDSTUK 6. Vergelijking kosten van de verschillende scenario's 53

6.1. Uitgangspunten 53

6.2. Vergelijking van jaarlijkse kosten van de scenario's 53

HOOFDSTUK 7. Samengesteld scenario G8 56

7.1. Emissie-reducties 56

7.2. Toegepaste stikstof-reducerende maatregelen in scenario 57

7.3. Jaarlijkse kosten 58

HOOFDSTUK 8. Neveneffecten en socio-economische analyse 60

8.1. Luchtkwaliteit en gezondheid 60

8.2. Maatregelen landbouw 60
8.2.1. Brongerichte maatregelen 60
8.2.2. End of pipe technieken 61
8.2.3. Afbouw van de veestapel 62

8.3. Maatregelen industrie en energie 64

8.4. Maatregelen transport 64
8.4.1. Snelheidsbeperkingen wegverkeer 64
8.4.2. Vergroening vloot en meer elektrische voertuigen 65
8.4.3. Binnenvaart 65
8.4.4. Zeevaart 65

HOOFDSTUK 9. Conclusies en aanbevelingen 67

9.1. Evaluatie van de verschillende scenario's 67

9.2. Aanbevelingen 74

Bijlage A: Systeemanalyse PAS en Landbouw 78

Bijlage B: Maatregelfiches 97

Literatuurlijst 136

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Dieren in AEA-stallen 2015 en LP2030 _____ 13
Tabel 2: Totale NOx en NH_3 emissies per sector voor 2015 en LP2030 _____ 16
Tabel 3: Emissiereducties sub-sectoren G-scenario's tegen 2030 _____ 19
Tabel 4: M1-deelgebieden _____ 21
Tabel 5: M2-deelgebieden _____ 22
Tabel 6: M3-deelgebieden _____ 23
Tabel 7: Reductie NOx-emissies per scenario ten opzichte van LP2030_____ 25
Tabel 8: Reductie NH_3-emissies per scenario ten opzichte van LP2030 _____ 26
Tabel 9: Reductie N totaal-emissies per scenario ten opzichte van LP2030_____ 28
Tabel 10: Kost-effect ratio's van maatregelen varkenssector _____ 33
Tabel 11: Kost-effect ratio's van maatregelen pluimvee-sector_____ 35
Tabel 12: Kost-effect ratio's van maatregelen rundvee-sector _____ 39
Tabel 13: Emissiereductiepotentieel en kosten-effectiviteit van bijkomende, generieke NOx-emissiereductiemaatregelen in de industrie- en energie sector, opgesteld in 2015 _____ 43
Tabel 14: Kost-effect ratio's van maatregelen scheepvaart _____ 52
Tabel 15: Veronderstelde emissie-reducties in scenario G8 en toegepaste maatregelen per subsector_____ 57

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: Stikstofdepositie (2012) per SBZ en per sector in relatie tot de kritische depositiewaarden (KDW), voor alle betrokken SBZ-H's (bron: Gebiedsgerichte analyses in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof – VITO, 2015) 8
Figuur 2: Relatieve bijdrage van sectoren en sub-sectoren in NH_3, NOx en N-totaal emissies in 2015 10
Figuur 3: Bijdrage van sectoren en sub-sectoren in NH_3, NOx-totaal emissies in 2015, uitgedrukt in kton stikstof naar de lucht (N-totaal) 11
Figuur 4: Totale NOx-emissies per scenario 24
Figuur 5: Reductie NOx ten opzichte van LP2030 25
Figuur 6: Totale NH_3 emissies per scenario 26
Figuur 7: Reductie NH_3 ten opzichte van LP2030 27
Figuur 8: Totale N- emissies per scenario 27
Figuur 9: Reductie N-totaal ten opzichte van LP2030 28
Figuur 10: Relatieve evolutie voorbije decennia N totaal-emissies naar de lucht per sector t.o.v. 2000 en verwachte evoluties in het luchtbeleidsplan 2030 en een aantal bijkomende emissie-reducerende scenario's 29
Figuur 11: Intersectorale kostencurve voor NOx uit studie "intersectorale afweging" (VITO, 2005) 41
Figuur 12: Kostencurve uit de Studie "Onderzoek Kosteneffectiviteit in de NeR" (DHV, 2010) 44
Figuur 13: Jaarlijkse kosten per scenario per sector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn 55
Figuur 14: Jaarlijkse kosten per scenario per subsector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn 55
Figuur 15: Reductie N-totaal G8-scenario en andere scenario's ten opzichte van LP2030 56
Figuur 16: Jaarlijkse kosten G8-scenario versus andere scenario's per sector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn. 58
Figuur 17: Jaarlijkse kosten G8-scenario versus andere scenario's per subsector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn. 59

HOOFDSTUK 2. INLEIDING

De **Programmatische Aanpak Stikstof** heeft als algemeen doel bij te dragen aan de realisatie van de instandhoudingsdoelstellingen door planmatig de uitstoot van stikstof terug te dringen, zodat het niveau van de stikstofdepositie in de Speciale Beschermingszones van de Habitatrichtlijn (SBZ-H) stelselmatig daalt. De programmatische aanpak moet garanderen dat er nog vergunningen kunnen verleend worden, zonder dat er in de SBZ-H's een betekenisvolle aantasting plaatsgrijpt van habitats of soorten.

De doelstelling hierbij blijft om de instandhoudingsdoelen (IHD) voor de Natura 2000-gebieden te realiseren tegen 2050. Om dat te realiseren moet voor elk habitattype tegen 2030 de overschrijding van de kritische depositiewaarden, het **te veel aan stikstof dat neerslaat op onze waardevolle natuur, met 50% verminderen in de Speciale Beschermingszones voor Habitats** (SBZ-H).

Ter voorbereiding van dit PAS-programma is er per speciale beschermingszone een inschatting gemaakt van het effect van de bronnen die bijdragen tot de stikstofdeposities en van het verschil van deze deposities met de Kritische Depositie-Waarde (KDW). Uit deze analyses blijkt dat de mate van overschrijding van de KDW in de onderscheiden SBZ-H's erg divers is, maar meestal ook zeer groot. Ook de bijdrage van de sectoren verschilt sterk van SBZ-H tot SBZ-H.

De Vlaamse regering ambieert hierbij een definitieve stikstofregeling op te stellen die voldoende juridisch robuust is en wetenschappelijk onderbouwd. Daarom heeft de Vlaamse Regering beslist om, alvorens te komen tot een definitieve PAS, de **maatschappelijke en socio-economische impact van de verschillende beleidsscenario's** en maatregelen in kaart te brengen. Daarbij wordt in de mate van het mogelijke een inschatting gemaakt van de kosten, de baten en de maatschappelijke en socio-economische impact van de verschillende scenario's en maatregelen.

In deze studie worden maatschappelijke kosten van emissiereductiemaatregelen becijferd en vergeleken met elkaar voor verschillende sectoren en emissie-reductiescenario's. Daarnaast wordt ook gekeken welke neven-effecten deze maatregelen mogelijk veroorzaken en bekijken we de bredere socio-economische impact op de landbouwsector kwalitatief op basis van een systeemanalyse.

HOOFDSTUK 3. METHODE

3.1. KOSTEN-EFFECTIVITEITSANALYSE

In deze studie voeren we een kosten-effectiviteitsanalyse uit. De analyse identificeert welke maatregelen genomen kunnen worden om milieudoelstellingen tegen zo laag mogelijke kosten te realiseren.

→ **Kosten-effectiviteitsanalyse voor N-reducerende maatregelen**

Een kosten-effectiviteitsanalyse omvat verschillende generieke stappen (op basis van Brouwer & De Blois, 2008):

1. identificeren van de milieudoelstellingen (**gewenste situatie**) en bepalen in welke mate de milieudoelstellingen al bereikt zijn
2. identificeren van de bronnen van verontreiniging, nu en in de toekomst (**referentiesituatie**)
3. bepalen van de **mogelijke maatregelen** om de kloof tussen de referentiesituatie en de gewenste situatie te dichten
4. beoordelen van de **effectiviteit** van deze maatregelen t.o.v. de milieudoelstellingen
5. beoordelen van de directe (en indien relevant indirecte) **kosten** van deze maatregelen
6. **rangschikken van maatregelen** op basis van toenemende kosten per eenheid effect vb. reductie van emissies (**kost-effect ratio's**)
7. bepalen van de **goedkoopste manier om de milieudoelstelling te bereiken** op basis van de rangschikking van maatregelen

Een **kost-effect ratio** is een belangrijk resultaat van een kosten-effectiviteitsanalyse en geeft weer hoeveel € geïnvesteerd moeten worden per kilogram reductie. Hoe lager dit ratio, hoe kosten-effectiever de maatregelen.

Maatregelen die aan bod komen in deze studie zijn:

- technologische en managementgerichte oplossingen
- omvorming/stopzetting van de emitterende activiteit
- combinatie van beide

De scope van deze analyse beperkt zich tot de **directe kosten** van maatregelen. Zo wordt bijvoorbeeld enkel gekeken naar het inkomensverlies van de landbouwer of de investeringen die een industrieel bedrijf zelf moet maken en niet naar de verdere impact die dit heeft in andere economische sectoren (bijvoorbeeld de voedingssector in relatie tot de landbouwsector of klanten en leveranciers van industriële bedrijven). Kosten kunnen ook negatief zijn, bijvoorbeeld door besparingen op brandstofkosten.

De kosten-effectiviteitsanalyse beschouwt de totale kosten die gemaakt moeten worden om stikstofbeperkende maatregelen te implementeren. Maatregelen zijn alle mogelijke ingrepen waardoor de uitstoot van een vervuilende stof vermindert. Voorbeelden zijn het installeren van een luchtwasser, een verlaging van de snelheidslimiet, of het verminderen van de veestapel. Instrumenten (of beleidsinstrumenten) daarentegen worden door de bevoegde overheid ingezet om vervuilers aan te sporen om maatregelen te nemen. Voorbeelden van zulke instrumenten zijn een

emissienorm, een emissieheffing, subsidies voor het implementeren van emissiemitigerende technieken, het vergunningenbeleid enzovoort. We beschouwen **geen beleidsinstrumenten** zoals taksen en subsidies die de lasten die de sectoren dragen om deze maatregelen te implementeren, herverdelen of de implementatie van deze maatregelen afdwingen (vb. via emissierechten). Zo kijken we in deze analyse dus niet naar de vergroening van de verkeersbelasting, maar naar de meerkost die een elektrische wagen t.o.v. een klassieke diesel- of benzinewagen veroorzaakt, exclusief premies en belastingen. Dit principe passen we uniform toe voor alle maatregelen.

We wijzen ook nog op het verschil tussen een kosten-effectiviteitsanalyse (KEA) en een kosten-batenanalyse (KBA). Bij een kosteneffectiviteitsanalyse wordt onderzocht welke combinatie van maatregelen een vooraf gestelde doelstelling tegen minimale kosten kan realiseren (zie hoger). De doelstelling is een vast gegeven en de verdeling van de emissiereductie-inspanningen zijn de onbekenden die bepaald moeten worden. Bij een kosten-batenanalyse daarentegen, is de doelstelling niet vooraf gegeven maar kunnen scenario's met verschillende doelstellingen vergeleken worden door het afwegen van de kosten van maatregelen tegen de baten, dat wil zeggen de vermeden milieuschade. Zowel de doelstelling als de reductie-inspanningen zijn de te bepalen onbekenden. Een kosten-batenanalyse vergt dus een doorgedreven studie van de verschillende milieu-effecten van de uitstoot en een monetaire kwantificering ervan. Dit soort oefening vergt veel middelen en tijd en kon binnen deze opdracht onmogelijk gerealiseerd worden. Bovendien is een KBA overbodig aangezien de beleidsdoelstellingen door hogere overheden (Europese verordeningen) voorgeschreven en bepaald zijn voor Vlaanderen.

→ **Analyse op hoofdlijnen**

Gezien de beperkte termijn (2 maanden) beperkt de opdracht zich tot het kwantitatief schatten van de kosten voor de vereiste emissie-reducerende maatregelen op basis van gemiddelde **kengetallen verzameld uit bestaande studies, die uniform voor sectoren of sub-sectoren worden toegepast**. In realiteit is iedere situatie anders en kan de kosten-effectiviteit afwijken van bron tot bron. Deze variabiliteit kan niet meegenomen worden in deze analyse.

Deze studie past vooral een methode toe om op een gestructureerde manier en op orde-grootte aan te geven of de gevraagde emissie-reducties technisch haalbaar zijn, met welke maatregelen deze reducties op een efficiënte manier gerealiseerd kunnen worden en of er efficiëntie-winsten kunnen gerealiseerd worden door inspanningen anders te verdelen over sectoren. De methode mag zeker niet gebruikt worden om de verschillende maatregelen binnen een subsector te vergelijken omdat de variabiliteit tussen bronnen in een subsector niet wordt meegenomen en ook neveneffecten niet gekwantificeerd werden.

→ **Berekening van de jaarlijkse kosten van scenario's**

Op basis van de kost-effect ratio's en de rendementen worden de meest kosten-effectieve maatregelen geïdentificeerd die nodig zijn om emissiereducties te realiseren zoals die geformuleerd zijn voor de scenario's.

Op basis van het rendement en het bijkomend potentieel van de maatregel wordt per scenario bepaald aan welke kost-effect ratio's de emissiereducties gerealiseerd kunnen worden.

Tot slot wordt de totale jaarlijkse kost berekend door de emissie-reducties te vermenigvuldigen met dit gemiddelde kost-effect ratio.

Naarmate er dus meer gereduceerd moet worden van een bron, zullen er minder kosten-effectieve maatregelen nodig zijn en zal de gemiddelde kost per kg toenemen. Het is dus niet bij voorbaat zo dat in totaliteit meer emissies reduceren in heel Vlaanderen duurder zal zijn, dan gebiedsspecifiek op een kleinere hoeveelheid bronnen verdergaand te reduceren. Dit hangt ook samen met de mate van reducties die per (sub)sector verondersteld wordt en de maatregelen die technisch mogelijk zijn.

3.2. UITGANGSPUNTEN BIJ DE KOSTEN-BEREKENING

→ **Focus op maatschappelijke kosten**

In deze studie worden maatschappelijke kosten van emissiereductiemaatregelen beschouwd zoals beschreven in LNE (2008). Met maatschappelijke *kosten* worden hier alle uitgaven (investerings- en operationele kosten) bedoeld die gemaakt moeten worden om een bepaalde emissiereductietechniek toe te passen. In Nederland worden deze kosten nationale kosten genoemd (zie PBL (2020)) en in de internationale literatuur spreekt men vaak van de emissiebestrijdingskosten (emission reduction of emission abatement cost). Deze kosten onderscheiden zich van de *lasten* die de betrokken actoren moeten dragen om de maatregelen effectief uit te voeren. De uiteindelijke lasten worden immers mede bepaald door flankerende maatregelen (bijvoorbeeld subsidies, uitkoopregelingen enzovoort) en heffingen en belastingen. De lasten kunnen heel sterk verschillen naargelang de precieze flankerende maatregelen die de overheid inzet. Door te werken met het begrip maatschappelijke kosten kan deze studie dus enkel de vraag beantwoorden of het, vanuit het standpunt van de Vlaamse samenleving, interessant is of niet om bepaalde maatregelen door te voeren.

Het bepalen van de uiteindelijke lasten voor maatschappelijke actoren, sectoren enz. vergt veel bijkomend aannames over de flankerende maatregelen en overstijgt de scope van deze studie. We doen dus ook geen uitspraken over de betaalbaarheid van maatregelen voor sectoren en de draagkracht van de sectoren. De studie berekent ook niet de effecten op het overheidsbudget omdat ook deze sterk afhankelijk zijn van het gekozen flankerende beleid.

Tot slot is het ook belangrijk om erop te wijzen dat enkel directe kosten zijn meegenomen. Met andere woorden, effecten die de maatregelen stroomopwaarts of stroomafwaarts in de keten veroorzaken op toegevoegde waarde en tewerkstelling worden niet gekwantificeerd. Deze worden wel kwalitatief meegenomen in de systeemanalyse.

→ **Prijspeil**

Het prijspeil van deze studie is 2020. Correcties op het prijspeil gebeuren op basis van de consumptie-prijsindex.

→ **Berekening van jaarlijkse kosten**

In eerste instantie worden hiervoor de jaarlijkse kosten berekend. De jaarlijkse kosten zijn de som van de jaarlijkse operationele kosten en de investeringskosten, omgerekend naar een jaarlijkse (vaste) kapitaalkost (afschrijvingen en rente) of annuïteit. Hierbij wordt rekening gehouden met een discontovoet van 2,5%, conform Rebel, 2018. Dit ligt ook in de buurt van de aanbevelingen in Nederlands Ministerie van Financiën, 2020 en Oxera, 2021. De discontovoet is relatief laag, maar

bijgesteld in vergelijking met eerdere richtlijnen (bijvoorbeeld de standaardmethodiek voor MKBA's voor infrastructuurprojecten in Rebel en Mint, 2013) gezien dat de lange termijn rentes zeer laag zijn op dit moment. De veronderstelde levensduur varieert tussen 10 jaar (machinerie, elektronica) en 30 jaar (gebouwen).

Jaarlijkse kosten worden berekend voor de kosten-effectiviteitsanalyse om de kosten van maatregelen met heel verschillende verhoudingen tussen investeringen en jaarlijks terugkerende kosten (vb. operationele kosten, verlies aan bruto toegevoegde waarde) met elkaar te kunnen vergelijken. Uit deze jaarlijkse kosten zijn niet direct totale kosten of totale uitgaven af te leiden. Sommige kosten zijn slechts eenmalig (vb. eenmalige investeringen), andere kosten blijven jaarlijks terugkomen, in principe tot in de eeuwigheid (vb. voedermaatregelen).

We verwachten van een aantal maatregelen dat ze ook zonder de PAS zullen geïmplementeerd worden, zij het op een ander tijdstip. Zo kan mogelijk gebeuren dat renovatie van stallen tot AEA-stal, hetgeen een verplichting is, sneller gaat gebeuren om de doelstellingen van de PAS te helpen realiseren tegen 2030. In dit geval wordt rekening gehouden met de tijdswaarde van de investeringen (op basis van de discontovoet) en hoe een vervroeging ervoor zorgt dat al sneller kapitaal vrijgemaakt of geleend moet worden, waardoor er ook sneller kapitaalkosten verschuldigd zijn. Deze bijkomende kapitaalkosten worden in rekening gebracht voor deze maatregelen.

→ **Maatregelenfiches**

De maatregelen worden omschreven in een beknopte fiche en zijn opgenomen in bijlage van dit rapport. De fiches bevatten volgende informatie en bronvermelding.

- Beschrijving van de maatregel
- Effect van de maatregel: reductiepercentages emissies, emissies door de bron waarop de maatregel wordt toegepast en emissie-reductie
- Kosten van de maatregelen : levensduur, capex (investeringen), opex (operationele kosten) en totale jaarlijkse kosten (som van verdisconteerde capex in functie van levensduur en opex)
- Implementatiegraad in Vlaanderen voor REF2015, BAU2030 en LP2030
- Kost per ton N reductie
- Kansen en bedreigingen voor implementatie (kwalitatieve beschrijving)
- Bijkomende effecten op aspecten zoals luchtkwaliteit, waterkwaliteit, biodiversiteit en geurhinder

→ **Beperkingen bij de gebruikte gegevens**

De resultaten van deze opdracht zijn op bestaande kengetallen gebaseerd en moeten met de nodige voorzichtigheid gehanteerd worden:

In de voorliggende scenario's wordt gewerkt met emissiereductiecijfers voor ammoniak zoals opgenomen in de zgn. 'AEA-lijst' en 'PAS-lijst' voor veehouderijen. De informele PAS-lijst is echter aan evaluatie toe. Daarbij wordt ook afstemming beoogd in het kader van het aankomende vernieuwde MB rond ammoniakemissiearme (AEA) stalsystemen. Het is de verwachting dat deze evaluatie, met o.a. advies van het in oprichting zijnde Wetenschappelijk Comité voor Luchtemissies in de Veeteelt (WeComV, VR 2021 2105 DOC.0545/2BIS – Actualisatie VLAREME), zal leiden tot significante aanpassingen. Dat geldt bijvoorbeeld voor de maatregel 'beweiding' waarbij het huidig gehanteerde reductiepercentage gevoelig overschat zou kunnen zijn. In afwachting van deze

evaluatie lijkt het dan ook aangewezen om de nodige voorzichtigheid te hanteren bij de invulling van de voorliggende scenario's met concrete maatregelen. In Vlaanderen is er maar weinig informatie beschikbaar over de economische haalbaarheid van technieken en maatregelen voor emissiereductie. Daarbij komt dat het vernieuwde MB (zie hier boven) aangeeft dat het Administratief Team (AT) ook de economische haalbaarheid van ingediende voorstellen in de toekomst zal beoordelen (nota VR 2021 2105 DOC.0545/1).

Betreffende de zogenaamde meekoppeleffecten van de voorliggende scenario's (aspecten zoals energie- en watergebruik, emissie van broeikasgassen, geur, fijn stof,…) zijn er nog veel kennishiaten, zowel op niveau van individuele maatregelen als op systeem-niveau. Ook wat betreft meekoppeleffecten op maatregelniveau binnen de landbouwsector, is er een belangrijke adviesrol weggelegd voor zowel WeComV als AT (in oprichting) waarbij wordt uitgegaan van een geïntegreerde benadering van de emissieproblematiek. Bovendien wordt het van belang om de drijvende factoren van ammoniak-emissies correct in beeld te krijgen, zodat het management op individuele bedrijven kosten-effectieve reductiemaatregelen op maat van het bedrijf kunnen overwegen.

Ook voor de andere sectoren was de voorhanden zijnde informatie voor een grondige kosteneffectiviteitsanalyse beperkt tot algemene kengetallen.

3.3. EFFECTEN VAN MAATREGELEN OP EMISSIES VERSUS DE IMPACT OP DEPOSITIE

Het startpunt van deze studie zijn verschillende emissie-reductiescenario's waarbij inspanningen op verschillende manieren verdeeld worden over de verschillende sectoren om de overschrijding van de kritische depositiewaarden in de SBZ-H gebieden tegen 2030 te halveren (de zgn. 2030-doelstelling). Hiervoor worden scenario's met generieke maatregelen en/of gebiedsgerichte maatregelen bekeken. We baseren ons hier deels op de maatregelen die kunnen ingezet worden om de emissiereductie in elk van de scenario's te realiseren, gegevens in de MER over het aantal bedrijven waarop maatregelen van toepassing zijn, en de methode van technische haalbaarheid van de maatregelen begroot in het Luchtbeleidsplan 2030. Verder zijn er vergelijkbare gegevens nodig voor de maatregelen die niet in het Luchtbeleidsplan 2030 worden vermeld.

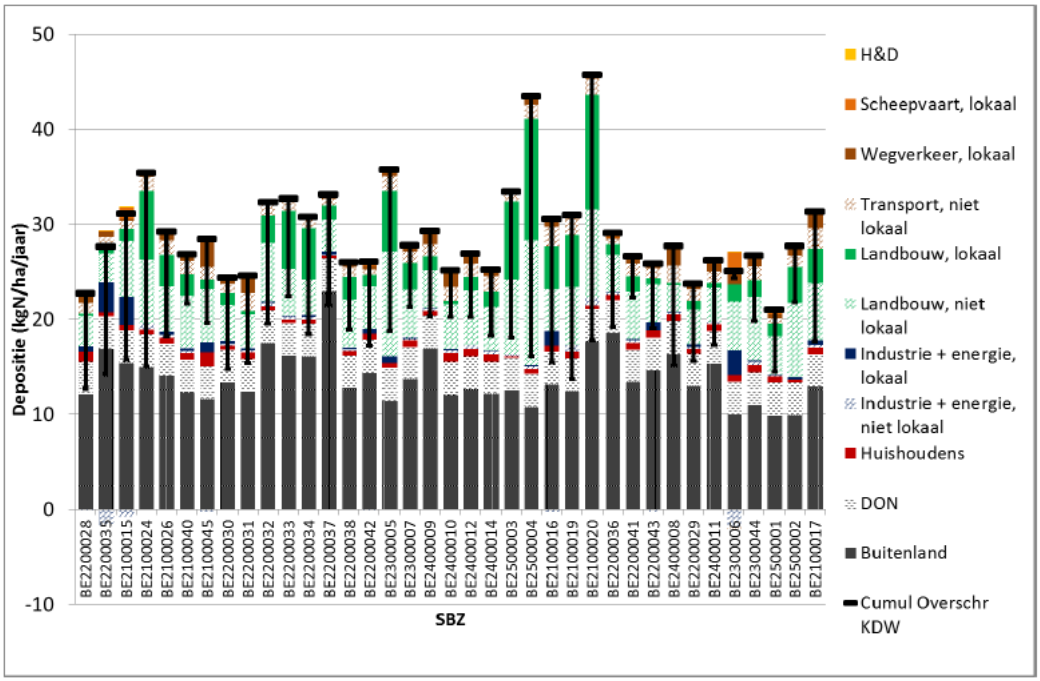
Het vertalen van emissiereducties naar stikstofdeposities valt buiten deze opdracht en wordt uitgevoerd door VITO in kader plan-MER en referentietaak PAS. Niet alle onderzochte scenario's volstaan om de vooropgestelde emissiereductiedoelstellingen 2030 te realiseren.

De precieze samenstelling van deze scenario's en hoe emissiereductie-inspanningen worden verdeeld over de verschillende sectoren komt aan bod in het volgend hoofdstuk. We bespreken hierbij zowel emissiereducties voor NOx en NH_3, hetgeen het niet altijd makkelijk maakt om de resultaten eenduidig te interpreteren.

Het gaat hier over emissiereducties voor stikstofoxiden (NOx) en ammoniak (NH_3). Om emissiereducties meer vergelijkbaar te maken, berekenen we ook kost-effect ratio's per gereduceerde kilogram stikstof (N). De omrekening naar kg N baseren we op de molaire massa's van de stoffen. Dit betekent dat 1 kg NH_3 = 14/17 of 0.82 kg N. 1 kg NOx (altijd uitgedrukt in NO_2-equivalenten) = 14/46 of 0.30 kg N. Dit is een beperkende vereenvoudiging om de kost-effect ratio's op vlak van emissies meer vergelijkbaar te maken. Hierbij mag niet uit het oog verloren worden dat beide polluenten sterk verschillen voor wat betreft hun milieuchemisch gedrag, hun atmosferische dispersiegedrag en hun impact op ecosystemen (Sardans et al. 2021).

Iets wat niet bij deze omrekening wordt meegenomen maar wel mee te nemen is bij de interpretatie van de resultaten is het verschil in depositiesnelheid. Op basis van berekeningen van VMM met behulp van het VLOPS-model voor 2018 (Lefebvre et al., 2022) werd afgeleid dat van alle Vlaamse NH_3-emissies 37% neerslaat in Vlaanderen en dat van alle NOx-emissies 9% neerslaat in Vlaanderen, en dit bovenop de omzetting tussen NH_3/NOx enerzijds en reactief stikstof anderzijds (zie boven). We kunnen dus op hoofdlijnen afleiden dat de effectiviteit van maatregelen op NH_3 groter zal zijn voor lokale deposities. Van de binnenlandse bijdrage aan stikstofdepositie was in het referentiejaar 2015 78% afkomstig van de landbouw (Vlaanderen Departement Omgeving, 2020).

Een andere belangrijke kanttekening gaat over de transportafstanden van NH_3 en NOx. Op basis van berekeningen met hetzelfde depositiemodel werd afgeleid dat 89% van een ammoniakpluim verder gaat dan 2km, 70% voorbij 20km en iets minder dan de helft verder dan 80km. Transport van NOx gaat nog verder. Maatregelen die we nemen op grotere afstand van de SBZ-gebieden kunnen dus wel degelijk nog een effect hebben op de depositie, zij het dat dit effect wel minder uitgesproken is omdat lokaal de depositie geconcentreerder is. Dit wordt ook geïllustreerd door onderstaande figuur op basis van emissiegegevens uit 2012 waar een onderscheid gemaakt wordt tussen de bijdragen van lokale en niet-lokale bronnen. Wat de figuur ook aantoont is dat reducties niet zullen gerealiseerd worden in één sector. T.o.v. de emissies in 2012 moeten inspanningen geleverd worden door diverse sectoren, zowel op lokaal als niet-lokaal vlak. Ook emissies afkomstig uit het buitenland spelen een grote rol. Ook voor deze emissies worden reducties verondersteld in de toekomstscenario's op basis van emissie-prognoses geschat voor heel Europa.



Figuur 1: Stikstofdepositie (2012) per SBZ en per sector in relatie tot de kritische depositiewaarden (KDW), voor alle betrokken SBZ-H's (bron: Gebiedsgerichte analyses in het kader van de Programmatische Aanpak Stikstof – VITO, 2015)

We corrigeren niet voor de hogere impact van NH_3 op de Vlaamse depositie versus NOx, hetgeen een beperking is van de analyse. We passen dit niet toe omdat deze relatie niet te vatten is door één getal en dit sterk afhangt van o.a. de ruimtelijke ligging van bronmaatregelen ten opzichte van de SBZ-gebieden. Dit moet ook in een internationale context beschouwd worden. Vlaamse emissies die

zich verder verspreiden naar het buitenland dragen ook daar mogelijk bij aan depositie, net als buitenlandse emissies bijdragen aan depositie in Vlaanderen. Dit geldt vooral voor NOx-emissies.

3.4. KWALITATIEVE OMSCHRIJVING VAN ANDERE EFFECTEN VAN MAATREGELEN

Een belangrijk nadeel van een kosten-effectiviteitsanalyse is dat er enkel gekeken wordt naar de realisatie van één doelstelling, in dit geval de reductie van de stikstofemissies (NH_3 of NOx). **Effecten die maatregelen hebben in de realisatie van andere milieudoelstellingen komen niet aan bod in de kosten-effectiviteitsanalyse.** Gezien de diversiteit aan maatregelen die aan bod komt in deze analyse (vb. technologische zuiveringstechnieken versus verlaging snelheidsregime van verkeer) heeft dit voor gevolg dat de **kost-effect ratio alleen een te beperkte indicator** is om een vergelijking tussen maatregelen mogelijk te maken. Daarom omschrijven we ook **op een kwalitatieve wijze wat de bijkomende positieve en negatieve gevolgen zijn van maatregelen**.

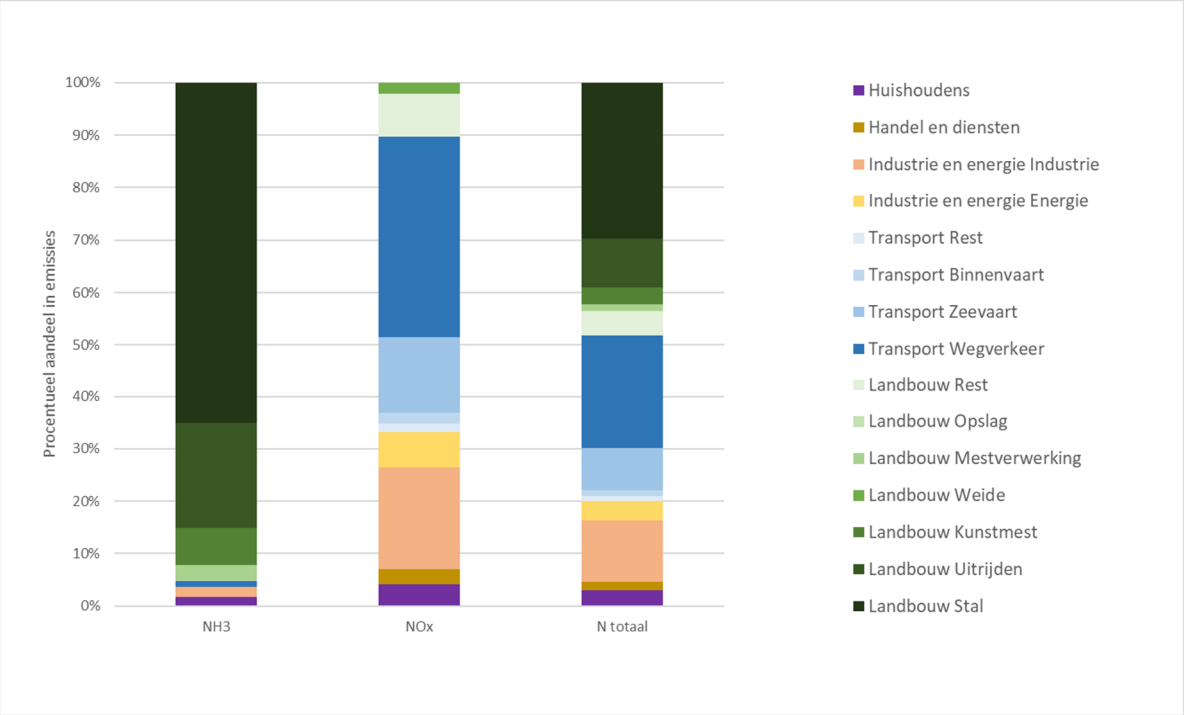
Specifiek voor **landbouw** werd door ILVO een **systeemanalyse** uitgevoerd om de brede socio-economische impact op deze sector kwalitatief te duiden. De voornaamste conclusies hiervan zijn opgenomen in de bijlage van dit rapport. Deze methodologie, aan de hand van groepsgesprekken met experten en betrokkenen, laat toe de complexiteit, de belangrijkste causale verbanden en de logica achter de impact van de PAS op de landbouw te visualiseren. Het geeft aan met welke meekoppeleffecten (co-benefits), probleemverschuivingen en (on)gewenste effecten toekomstig beleid wellicht rekening moet houden. Deze effecten en verschuivingen worden beschreven aan de hand van een systeemfiguur.

HOOFDSTUK 4. BESCHRIJVING SCENARIO'S

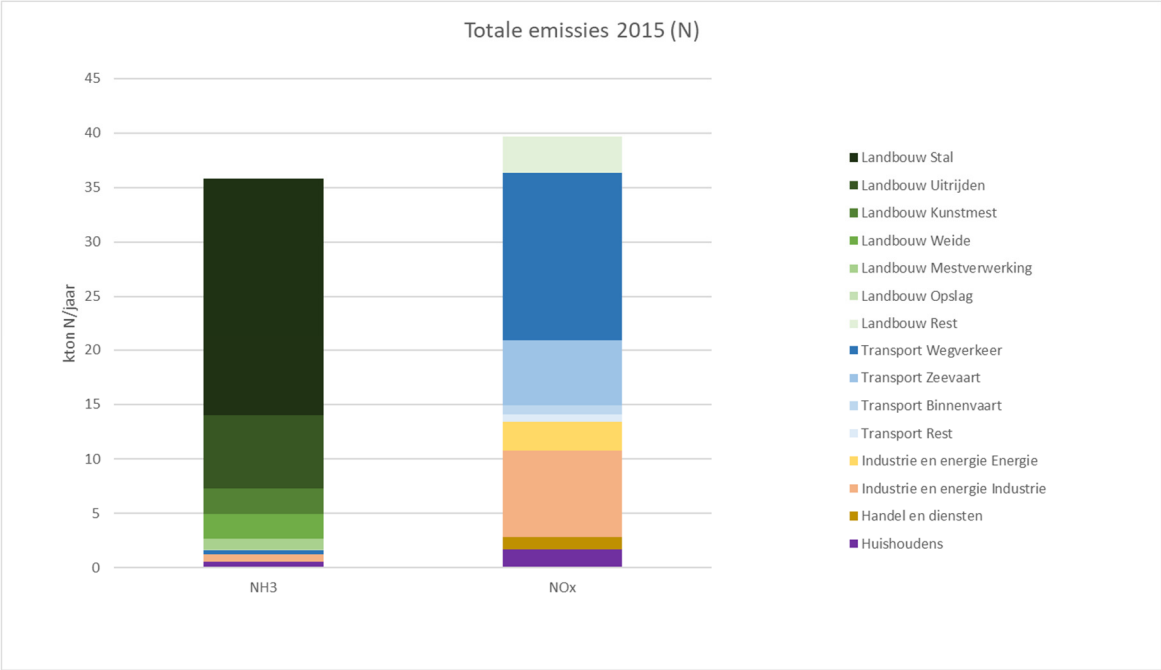
4.1. REFERENTIEJAAR 2015

Emissiegegevens van het jaar 2015 zijn als uitgangspunt gebruikt voor alle berekeningen. We gebruiken cijfers van 2015 omdat (1) dit het startjaar is van het Vlaams PAS-beleid en (2) in de plan-MER als basisjaar gebruikt wordt. Vertrekkende van deze gegevens werden prognoses gemaakt voor autonome evolutie naar 2030, werden emissie-reducties bepaald voor maatregelen toegepast zoals die zijn vastgelegd in het luchtbeleidsplan en is het effect getoetst van bijkomende emissie-reducties in verschillende scenario's.

Onderstaande figuur vat het relatieve aandeel per sector en sub-sector samen voor de totale N-emissies naar de lucht in 2015. Zoals eerder gesteld is landbouw de belangrijkste bron van NH_3-emissies. NOx emissies worden vooral veroorzaakt door transport, industrie en landbouw. Rekenen we dit om naar de totale N-emissies naar de lucht stellen we vast dat landbouw verantwoordelijk is voor de helft van de totale N-emissies, gevolgd door transport (31%) en industrie en energie (15%). In de landbouw zijn vooral stal-emissies belangrijk (29% van het totaal) en emissies die vrijkomen bij het uitrijden (9% van het totaal). Bij transport zijn vooral wegverkeer (21% van het totaal) en zeevaart (8% van het totaal) belangrijke bronnen.



Figuur 2: Relatieve bijdrage van sectoren en sub-sectoren in NH_3, NOx en N-totaal emissies in 2015



Figuur 3: Bijdrage van sectoren en sub-sectoren in NH_3, NOx-totaal emissies in 2015, uitgedrukt in kton stikstof naar de lucht (N-totaal)

4.2. LUCHTBELEIDSPLAN 2030 (LP 2030)

Het scenario "Luchtbeleidsplan 2030" (LP2030) omvat de maatregelen zoals die zijn goedgekeurd in het Vlaamse luchtbeleidsplan. Het luchtbeleidsplan beschrijft hoe emissies zullen evolueren zonder bijkomende maatregelen en hoe bijkomende maatregelen hier een invloed op hebben zodat de emissieplafonds van de Europese NEC-richtlijn tegen 2030 gehaald worden. Het plan voorziet maatregelen voor de diverse sectoren zoals transport, industrie, energie en landbouw.

De realisatie van het luchtbeleidsplan is het uitgangspunt in deze studie.

Ter voorbereiding van het luchtbeleidsplan 2030 zijn voorspellingen gemaakt hoe emissies gaan evolueren tussen 2015 en 2030 zonder bijkomende maatregelen (autonome evolutie) en wat het effect van bijkomende beleidsmaatregelen hierop is zoals die zijn opgenomen in het luchtbeleidsplan (beleidsscenario van het luchtbeleidsplan). De beschrijving van de voornaamste aannames zijn te vinden in de bijlage 1 van het luchtbeleidsplan (Departement Omgeving, 2021. VR 2019 2510 DOC.1118/3BIS). Deze aannames zijn relevant voor deze studie omdat ze ook een belangrijk gevolg hebben op het reductiepotentieel dat nog mogelijk is voor bijkomende maatregelen. We sommen dan ook de voornaamste aannames per sector op voor de evolutie tussen 2015 en 2030 zonder bijkomende maatregelen (autonome evolutie) en voor de maatregelen die bijkomend gerealiseerd moeten worden om de doelstellingen zoals geformuleerd in het luchtbeleidsplan te realiseren.

4.2.1. EVOLUTIES 2030 IN LANDBOUW

→ **Autonome evolutie tussen 2015 en 2030**

Voor de evolutie van de dieraantallen tot het jaar 2030 gaan we per diercategorie uit van een **status quo ten opzichte van de dieraantallen in het basisjaar 2015**. De dieraantallen 2015 zijn afkomstig van de VLM-databank (output dd. 21/03/2017). Ook het aantal dieren in ammoniak-emissiereducerende stallen werd gebaseerd op 2015.

Omdat AEA-stallen voor varkens en pluimvee verplicht zijn voor nieuwbouw en renovatie, zal het **aantal dieren in AEA-stallen of in stallen met luchtwassers toenemen tegen 2030** zoals aangegeven in de volgende tabel. Deze prognoses zijn voor de AEA en luchtwassystemen berekend op basis van een vervangingsratio van de stallen van 2%, hetgeen wel vrij laag is (2% per jaar komt overeen met een gemiddelde levensduur van 50 jaar, terwijl 30 jaar meer wordt gehanteerd in berekeningen en ook wordt toegepast in deze studie).

In praktijk stellen we op basis van de mestrapporten 2016 en 2020 vast dat in de periode 2015-2019 het aandeel varkens in AEA-stallen gestegen is van 24% naar 34% of 2,5% per jaar ongeveer. Voor pluimvee is het aandeel gestegen van 43% naar 57% in dezelfde periode of 3,5% per jaar ongeveer. Naast nieuwbouw kan afgeleid worden uit dezelfde cijfers dat stopzetting van activiteiten vooral plaatsvindt in niet-AEA stallen, waardoor het aandeel in AEA stallen ook toeneemt.

Tabel 1: Dieren in AEA-stallen 2015 en LP2030

Diertype	2015	2030
Paarden en andere dieren	0%	0%
Rundvee in bindstallen	10%	5%
Leghennen	83,1%	91,0%
Slachtkuikens	23,3%	60,0%
Varkens	23,9%	55,0%
Verhouding: Varkens in stallen met wassers (reductie 70 %) / totaal aantal varkens in emissiearme stallen (reductie 50 EN 70%)	0,47	0,67
Varkens in stallen met wassers	11,0%	36,9%

→ **Bijkomende maatregelen opgenomen in het luchtbeleidsplan**

In het luchtbeleidsplan worden extra maatregelen voorzien op AEA-stallen om de NH_3 uitstoot te doen dalen:

- Elektronisch monitoringsysteem op bestaande en nieuwe luchtwassers in varkensstallen en pluimveestallen om de effectiviteit van bestaande systemen te verhogen naar de effectieve jaargemiddelde minimale verwijderingsefficiëntie van 70%.
- Nieuwe luchtwassers hebben een minimale verwijderingsefficiëntie van 80%.

Daarnaast voorziet het luchtbeleidsplan een verstrenging van de voorwaarden voor emissiearme aanwending van mengmest. Het aandeel mestinjectie wordt opgetrokken tot 50% en 50% van de uitgereden mest wordt zo snel mogelijk (na één uur of minder) in plaats van na twee uur ingewerkt. Ook zijn betere voorschriften voor het gebruik van uream als kunstmeststof voorzien in het luchtbeleidsplan.

4.2.2. EVOLUTIES 2030 IN WEGVERKEER

→ **Autonome evolutie tussen 2015 en 2030**

De hoeveelheid emissies hangt af van de mobiliteitsgegevens (gereden kilometers) en de samenstelling van het wagenpark.

Het startpunt voor de voertuigkilometers zijn de voertuigkilometers op het netwerk gerapporteerd door MOW voor het jaar 2015. Hierop werd een evolutie toegepast gebruikmakend van het strategisch vrachtmodel Vlaanderen voor wat de ontwikkeling van de goederenmobiliteit betreft en het strategisch personenmodel voor wat de ontwikkeling van de personenmobiliteit betreft. De aannames in deze modellen werden afgestemd op de doorrekeningen die gebeurden in het kader van het Mobiliteitsplan Vlaanderen en het ontwerp klimaatplan 2021-2030. In dit scenario stijgen de voertuigkilometers globaal met 5% zonder bijkomende maatregelen. Zowel personenvervoer en vrachtvervoer neemt toe.

Ook zonder bijkomende maatregelen vergroent het voertuigenpark. Oudere wagens worden vervangen door nieuwe modellen (bijv. EURO 6) wat leidt tot een verlaging van de emissies. Er wordt ook verwacht dat de energie-efficiëntie verbetert: voor personenwagens wordt uitgegaan van een daling van het brandstofverbruik met 10% vanaf 2020, voor zwaar vrachtverkeer is dat 5%.

→ **Bijkomende maatregelen opgenomen in het luchtbeleidsplan**

Het luchtbeleidsplan voor transport omvat een hele reeks maatregelen die individueel niet te begroten zijn maar samen moeten leiden tot de vooropgestelde doelen:

- Het aantal kilometers over de weg stijgt niet maar daalt met 12% tot maximaal 51,6 miljard gereden kilometers in 2030.
- Er wordt een versnelde vergroening van het wagenpark gerealiseerd (o.a. een halvering van het aantal dieselwagens ten voordele van elektrische wagens, CNG en hybride) en stadscentra zijn emissiearm.
- De huidige verschillen tussen de beoogde en reële milieuprestaties van voertuigen worden zo snel mogelijk weggewerkt.
- In woon- en leefomgevingen verbetert de blootstelling aan luchtverontreiniging door verkeer.

De belangrijkste maatregelen (in functie van potentiële impact op de uitstoot van NOx) die dit helpen realiseren zijn:

- investeren in een multimodaal en synchromodaal geïntegreerd mobiliteitssysteem
- in samenwerking met de vervoerregio's realiseren van een modale shift
- burgers en bedrijven stimuleren om vlot te schakelen tussen verschillende vervoersmiddelen
- spoorverkeer en binnenvaart verder uitbouwen
- duurzame stedelijke logistiek uitbouwen
- weloverwogen keuzes rond verkeersgenererende projecten nemen
- invoering van een meer sluitende homologatieprocedure
- fiscale en financiële stimuli geven voor de vergroening van het wagenpark
- stimuleren en ondersteunen van de invoering van lage- en ultralage-emissiezones
- stimuleren van de clean power voertuigenmarkt, en verdere uitbouw laad- en tankinfrastructuur
- gebruik van lichte elektrische voertuigen stimuleren
- versterken van het beleid om emissiefraude door eigenaars en fabrikanten te voorkomen en te remediëren
- zorgen voor een vlottere doorstroming aan een gelijkmatige snelheid

4.2.3. EVOLUTIES 2030 IN SCHEEPVAART

→ **Binnenvaart**

De emissies voor de binnenvaart hangen eveneens samen met de hoeveelheid vracht die vervoerd wordt met binnenvaart en de stand der technologie van de gebruikte motoren.

Het aantal tonkm voor Vlaanderen is afkomstig van de waterwegbeheerder De Vlaamse Waterweg Voor de prognoseberekeningen wordt de groei voor het BAU-scenario overgenomen van

inschattingen van het Federaal Planbureau van april 2015. Het Federaal Planbureau verwacht van 2010 tot 2030 in België een groei van 47% van het aantal tonkm in de binnenvaart.

Ook hier geldt naast de evolutie van het aantal tonkm dat de samenstelling van de vloot zal evolueren. De evolutie en verjonging van het binnenvaartuigenpark wordt mede bepaald door de geldende emissienormen. Deze worden geregeld door de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) en de Europese Unie. Zonder bijkomende maatregelen wordt verondersteld dat 85% van de vloot is uitgerust volgens de CCR-II emissienormen (versus 47% in 2015) en 13% de EU-fase V normen (versus 0% in 2015).

In het luchtbeleidsplan worden stimuleringsmaatregelen genomen om de vergroening van de vloot sneller te realiseren en wordt ingezet op de verdere uitbreiding van het walstroomnetwerk.

→ **Zeevaart**

Zeevaart-emissies situeren zich rond de havens. Ligemissies en emissies bij het manoeuvreren in de haven vertegenwoordigen het grootste deel van de uitstoot. Voor zeevaart worden groeiprognoses gebruikt per goederentype en per havengebied om de hoeveelheid scheepvaarttrafiek te voorspellen in 2030. Voor de meeste havengebieden wordt verondersteld dat de jaarlijkse groei tussen 2015 en 2030 ongeveer de helft bedraagt van de gerealiseerde groei in de periode 2000-2015. Voor de haven van Antwerpen werden gedetailleerdere schattingen gebruikt waarbij bijvoorbeeld verondersteld wordt dat de containertrafiek met 3,3% stijgt per jaar en roro met 1,5% per jaar. Ondanks deze stijging wordt wel verondersteld dat de emissies van zeevaart afnemen door het gebruik van propere brandstoffen en nieuwere schepen.

Specifieke maatregelen voor zeevaart hebben betrekking op het opvolgen van internationale initiatieven rond vergroening en het voeren van een stimuleringsbeleid voor het gebruik van walstroom en alternatieve brandstoffen.

4.2.4. EVOLUTIES 2030 INDUSTRIE EN ENERGIE

→ **Autonome evolutie**

Toekomstprognoses voor industrie en energie zijn berekend met een simulatiemodel dat ontwikkeld werd door VITO. Hierbij wordt rekening gehouden met economische groei, de evolutie in energie-intensiteiten per sector en prognoses over de energieproductie. Dit model vertrekt van gegevens inzake energieverbruik en emissies voor een basisjaar (in dit geval 2014) en berekent op basis van een aantal aannames de toekomstige evolutie, per 5 jaar (2020, 2025, 2030). Terwijl het model voor de industrie een eenvoudig simulatiemodel is, waarbij het vasthoudt aan de brandstofmix in het basisjaar, wordt voor de elektriciteitssector een kostenoptimale inzet van de installaties berekend, rekening houdend met de elektriciteitsvraag (endogeen voor de industrie), de beschikbare installaties, import uit het buitenland en de mogelijkheid om bijkomende installaties in te zetten.

Een belangrijke factor voor energie is de plaatsing van nieuwe turbines (STEG-of OCGT-centrales), dat een belangrijke impact heeft op de NOx-emissies. Hierdoor stijgen de emissies sterk voor de energiesector in het BAU2030-scenario t.o.v. 2015.

→ **Bijkomende maatregelen**

Voor industrie worden bijkomend voor NOx sectorale maatregelen verondersteld die de NOx-uitstoot reduceren. Ook in de energiesector wordt vergaand gereduceerd op NOx emissies in het luchtbeleidsplan.

De belangrijkste maatregelen zijn:

- Aanpassing emissiegrenswaarden stookinstallaties op basis van register stookinstallaties in de industrie en energiesector
- Katalytische zuivering op één grote procesbron in de chemie-sector
- Lage NOx-branders op kraakfornuizen in de chemie-sector
- Lage NOx-branders op verschillende stookinstallaties in de raffinage-sector
- Rookgasrecirculatie op een sinterfabriek in de ferro-industrie

4.2.5. EMISSIES LUCHTBELEIDSPLAN 2030 VERSUS 2015

De totale emissies per sector in het referentiejaar 2015 en in het zichtjaar 2030 overeenkomstig het luchtbeleidsplan worden weergeven in Tabel 2.

Het LP2030 voorziet een NOx emissie daling van 43,3% (56.453 ton NOx/jaar) ten opzichte van 2015 met de belangrijkste reductie voor de sectoren transport, industrie en energie en een NH_3emissie daling van 17,3% (7.513 ton NH_3/jaar) ten opzichte van 2015 met de belangrijkste reductie voor de sector landbouw. Uitgedrukt in totaal N is de daling in het LP2030 t.o.v. 2015 31%, met veruit de grootste bijdrage in transport, waarvoor emissies dalen met 57% t.o.v. 2015.

Tabel 2: Totale NOx en NH_3 emissies per sector voor 2015 en LP2030

Sector	Ton NH_3 /jaar		Ton NOx /jaar		Ton totaal N/jaar		
	2015	LP2030	2015	LP2030	2015	LP2030	%afname
Huishoudens	669	741	5.597	4.413	2.254	1.953	13%
Industrie	816	353	25.995	19.274	8.584	6.157	28%
Energie	5	5	8.769	7.901	2.673	2.409	10%
Landbouw	41.500	34.287	10.932	8.281	37.504	30.757	18%
Transport	451	542	75.282	31.493	23.283	10.031	57%
Handel en diensten	6	6	3.710	2.470	1.134	757	33%
TOTAAL	43.447	35.934	130.285	73.832	75.432	52.063	31%

4.2.6. KOSTEN VOOR REALISATIE LUCHTBELEIDSPLAN 2030

Een ruwe kostenschatting voor de realisatie van maatregelen in het luchtbeleidsplan werd uitgevoerd door VMM. Voor industrie en energie en landbouw wordt de totale kost geraamd op ongeveer 17 Miljoen € per jaar. Voor transport, waar de meeste reducties gerealiseerd worden, zijn geen kostengegevens beschikbaar.

In uitvoering van de eerste Europese NEC richtlijn (2001/81/EG) werden in 2004 en 2006 Vlaamse emissiereductieprogramma's opgesteld waarin voor industrie het principe van kosteneffectiviteit

werd gehanteerd: alle maatregelen die een marginale kost hebben die lager lag dan 6,6 euro/kg NOx werden sindsdien zoveel mogelijk verankerd in wetgeving, vergunningen of in milieubeleidsovereenkomsten. In het luchtplan wordt dan ook gesteld dat in de meeste gevallen het kosteneffectieve (volgens de criteria van het NEC programma) is doorgevoerd. De kosteneffectieve drempel van 6,6 euro/kg NOx die destijds voor NOx werd bepaald wordt in het luchtbeleidsplan overgenomen waarbij rekening gehouden werd met de inflatie, waardoor nu gewerkt wordt met een kosteneffectieve richtwaarde van 8,6 euro/kg NOx. De in het luchtplan geïdentificeerde maatregelen met een potentieel van 1,8 kton zijn maatregelen die aan dit criterium voldoen. Als men ervan uitgaat dat de gemiddelde eenheidsreductiekost van deze maatregelen ca. 4 euro/kg NOx bedraagt, dan zal de jaarlijkse kostprijs van het beleidsscenario voor deze sectoren 7,2 Miljoen € bedragen.

Voor landbouw voorziet het luchtbeleidsplan door bijkomende maatregelen een reductie van 3 kton NH_3. Deze reductie wordt gerealiseerd door volgende maatregelen:

- Elektronische monitoring op bestaande en nieuwe luchtwassers in varkensstallen en pluimveestallen: 0,2 kton NH_3 (2,5 à 3,7 euro/kg NH_3)
- Nieuwe luchtwassers plaatsen met een hoger verwijderingsrendement dan voorzien (80% versus 70% rendement): 0,2 kton NH3 (2,1 euro/kg NH_3)
- Betere voorschriften voor het gebruik van ureum als kunstmest: 0,07 à 0,7 kton
- Emissiearme aanwending van mengmest: 2,7 kton (2,7 euro/kg NH_3)

De eenheidsreductiekost van deze maatregelen bedraagt ca. 3 euro/kg NH_3 wat overeenkomt met een totale jaarlijkse kost van 9,3 Miljoen €. Deze eenheidskosten liggen een stuk lager dan de eenheidskosten die later aan bod komen in deze studie omdat het enerzijds verbeteringen zijn bovenop bestaande investeringen (bij de luchtwassers), en het gaat over kosten-effectieve maatregelen (aanwending mengmest).

Voor transport is het moeilijker de kosten te ramen. Het ontbreekt niet alleen aan betrouwbare gegevens, maar veel van de maatregelen hebben naast luchtkwaliteitsbaten ook baten voor de klimaatproblematiek. Heel wat maatregelen zijn ook niet technisch van aard, waardoor het moeilijk is om een vertaling naar emissiereductie en kosten te maken. Voor huishoudens en handel & diensten zijn geen specifieke maatregelen voor NOx opgenomen in het luchtbeleidsplan.

4.3. BIJKOMENDE EMISSIEREDUCTIE-SCENARIO'S

4.3.1. ALGEMEEN OVERZICHT

Omdat de maatregelen van het luchtbeleidsplan niet volstaan om tegen 2030 de doelstellingen van het PAS-beleid te realiseren, zijn emissiereductie-scenario's opgesteld die maatregelen bevatten bovenop het luchtbeleidsplan.

Er zijn 2 grote types scenario's: generieke scenario's en gebiedsspecifieke scenario's. De generieke scenario's (G) leggen per sector of type activiteit voor heel Vlaanderen uniforme reductiedoelen op voor N-emissies. De gebiedsspecifieke scenario's (S) leggen enkel reducties op aan N-emissiebronnen die binnen een bepaalde afstand liggen van een SBZ-H waar de inspanningen van het luchtbeleidsplan niet volstaan om de depositie voldoende terug te dringen.

Naast deze twee categorieën van scenario's werden ook nog maatwerkscenario's (M-scenario's) verkend, die resp. een G en een S-scenario uitbreiden met op maat gemaakte maatregelen voor die SBZ-H waar de maartegelen van het betreffende G/S-scenario niet volstaan om de depositie voldoende terug te dringen (2030-doelstelling: de overschrijding van de kritische depositiewaarde moet tegen 2030 minstens gehalveerd zijn).

Tot slot werd er ook in een tweede fase een geoptimaliseerd scenario G8 berekend, waarbij op basis van de bevinden van de andere scenario's emissiereducties in functie van kosten-effectiviteit en technologische haalbaarheid anders werden verdeeld over subsectoren. Dit scenario wordt nog apart besproken in paragraaf HOOFDSTUK 7.

De scenario's werden in eerste instantie opgezet om na te gaan welke emissiereductie nodig is om de depositie op de Vlaamse Habitatrichtlijngebieden voldoende terug te dringen tegen 2030.

De scenario's die in deze studie vergeleken worden, gaan dus ervan uit dat alle maatregelen in het luchtbeleidsplan tegen 2030 gerealiseerd worden. Daarnaast wordt er **in alle scenario's verondersteld dat alle zgn. piekbelasters (= puntbronnen met impactscore >50%) stoppen (60 bedrijven/exploitaties in totaliteit). Het gaat hier om 58 landbouwexploitaties en 2 mestverwerkingsbedrijven (toestand 2015).**

Gezien er geen onderscheid zit tussen de scenario's voor deze maatregelen worden ze ook niet opgenomen in de kosten-effectiviteitsanalyse. Dit betekent echter niet dat er geen kosten gemaakt moeten worden om deze maatregelen te realiseren.

4.3.2. GENERIEKE G-SCENARIO'S

De generieke scenario's (G) leggen voor heel Vlaanderen reductiedoelen op voor N-emissies.

In alle varianten van het generieke scenario worden alle stal-emissies van niet-ammoniakemissie-arme (AEA) varkens- en pluimveestallen met 50% gereduceerd tegen 2030. Daarbovenop worden ook stal-emissies van de rundveebedrijven gereduceerd. Per deelsector zijn er verschillende reductie-percentages, afhankelijk van de variant. In één variant (G4) moeten ook alle andere sectoren nog bijkomend 5% NOx-emissies reduceren. Alle andere landbouw-emissies (bijvoorbeeld bij uitrijden) blijven constant.

Het onderscheid in reductie-percentages per sub-sector is deels gebaseerd op de PAS-lijst van maatregelen voor stal-emissies, als eerste insteek voor de afbakening van het potentieel van technologische en management-gerichte maatregelen.

Tabel 3: Emissiereducties sub-sectoren G-scenario's tegen 2030

Emissiebron/scenario	G1	G2	G3	G4
Stal-emissies uit niet-AEA varkensstallen	50%	50%	50%	50%
Stal-emissies uit niet-AEA pluimveestallen	50%	50%	50%	50%
Stal-emissies vleesvee	40%	20%	10%	10%
Stal-emissies melkvee	25%	20%	10%	10%
Stal-emissies mestkalveren	20%	20%	10%	10%
Alle andere emissie-bronnen				5% reductie NOx-emissies

4.3.3. SPECIFIEKE S-SCENARIO'S

In de S-scenario's wordt voor specifiekere gebieden, dus niet op het hele grondgebied, uniforme reductie-percentages toegepast voor alle sectoren. De reductie-percentages en de omvang van de gebieden waarvoor ze gelden variëren tussen varianten.

→ **Scenario S1**

In alle SBZ-deelgebieden waarvoor in het luchtbeleidsplan 2030 de depositie van stikstof niet minstens 50% daalt ten opzichte van het 2015-resultaat en de depositiebijdrage van de lokale punt- en lijnbronnen van een sector groter is dan 10% van de KDW , worden in een straal van **5 km** rond deze deelgebieden de emissies van alle bronnen in die sector gereduceerd met **25% t.o.v. LP2030** (of het nu puntbronnen, oppervlaktebronnen, ... zijn). Dat geldt voor alle bronnen die daar gelegen zijn, zelfs diegene die bijvoorbeeld slechts 0,1% impactscore hebben.

→ **Scenario S2**

In alle SBZ-deelgebieden waarvoor in het luchtbeleidsplan 2030 de depositie van stikstof niet minstens 50% daalt ten opzichte van het 2015-resultaat en de depositiebijdrage van de lokale punt- en lijnbronnen van een sector groter is dan 5% van de KDW , worden in een straal van **2 km** rond deze deelgebieden de emissies van alle bronnen in die sector gereduceerd met **50% t.o.v. LP2030** (of het nu puntbronnen, oppervlaktebronnen, ... zijn). Dat geldt voor alle bronnen die daar gelegen zijn, ook diegene die bijvoorbeeld slechts 0,1% impactscore hebben.

4.3.4. MAATWERK M-SCENARIO'S

De maatwerkscenario's (M-scenario's) breiden een G- of een S-scenario uit met op maat gemaakte maatregelen voor die SBZ-H die na uitvoering van het G/S-scenario nog steeds overschrijdingen hebben van de kritieke depositiewaarde stikstof. Welke gebieden dit zijn en in welke mate er bijkomend gereduceerd wordt, verschilt tussen varianten.

→ **Scenario M1**

We vertrekken voor het bepalen van de deelgebieden waar nog extra maatregelen moeten worden genomen ten opzichte van het G1-scenario. De resulterende lijst van deelgebieden is te vinden in Tabel 4. Deze deelgebieden worden de M1-deelgebieden genoemd.

In de M1-deelgebieden worden in alle VLOPS-cellen die er (deels) mee overlappen volgende emissiereducties genomen ten opzichte van scenario LP2030:

- De emissies (NH_3 en NO_x) van kunstmest toediening worden met 100% gereduceerd.
- De emissies (NH_3 en NO_x) van beweiding en bemesting worden met 80% gereduceerd.

De potentiekaart werd bepaald voor NH_3 en NO_x-emissies uit lage bronnen (Lefebvre en Viaene, 2021) waarbij gekeken wordt naar de M1-maatwerkhabitats. In de gebieden met een potentie (uitgedrukt in kgN/kgN) worden twee grenzen gedefinieerd van 0,04% en 0,02%. Gebieden met een potentie van >0,04% noemen we het binnenste gebied en gebieden met een potentie tussen 0,02 en 0,04% het buitenste gebied. Binnen deze gebieden worden dan volgende maatregelen genomen:

- Voor stallen in het binnenste gebied van de NH_3-potentiekaart leggen we een reductie van de NH_3-stalemissies bovenop scenario G1 van 24,59%.
- Voor mestverwerkers in het binnenste gebied van de NH_3-potentiekaart leggen we een reductie op van 50% bovenop scenario LP2030. Voor mestverwerkers in het buitenste gebied leggen we een reductie op van 20% bovenop scenario LP2030.
- Voor het toedienen van kunstmest, beweiding en uitrijden van dierlijke mest leggen we een reductie van de ammoniakemissies op van 50% bovenop scenario LP2030 in het binnenste gebied en 20% in het buitenste gebied van de NH_3-potentiekaart, mits de gebieden al niet gevat zijn door de reductie op basis van de deelgebieden. Voor de NO_x-emissies doen we hetzelfde maar uitgaande van de gebieden op basis van de NO_x-potentiekaart.
- Voor andere landbouw, industrie, energie, wegverkeer en scheepvaart in het binnenste gebied van de NO_x-potentiekaart leggen we een reductie op van 50% bovenop scenario LP2030. Voor de bronnen van deze sectoren in het buitenste gebied leggen we een reductie op van 20% bovenop scenario LP2030.
- Andere bronnen (stallen in buitenste gebied van de NH_3-potentiekaart, bronnen buiten de gebieden van de potentiekaarten, andere sectoren en buitenland) blijven gelijk.

Tabel 4: M1-deelgebieden

SBZ-H code	SBZ-H deelgebied code	SBZ-H deelgebied naam
BE2100015	BE2100015-1	Kalmthoutse Heide
BE2100024	BE2100024-1	Landschap de Liereman - De Korhaan
	BE2100024-2	Moer
	BE2100024-3	Geheul en Zandvenheide
	BE2100024-4	Nieuwe bossen
	BE2100024-5	Dombergheide, Zwartvenheide en vliegveld Weelde
	BE2100024-6	Geleeg
	BE2100024-7	Kijkverdriet, Kesseven en Klotgoor
	BE2100024-8	Zwartgoor
	BE2100024-9	Kruisberg witgoor
	BE2100024-10	De lei
	BE2100024-13	Den Bogaerd
	BE2100024-16	Goorken en Rode Del
	BE2100024-17	Hooiput
	BE2100024-18	Meergoren Werkendam
BE2200028	BE2200028-1	De Maten
BE2200032	BE2200032-1	Hageven met Dommelvallei
	BE2200032-2	Warmbeekvallei, Kolisbos, Beverbeekse heide
BE2200035	BE2200035-1	Mechelse Heide en vallei van de Ziepbeek
BE2500004	BE2500004-1	Bos van Houthulst
	BE2500004-2	Vloetemveld
	BE2500004-3	Zorgvliet, Munkebossen
	BE2500004-6	Bulskampveld, Vagevuurbossen, Vallei van de Wantebeek
	BE2500004-7	Schobbejakshoogte, Rijkevelde

→ **Scenario M2**

We vertrekken vanuit scenario S2. De resulterende lijst van deelgebieden is te vinden in Tabel 5. Deze deelgebieden worden de M2-deelgebieden genoemd.

In de M2-deelgebieden worden in alle VLOPS-cellen die er (deels) mee overlappen (Figuur 24) volgende emissiereducties genomen ten opzichte van scenario LP:

- De emissies (NH_3 en NO_x) van kunstmest toediening worden met 100% gereduceerd.
- De emissies (NH_3 en NO_x) van beweiding en bemesting[1] worden met 80% gereduceerd.

In een buffergebied van 15 km rond de M2-deelgebieden worden (Figuur 25), voor zover deze niet gereduceerd werden onder het landbouwcriterium voor S2, volgende reducties toegepast:

- Voor de varkens- en pluimveestallen: reductie van de ammoniakemissies van alle niet-AEA stallen met 50%.
- Reductie van de ammoniakemissies van de stallen voor alle andere diercategoriën dan varkens en pluimvee en van de mestverwerkers met 20%.

[1] Deze worden in de emissies voor VLOPS samen behandeld.

Tabel 5: M2-deelgebieden

SBZ-H code	SBZ-H deelgebied code	SBZ-H deelgebied naam
BE2100015	BE2100015-1	Kalmthoutse Heide
BE2100024	BE2100024-3	Geheul en Zandvenheide
	BE2100024-4	Nieuwe bossen
	BE2100024-5	Dombergheide, Zwartvenheide en vliegveld Weelde
	BE2100024-7	Kijkverdriet, Kesseven en Klotgoor
BE2200028	BE2200028-1	De Maten
BE2200035	BE2200035-1	Mechelse Heide en vallei van de Ziepbeek
BE2300005	BE2300005-1	Drongengoed-Koningsboscomplex
	BE2300005-2	Markettebossen en Kraenepoel
	BE2300005-6	Stropersbos
BE2500004	BE2500004-1	Bos van Houthulst
	BE2500004-2	Vloetemveld
	BE2500004-3	Zorgvliet, Munkebossen
	BE2500004-4	Wijnendalebos, Vallei van de Waterhoenbeek
	BE2500004-5	Sint-Andriesveld
	BE2500004-6	Bulskampveld, Vagevuurbossen, Vallei van de Wantebeek
	BE2500004-7	Schobbejakshoogte, Rijkevelde
	BE2500004-8	Warande, Vallei van de Rivierbeek

→ **Scenario M3**

We vertrekken van scenario G4. We reduceren de emissies van alle niet-AEA varkens- en pluimveestallen met 50%. Ook reduceren we de emissies van all niet-varkens en niet-pluimveestallen met 20%, hetgeen iets verder gaat dan G4 (10%), en overeenkomt met G2. Alle Vlaamse NOx-emissies (alle sectoren) reduceren we met 5%.

De resulterende lijst van deelgebieden is te vinden in Tabel 6. Deze deelgebieden worden de M3-deelgebieden genoemd.

In de M3-deelgebieden worden volgende emissiereducties genomen ten opzichte van scenario LP:

- De emissies (NH_3 en NO_x) van kunstmest toediening worden met 100% gereduceerd.
- De emissies (NH_3 en NO_x) van beweiding en bemesting[2] worden met 80% gereduceerd.

In een buffergebied van 15 km rond de M3-deelgebieden (Figuur 27) wordt bovenop de reducties uit de eerste stappen een extra 10% reductie toegepast op de ammoniak-puntbronnen (stallen + mestverwerkers) voor landbouw.

[2] Deze worden in de emissies voor VLOPS samen behandeld.

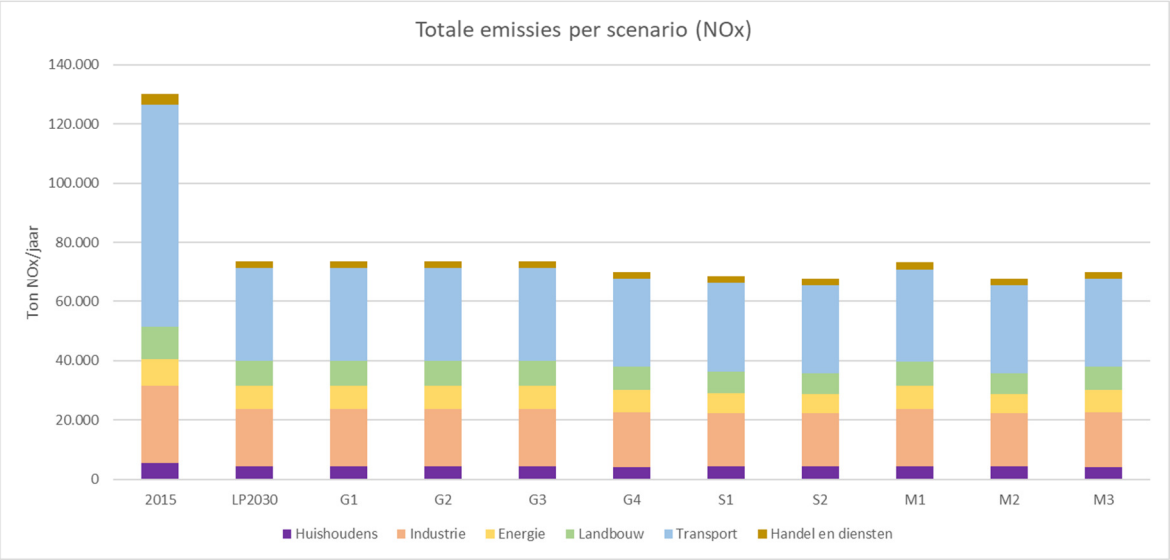
Tabel 6: M3-deelgebieden

SBZ-H code	SBZ-H deelgebied code	SBZ-H deelgebied naam
BE2100015	BE2100015-1	Kalmthoutse Heide
BE2100016	BE2100016-1	Klein Schietveld
	BE2100016-2	Groot Schietveld
BE2100019	BE2100019-2	Blak en Ekstergoor
	BE2100019-3	Kooldries, Hoofsweer
	BE2100019-4	Leeuwerik
	BE2100019-5	Klokkeven, Bonte Klepper
BE2100024	BE2100024-1	Landschap de Liereman - De Korhaan
	BE2100024-10	De lei
	BE2100024-13	Den Bogaerd
	BE2100024-16	Goorken en Rode Del
	BE2100024-17	Hooiput
	BE2100024-18	Meergoren Werkendam
	BE2100024-2	Moer
	BE2100024-3	Geheul en Zandvenheide
	BE2100024-4	Nieuwe bossen
	BE2100024-5	Dombergheide, Zwartvenheide en vliegveld Weelde
	BE2100024-6	Geleeg
	BE2100024-7	Kijkverdriet, Kesseven en Klotgoor
	BE2100024-8	Zwartgoor
	BE2100024-9	Kruisberg witgoor
BE2100026	BE2100026-1	Snepkesvijver, Olens Broek, Langendonk, Zwart water en Grote Neerheide
	BE2100026-10	Kamp Grobbendonk, Schupleer
	BE2100026-11	Vallei van de Kleine Nete van Lier tot Vierseldijk
	BE2100026-12	Buitengoor, Meergoor, Sluismeer
	BE2100026-13	Lommel-sahara en Riebos
	BE2100026-2	De Zegge, Mosselgoren en Neerhelst/De Botten
	BE2100026-3	Zomerzang
	BE2100026-5	Ronde Put en Hoge moer
	BE2100026-6	Bovenlopen van de Kleine, Desselse en Zwarte Nete met De Maat en Koemook
BE2200028	BE2200028-1	De Maten
BE2200029	BE2200029-1	Vallei- en brongebieden van de Zwarte Beek, Bolisserbeek en Dommel met heide en vengebieden
BE2200032	BE2200032-1	Hageven met Dommelvallei
	BE2200032-2	Warmbeekvallei, Kolisbos, Beverbeekse heide
BE2200035	BE2200035-1	Mechelse Heide en vallei van de Ziepbeek
BE2200039	BE2200039-1	Vallei van de Berwijn en Fliberg
	BE2200039-2	Hoogbos
	BE2200039-4	Stroevenbos, Vrouwenbos
	BE2200039-5	Altembroek, Schophemerheide, Martelberg, Broekbos, Veursbos
	BE2200039-6	Vallei van de Gulp met Teuvenderberg en Obsinnich
BE2300005	BE2300005-1	Drongengoed-Koningsboscomplex
	BE2300005-2	Markettebossen en Kraenepoel
	BE2300005-6	Stropersbos
BE2500004	BE2500004-1	Bos van Houthulst
	BE2500004-2	Vloetemveld
	BE2500004-3	Zorgvliet, Munkebossen
	BE2500004-6	Bulskampveld, Vagevuurbossen, Vallei van de Wantebeek
	BE2500004-7	Schobbejakshoogte, Rijkevelde

4.4. EMISSIE-REDUCTIES IN DE SCENARIO'S

→ **NOx**

De NOx emissies voor 2015, LP2030 en de verschillende scenario's worden weergegeven in Figuur 4. De grootste reducties van NOx emissies zijn opgenomen in het S2-scenario. In vergelijking met de reducties die gerealiseerd worden in het LP2030 scenario zijn deze reducties beperkt, hetgeen nog eens het belang benadrukt van de realisatie van de maatregelen die zijn opgenomen in dit LP2030-scenario als uitgangspunt.

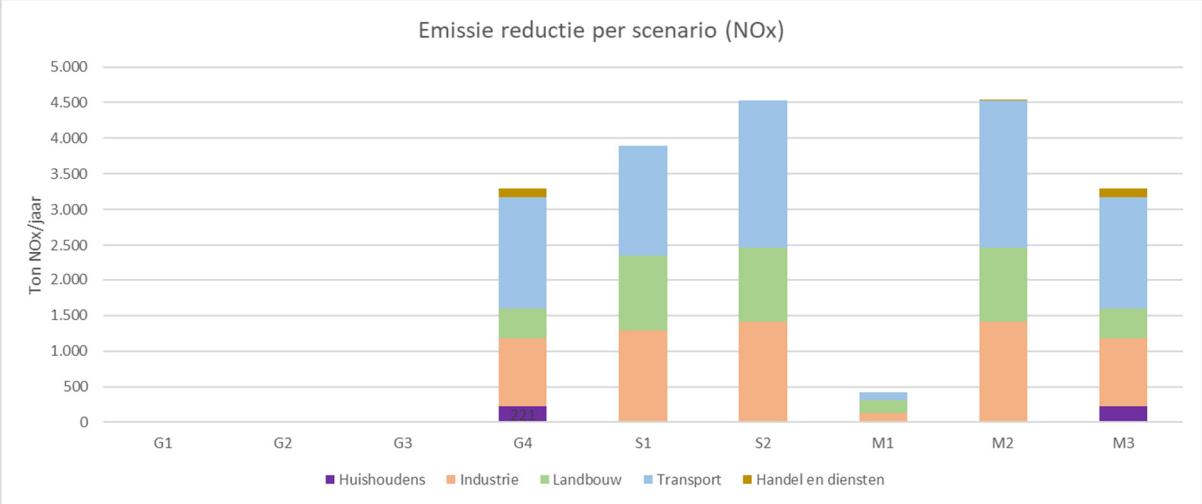


Figuur 4: Totale NOx-emissies per scenario

De reductie aan NOx ten opzichte van het LP2030 voor de verschillende scenario's wordt weergegeven in Tabel 7 en Figuur 5. De reducties variëren tussen 0 en 6,7 kton NOx/jaar wat overeenkomt met een maximale reductie van 9%. Van de generieke scenario's voorziet enkel scenario G4 een reductie van de NOx emissies over alle sectoren.

Tabel 7: Reductie NOx-emissies per scenario ten opzichte van LP2030

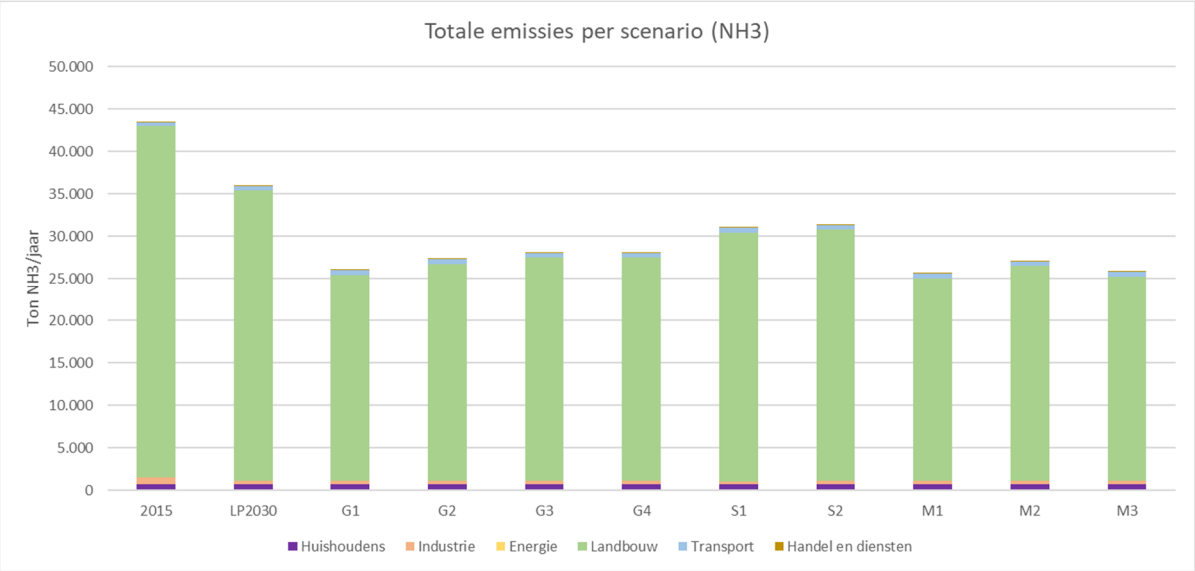
NOx (ton/jaar)	G1	G2	G3	G4	S1	S2	M1	M2	M3
Huishoudens	0	0	0	221	0	0	0	0	221
Industrie	0	0	0	964	1.286	1.417	129	1.418	964
Energie	0	0	0	395	1.251	1.579	13	1.579	395
Landbouw	0	0	0	414	1.052	1.042	184	1.043	414
Transport	0	0	0	1.575	1.562	2.069	112	2.069	1.574
Handel en diensten	0	0	0	124	0	0	0	0	123
TOTAAL	0	0	0	3.692	5.151	6.108	437	6.108	3.691



Figuur 5: Reductie NOx ten opzichte van LP2030

→ **NH_3**

De NH_3 emissies voor 2015, LP2030 en de 9 verschillende scenario's worden weergegeven in Figuur 6. In tegenstelling tot NOx is de afname relatief gezien minder belangrijk in het LP2030 scenario en zit er ook meer variatie in emissies tussen de andere scenario's waar de reducties het grootst zijn voor het G1 scenario en het daaruit afgeleide M1 scenario.

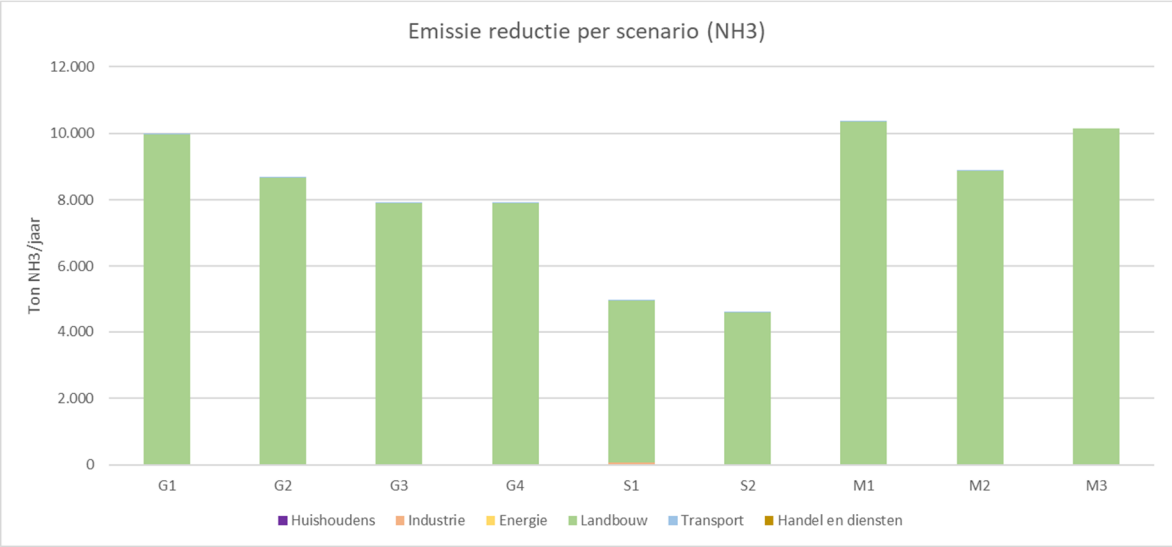


Figuur 6: Totale NH_3 emissies per scenario

De reductie aan NH_3 ten opzichte van het LP2030 voor de verschillende scenario's wordt weergegeven in
Tabel 8 en Figuur 7. De reducties variëren tussen 4,6 (S2) en 10,3 kton/jaar (M1) wat overeenkomt met reducties tussen 14% en 29% voornamelijk in de sector landbouw.

Tabel 8: Reductie NH_3-emissies per scenario ten opzichte van LP2030

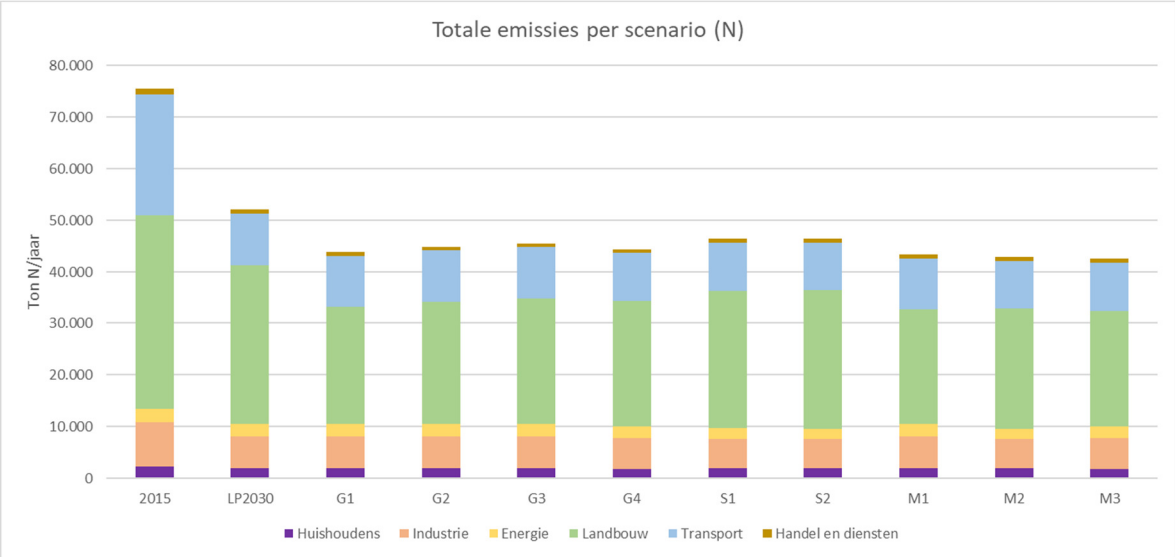
NH3 (ton/jaar)	G1	G2	G3	G4	S1	S2	M1	M2	M3
Huishoudens	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Industrie	0	0	0	0	64	21	1	21	0
Energie	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Landbouw	9.965	8.662	7.892	7.892	4.883	4.572	10.338	8.846	10.141
Transport	0	0	0	0	1	15	4	15	0
Handel en diensten	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAAL	9.966	8.662	7.892	7.892	4.948	4.607	10.343	8.882	10.141



Figuur 7: Reductie NH_3 ten opzichte van LP2030

→ **Totaal emissie van stikstof**

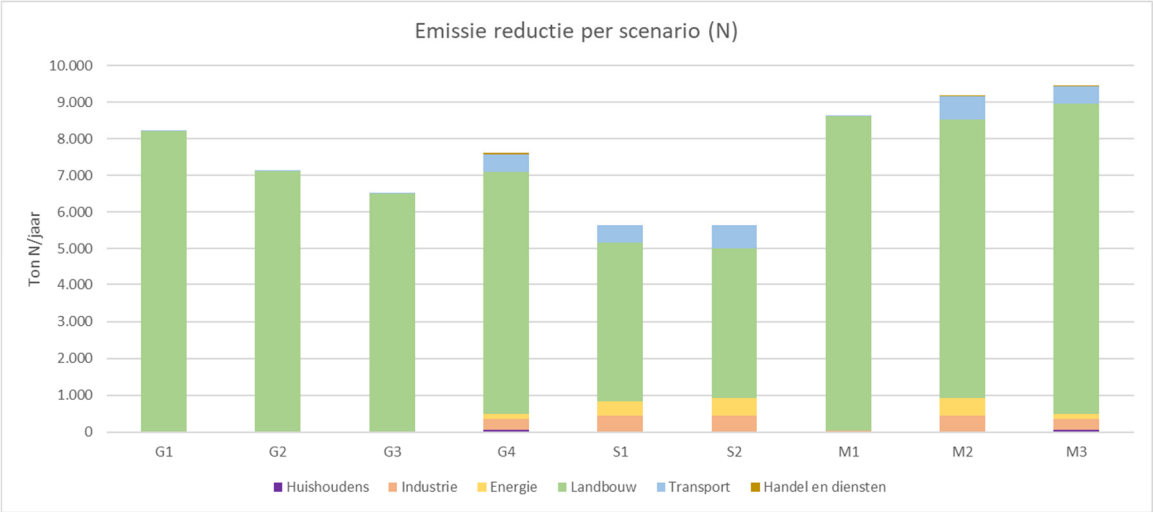
Als we NOx en NH_3 weergeven in totaal stikstof valt wederom de grote reductie in het LP2030 scenario op t.o.v. 2015, vooral gedreven door reducties in transport-emissies. Uitgedrukt in totaal N valt op dat de voornaamste reducties in alle scenario's zijn toegepast in de landbouwsector als grootste bron van emissies. Voor de maatwerk-scenario's valt op dat het M1-scenario (dat gebaseerd is op G1), relatief weinig bijkomend maatwerk vraagt. M2 daarentegen vraagt dermate veel bijkomende reducties en dan met name in de landbouwsector, dat dit qua totale reductie in dezelfde orde-grootte komt als generieke scenario's. M3 is voor landbouw gebaseerd op G2 en vraagt nog 10% bijkomende reductie in vergelijking met het generieke scenario in een vrij groot gebied in Vlaanderen. M3 bevat ook bijkomend reducties in NOx-emissies.



Figuur 8: Totale N- emissies per scenario

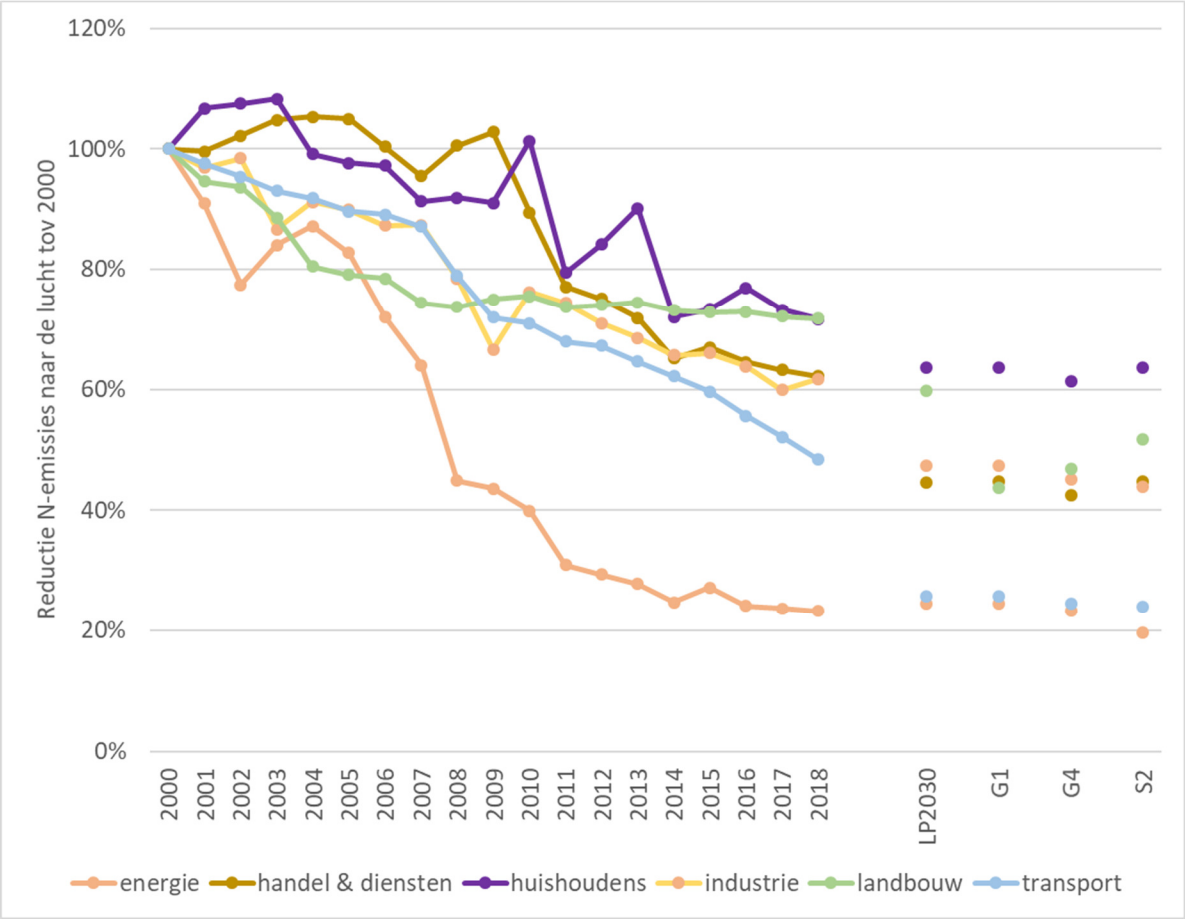
Tabel 9: Reductie N totaal-emissies per scenario ten opzichte van LP2030

ton N/jaar	G1	G2	G3	G4	S1	S2	M1	M2	M3
Huishoudens	0	0	0	67	0	0	0	0	67
Industrie	0	0	0	294	444	448	40	449	293
Energie	0	0	0	120	381	481	4	481	120
Landbouw	8.207	7.133	6.499	6.625	4.341	4.082	8.570	7.602	8.477
Transport	0	0	0	480	476	642	38	642	479
Handel en diensten	0	0	0	37	0	0	0	0	38
TOTAAL	8.207	7.134	6.500	7.623	5.642	5.653	8.651	9.174	9.475



Figuur 9: Reductie N-totaal ten opzichte van LP2030

De volgende figuur geeft weer hoe emissies geëvolueerd zijn sinds 2000 de voorbije decennia, wat er nog bijkomend verwacht wordt in het luchtbeleidsplan (LP 2030) tegen 2030 en hoe een aantal verdergaande scenario's hierop ingrijpen. De belangrijkste verdergaande reducties voor transport, industrie en energie worden verwacht in het luchtbeleidsplan. Variatie tussen scenario's is in totaliteit relatief beperkt. Voor landbouw ligt dit anders. De veronderstelde afnames zijn in alle scenario's substantiëler en zouden ervoor zorgen dat afnames procentueel gezien sinds 2000 ongeveer even groot zijn als industrie. Relatieve afnames in transport en de energie-sector blijven ook na de bijkomende emissie-reducties die hier onderzocht zijn groter dan landbouw en industrie.



Figuur 10: Relatieve evolutie voorbije decennia N totaal-emissies naar de lucht per sector t.o.v. 2000 en verwachte evoluties in het luchtbeleidsplan 2030 en een aantal bijkomende emissie-reducerende scenario's

Opmerking: Recente cijfers voor het jaar 2015 wijken wat af van de cijfers die gehanteerd zijn in de analyses voor het jaar 2015. Hiervoor werd verhoudingsgewijs gecorrigeerd.

HOOFDSTUK 5. KOSTEN-EFFECTIVITEITSANALYSE VAN N-REDUCERENDE MAATREGELEN

5.1. SCOPE

De kosten-effectiviteitsanalyse van de maatregelen bekijkt het technisch potentieel en de kost-effect ratio van bijkomende maatregelen in de belangrijkste sectoren en subsectoren waarvoor emissie-reducties verondersteld worden in de diverse scenario's. Dit zijn concreet:

- Varkensstallen
- Pluimveestallen
- Vleesveestallen
- Melkveestallen
- Mestkalverenstallen
- Andere landbouw-emissies
- Industrie en energie
- Transport-wegverkeer
- Transport-binnenvaart
- Transport-zeevaart

De veronderstelde NOx- emissies in andere sectoren (huishoudens, handel & diensten) zijn beperkt (minder dan 10% van de reducties van NOx-emissies in scenario G4, geen reducties in andere scenario's). Uitstoot hangt samen met de inzet van andere energiebronnen voor gebouwenverwarming en het beter isoleren van gebouwen. Het heeft weinig zin heeft om hiervoor kosten-effectieve en gebiedsgerichte maatregelensets op te stellen binnen deze studie.

In functie van de kost-effect ratio's (de meest kosten-effectieve maatregelen worden eerst geselecteerd) en de aangenomen reducties in de verschillende scenario's op de verschillende bronnen wordt ook aangegeven of de maatregel al dan niet wordt toegepast in een specifiek scenario. Deze selectie maakt het mogelijk om op grootte-orde te duiden of scenario's technisch haalbaar zijn, hoeveel kosten gemaakt moeten worden om scenario's te realiseren en in welke sectoren deze kosten gemaakt worden. In welke mate deze maatregelen ook effectief gekozen zullen worden, zal afhangen van de locatie-specifieke context, waar we hier geen rekening mee houden.

5.2. LANDBOUW

5.2.1. VARKENSSTALLEN

→ **Bijdrage van de sector en veronderstelde emissie-reducties in de scenario's**

Stalemissies van varkens zijn verantwoordelijk voor 53% van de stalemissies binnen de landbouwsector, voor 38% van de emissies binnen de volledige landbouwsector en 36% van de totale NH_3-emissies in het LP2030-scenario. Het LP2030 voorziet in een daling van 10% van de NH_3 stal-emissies van varkens ten opzichte van 2015. In totaal wordt nog altijd geschat dat 12,8 kton NH_3-emissies afkomstig zijn van varkensstallen ongeacht de voorziene toename in AEA-stallen en luchtwassers.

Een kanttekening hierbij is dat in recentere prognoses van VMM met bijgestelde emissiefactoren en een verbeterde doorrekening van de maatregelen deze stalemissies eerder rond de 10,8 kton bedragen, dus 2 kton lager. Recente cijfers van VMM bevestigen ook dat het relatief belang van emissies door varkensstallen iets lager is dan hier geschetst en dit ten nadele van emissies van rundveestallen.

Belangrijke factoren hierin zijn de evolutie van het aantal varkens en het aantal varkens in AEA-stallen. Op basis van mestbank-cijfers van VLM, verwerkt door VMM, kan afgeleid worden dat de varkensstapel tussen 2015 en 2019 met 6.5% is gedaald. Daarnaast is het aandeel varkens in AEA-stallen gestegen van 24% naar 34% of 2.5% per jaar ongeveer. Bovendien wordt meer gekozen voor luchtwassers met een hoger zuiveringsrendement, ook omwille van de impact op geurhinder. Naast nieuwbouw speelt ook het feit dat stopzetting van activiteiten vooral plaats vindt in niet-AEA stallen een rol. Het relatieve belang van emissies afkomstig van varkensstallen neemt dus af.

In alle G-scenario's worden reducties op niet-AEA stalemissies verondersteld van 50%. In een aantal S-scenario's (S, S1) bedraagt de gevraagde reductie 25%. In S2 is de veronderstelde reductie 50%.

→ **Mogelijke maatregelen**

De maatregelen voor de subsector varkens worden weergegeven in bijlage en zijn de volgende:

Maatregel	Omschrijving	Veronderstelde reducties op stal-emissies
AEA-stal biggen, zeugen en vleesvarkens	In de AEA lijst staan een aantal systemen. Het gaat hier vooral om vloersystemen waarbij emitterende oppervlak wordt verkleind. We gaan voor de kengetallen uit van de meest voorkomende systemen in Vlaanderen	50%
Luchtwassers	Luchtwassers zuiveren de stroom van uitgaande stallucht. We gaan uit van chemische luchtwassers. Veronderstelde rendementen liggen iets hoger dan standaard rendementen nu (70%) conform assumpties in het luchtbeleidsplan.	80%
Voeder-maatregelen	Toevoegen van benzoëzuur aan het voeder of de reductie van de eiwitopname zorgen ervoor dat minder ammoniak gevormd wordt in de stallen.	5-20%
Afbouw veestapel	Door een verkleining van de veestapel worden de emissies die de veestapel veroorzaakt verhoudingsgewijs gereduceerd.	100%

→ **Kosten-effectiviteitsanalyse**

Onderstaande tabel geeft weer wat het reducerend effect is van de maatregel, de kost-effect ratio is per individuele maatregel per kg NH_3 en kg N en welke maatregelen relevant zijn voor de verschillende scenario's. Voor varkens stellen we enerzijds vast dat technologische maatregelen op stallen ruimschoots in staat zijn om de gestelde reductiedoelen van 50% te realiseren. Het valt ook op dat de kost-effect ratio voor luchtwassers met een hoger rendement iets lager ligt als deze van AEA-stallen. Hoewel de kost per dierplaats duurder is, is de kost uitgedrukt per kg reductie lager. In de praktijk stellen we ook vast dat er meer in luchtwassers geïnvesteerd wordt. Het uitrusten van

deze luchtwassers met een elektronisch monitoringsysteem om de goede werking te garanderen is hierbij wel een uitgangspunt om het gehanteerde rendement van 80% te realiseren.

We maken in de berekening een onderscheid tussen de aanpak van vleesvarkens en die van gecombineerde biggen/zeugenstallen. De kost-effect ratio voor vleesvarkens ligt wat lager omdat de investering per dierplaats verhoudingsgewijs ook heel wat lager is. We gaan er voor de berekening vanuit dat retrofit van bestaande stallen niet mogelijk is en dat stallen volledig nieuw gebouwd moeten worden. We veronderstellen weliswaar dat de introductie van AEA-stallen sowieso vereist is bij varkens op relatief korte termijn. Uitgaande van het stijgingsritme dat is verondersteld voor het luchtbeleidsplan (van 24% in 2015 naar 55% in 2030) zou dit nog meer dan 30 jaar duren vooraleer alle stallen zijn aangepast, dus tot 2052. Gemiddeld gezien gaan we er vanuit dat omwille van de PAS de nieuwbouw of volledige renovatie van de resterende niet-AEA stallen in het LP2030 scenario 11 jaar sneller moet gebeuren dan oorspronkelijk voorzien (dus tegen 2030). Het feit dat het Vlaams Gewest sinds 1 jaar systematisch een negatief advies geeft voor een verlenging van de vergunning van niet-AEA stallen tot na 31/12/2030, gaat dit renovatie-ritme mogelijk versnellen.

Voedermaatregelen bij vleesvarkens en dan specifiek de verlaging van het ruw eiwitgehalte heeft een gelijkaardige kost-effect ratio als luchtwassers wat dus een indicatie is dat tegen relatief lage kost reducties gerealiseerd kunnen worden tot 80-90% voor dit type stallen. Hier zit dus wel nog wat marge t.o.v. de reducties die zijn opgelegd in de scenario's.

Als we de kost-effect ratio's van technische maatregelen vergelijken met die van afbouw-maatregelen valt op dat een gemiddeld bedrijf afbouwen minder kosten-effectief zal zijn per kg, maar als we kijken naar het 25-percentiel van de bruto saldi per varken valt op dat deze kost-effect ratio's in dezelfde range liggen of zelfs iets lager liggen dan de kost-effect ratio's voor technische maatregelen. Dit is een indicatie dat het voor de minder rendabele bedrijven moeilijk haalbaar zal zijn om deze maatregelen (vernieuwing stallen) uit te voeren en er eerder gekozen zal worden voor afbouw en/of transfer van productierechten naar meer rendabele bedrijven. Omgekeerd gaat mogelijk vernieuwing van stallen gepaard met een schaalvergroting van de rendabelere bedrijven, waarvoor de investering interessanter wordt naarmate het op grotere schaal kan gebeuren. Deze trend wordt bevestigd in gesprekken met experten.

Voor de scenario's gaan we vooral uit van de kost-effect ratio's van afbouw van de 25percentiel minst rendabele bedrijven en de inzet van luchtwassers (effecten tot 80% op niet-AEA stal-emissies. Deze maatregelen zijn samen ruim voldoende om de effecten te realiseren die in de scenario's verondersteld worden. Een kanttekening hierbij is dat we niet precies kunnen zeggen welk aandeel van de veestapel en dus ook welk aandeel van de emissies kan gereduceerd worden aan deze ratio. Afgaande op de gemiddelde grootte van de bedrijven in dit 25-percentiel en de gemiddelde grootte van alle varkensbedrijven zullen minder dan 25% van de dieren in dit segment zitten, maar zal dit eerder richting de 16% gaan.

Tabel 10: Kost-effect ratio's van maatregelen varkenssector

Maatregel	Effect op bron	Kost-effect ratio		Toegepast in scenario:
		€/kg NH_3	€/kg N	
AEA-stallen fokvarkens	50%	20,4	24,8	
Luchtwassers fokvarkens	80%	15,3	18,6	G1,G2,G3,G4,S1,S2, M1, M2, M3
Voedermaatregel eiwit zeug	7%	33,8	41,0	
Voedermaatregel benzo zeug	15%	27,8	33,8	
Afbouw fokvarkens 25percentiel minst rendabele bedrijven	100%	14,4	17,5	G1,G2,G3,G4,S1,S2, M1, M2, M3
Afbouw fokvarkens gemiddeld rendabele bedrijven	100%	53,2	64,6	
AEA-stallen vleesvarken	50%	9,3	11,3	
Luchtwassers vleesvarken	80%	9,1	11,0	G1,G2,G3,G4,S1,S2, M1, M2, M3
Voedermaatregel eiwit vleesvarken	10%	10,0	12,1	
Voedermaatregel benzo vleesvarken	15%	22,8	27,6	
Afbouw vleesvarkens 25percentiel minst rendabele bedrijven	100%	6,5	7,9	G1,G2,G3,G4,S1,S2, M1, M2, M3
Afbouw vleesvarkens gemiddeld rendabel bedrijven	100%	18,6	22,6	

5.2.2. PLUIMVEESTALLEN

→ **Bijdrage van de sector en veronderstelde emissie-reducties in de scenario's**

De subsector pluimvee is verantwoordelijk voor 14% van de stalemissies binnen de landbouwsector. Het LP2030 voorziet een daling van 14% ten opzichte van REF2015.

Voor pluimvee is het aandeel AEA gestegen van 43% naar 57% in de periode 2015-2019 of 3.5% per jaar ongeveer. Voor leghennen zitten de grote meerderheid (83%) van de dieren reeds in AEA-stallen. Dit aandeel is constant gebleven in de periode 2015-2019. Het merendeel van de legkippen in niet-AEA stallen zit in grondhuisvestingssystemen die iets hogere emissies veroorzaken en minder eenvoudig zijn aan te passen. Voor vleeskippen is het aandeel van dieren in de AEA-stallen gestegen van 24% naar 48% in de periode 2015-2019 oftewel verdubbeld op 4 jaar tijd.

Anders dan bij varkens is dat de veestapel niet afneemt bij pluimvee. Het aantal dieren is gestegen met 11% in de periode 2015-2019 en dan vooral bij de vleeskippen. Door deze groei is er ook relatief veel nieuwbouw gezet en hier zit ook een stuk van de toename van het aandeel in AEA-stallen.

Luchtwassers komen nauwelijks voor bij kippen.

In alle G-scenario's worden reducties op niet-AEA stalemissies verondersteld van 50%. In een aantal S-scenario's (S, S1) bedraagt de gevraagde reductie 25%. In S2 is de veronderstelde reductie 50%.

→ **Mogelijke maatregelen**

De maatregelen voor de subsector pluimvee worden weergegeven in bijlage en zijn de volgende:

Maatregel	Omschrijving	Veronderstelde reducties op stal-emissies
AEA-stal	In de AEA lijst staan een aantal systemen. Het gaat hier vooral om vloersystemen waarbij emitterende oppervlak wordt verkleind. We gaan voor de kengetallen uit van de meest voorkomende systemen in Vlaanderen. Voor legkippen gaan we uit van grondhuisvestingssystemen bij stallen die nog niet AEA zijn.	50%
Luchtwassers legkippen	Luchtwassers zuiveren de stroom van uitgaande stallucht. We gaan uit van chemische luchtwassers. Veronderstelde rendementen liggen iets hoger dan standaard rendementen nu (70%) conform assumpties in het luchtbeleidsplan.	80%
Afbouw veestapel legkippen	Door een verkleining van de veestapel worden de emissies die de veestapel veroorzaakt verhoudingsgewijs gereduceerd.	100%
Strooisellaag gedroogde maïs	Door het gebruik van voorgedroogde ingekuilde snijmaissilage als strooisel verlaagt mogelijk de NH_3-emissies. Dit strooiselmateriaal heeft een lagere pH dan de traditioneel gebruikte strooiselmaterialen waardoor de vorming van ammoniak wordt geremd.	40%

→ **Kosten-effectiviteitsanalyse**

De kost-effect ratio's voor AEA-stallen zijn op een gelijkaardige manier berekend als voor varkens. Dit betekent dat verondersteld wordt dat nieuwbouw of zware renovatie van stallen vervroegd wordt om aan de PAS-scenario's te voldoen. Afgaande op de veronderstellingen in het luchtbeleidsplan, gaan we er bij pluimvee vanuit dat zonder bijkomend beleid alle stallen zijn aangepast tegen 2046 (vleeskippen) en 2047 (leghennen). We rekenen dus met een gemiddelde vervroeging van 8 tot 9 jaar.

De kost-effect ratio voor vleeskippen ligt aanzienlijk lager als voor legkippen omdat we voor legkippen uitgaan van grondhuisvestingssystemen die relatief gezien meer investering vragen per dierplaats en waarvoor AEA-technieken minder evident zijn. Luchtwassers zijn ook opgenomen in de tabel op basis van input uit Nederland, maar komen in de praktijk nog nauwelijks voor bij kippen in Vlaanderen. De rendementen die hiermee te halen zijn liggen wel hoger.

Een opvallende maatregel met een zeer lage kost-effect ratio is het gebruik van gedroogde maïs als strooisel. Op de PAS-lijst is deze maatregel opgenomen met een rendement van 40%. De daling in

ammoniakemissie wordt behaald door het gebruik van voorgedroogde ingekuilde snijmaissilage als strooisel. Dit strooiselmateriaal heeft een lagere pH dan de traditioneel gebruikte strooiselmaterialen waardoor de vorming van ammoniak wordt geremd. Deze maatregel is niet toegepast in de scenario's. Uit gesprekken met experten blijkt dat er twijfels zijn over deze maatregel en dat metingen aantonen dat effecten veel lager liggen als er al effecten kunnen vastgesteld worden.

In vergelijking met afbouw-scenario's zijn technische maatregelen wel kosten-effectiever. Voor pluimvee zijn wel geen spreidingsgegevens van bruto saldi (rendabiliteit) beschikbaar waardoor we ook niet de 25-percentiel waarde kunnen weergeven. Gezien de bruto saldi voor kippen relatief hoog liggen, wordt wel niet hetzelfde effect verwacht voor pluimvee als bij varkens.

Voor de scenario's volstaan de AEA-staltechnieken met een effect van 50%. Ongeacht het feit dat de kost-effect ratio voor luchtwassers iets lager is bij legkippen, passen we deze maatregel enkel toe als het echt nodig is om de doelen te halen in de scenario's (dus waar meer gereduceerd wordt in stallen dan 50%). Het toepassen van luchtwassers op kippestallen is nog niet gangbaar omdat er andere AEA-systemen beschikbaar zijn met hoge reductiepercentages en omdat deze systemen moeilijker te bedrijven zijn in deze stofrijke stalomgeving. Op basis van ervaringen in Nederland zou het wel mogelijk moeten zijn. Bij legkippen blijft het kost-effect ratio nagenoeg gelijk. Bij vleeskippen zijn luchtwassers per kg reductie een duurdere oplossing dan AEA-stallen.

Tabel 11: Kost-effect ratio's van maatregelen pluimvee-sector

Maatregel	Effect op bron	Kost-effect ratio		Toegepast in scenario:
		€/kg NH_3	€/kg N	
AEA-stal legkippen	50%	11,9	14,5	G1,G2,G3,G4,S1, M1, M2, M3
Luchtwassers legkippen	80%	11,2	13,6	S1,S2, M1, M2, M3
Afbouw veestapel legkip	100%	61,1	74,2	
AEA-stal vleeskippen	50%	5,6	6,8	G1,G2,G3,G4,S1,S2, M1, M2, M3
Strooisel vleeskippen	40%	3,0	3,6	
Luchtwassers vleeskippen	80%	15,6	18,9	S2, M1, M2, M3
Afbouw veestapel vleeskip	100%	43,6	52,9	
Voedermaatregelen	geen gegevens beschikbaar			

5.2.3. RUNDVEESTALLEN

→ **Bijdrage van de sector en veronderstelde emissie-reducties in de scenario's**

De subsector runderen is verantwoordelijk voor 32% van de stalemissies binnen de landbouwsector, voor 23% van de emissies binnen de volledige landbouwsector en 22% van de totale NH_3-emissies. Het LP2030 voorziet geen daling ten opzichte van 2015. Een opvallende trend is de toename in het relatieve belang van stal-emissies van rundvee. Gezien er zeer weinig AEA-maatregelen genomen

worden bij runderen in tegenstelling tot bij varkens waar ook nog eens de veestapel meer krimpt, neemt het belang van runderen in de totale stal-emissies toe.

De hoeveelheid runderen is tussen 2015 en 2019 met 3,5% verminderd. Dit is wel de samenvatting van twee tegengestelde trends. Het aantal melkkoeien is in deze periode toegenomen met 7%, het aantal zoogkoeien (vleesvee) is afgenomen met 10%.

De veronderstelde reducties voor rundveestalemissies liggen iets lager in de G-scenario's (40% in G, 20% in G2, 10% in G3 en G4) in vergelijking met varkens en pluimvee, mede ingegeven door lagere rendementen van maatregelen op de PAS-lijst. In een aantal S-scenario's (S1) bedraagt de gevraagde reductie 25%. In S2 is de veronderstelde reductie 50%. In het M1-scenario is de opgelegde reductie in een specifiek deelgebied nog hoger (+/- 25% reductie van de resterende emissies in G1), waardoor ook bij melkvee in enkele scenario's afbouw-maatregelen worden toegepast omdat technische maatregelen niet volstaan.

→ **Mogelijke maatregelen**

Maatregel	Omschrijving	Veronderstelde reducties op stal-emissies
Mestschuif- of robot voor melkvee	Door frequent verwijderen van de mest en urine van de loopvloer wordt de ammoniakemissie op vloerniveau gereduceerd. Er wordt vanuit gegaan dat de mestschuif- of robot hoogfrequent wordt ingezet (minimum 10x per dag) en jaarlijks wordt onderhouden.	15%
AEA-vloer melkvee	De omzetting naar ammoniak is een proces dat zeer snel gebeurt zodat het ingrijpen op de stalvloer of op de mest die op de stalvloer komt een aanzienlijke ammoniakreductie teweegbrengt. Principes die bij deze vloeren worden toegepast zijn een snelle reiniging met mestrobot of -schuif, gecombineerd met sproeien, profilering van de vloer en/of afsluiten van roostervloer met schuiven.	25%
Luchtwassers melkvee	De ammoniakemissie naar de omgeving kan ook aangepakt worden met behulp van luchtzuiveringstechnieken. De stallucht wordt afgezogen en door een biologische of chemische luchtwasser geleid die de ammoniak er uit 'wast'. We gaan hier uit van een chemische luchtwasser in een natuurlijke geventileerde stal, waardoor ook het rendement lager ligt als bij varkens en kippen.	45%
Beweiding in groep melkvee	"Beweiden in groep" beperkt de emissie uit de stal door voor de dieren weidegang toe te passen. In een weide is de oppervlakte waarop de dieren mesten en urineren veel groter. De kans dat mest en urine op dezelfde plaats worden uitgescheiden is veel kleiner dan in een stal, waardoor er minder NH_3 gevormd wordt.	10% t.o.v. 100% op stal
Voedermaatregelen vleesvee	Bij vleesvee is nog verdere optimalisatie van ruw eiwitgehalte (RE) in het rantsoen mogelijk. Een ILVO-studie rapporteert een beduidende vermindering van	20%

	ammoniakemissie tussen rantsoen dat van 16% RE naar 11,6 % RE gaat. Dit is het resultaat van eerste proeven. Hoe toepasbaar de maatregel is in praktijk en voor welke diertypes is nog niet duidelijk.	
Langdurig beweiden vleesvee	De ammoniakemissie per dierplaats per jaar uit de stal wordt gereduceerd door de dieren gedurende een bepaalde periode van het jaar onbeperkt (24h/24h) te laten weiden. Voorwaarde is dat de stal of stalafdeling volledig vrij is van dieren en de mengmestkelder wordt geledigd.	Onbekend
Afbouw veestapel	Door een verkleining van de veestapel worden de emissies die de veestapel veroorzaakt verhoudingsgewijs gereduceerd.	100%
Luchtwassers mestkalveren	Voor vleeskalveren tot 8 maanden is enkel een chemische luchtwasser toegelaten als ammoniakemissie reducerend systeem. Deze luchtwasser moet uitgevoerd worden volgens systeem S-2 zoals beschreven in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen (ministerieel besluit van 19 maart 2004). Dit betekent dat de luchtwasser moet voldoen aan de eisen van een luchtwasser die bijvoorbeeld op een nieuwe varkensstal wordt geplaatst.	80%

* Op de PAS-lijst worden reducties aangegeven tot 30% voor beweiding in groep voor melkvee en tot 45% voor langdurig beweiden voor vleesvee, maar experten hebben hier twijfels over. Bovendien worden al vrij forse veronderstellingen gemaakt inzake het aantal beweidingsuren in de referentie-situatie waardoor het bijkomende rendement zeer twijfelachtig is.

→ **Kosten-effectiviteitsanalyse**

Voor runderen zijn de ammoniakemissiereducties op stalniveau die gehaald kunnen worden met technische en management-maatregelen binnen de huidige stand der technologie en kennis veel lager als voor varkens en pluimvee. Deze staltypes zijn meer open en laten minder goed toe om op een gecontroleerde manier emissies te reduceren of af te voeren en te zuiveren. Praktijkervaringen en bewezen rendementen van deze technologieën liggen lager dan voor de pluimvee- en varkenssector. Voor melkvee beperken de meest geciteerde PAS-maatregelen zich tot het implementeren van een mestschuif of -robot in combinatie met emissie-arme vloeren. De rendementen die hier momenteel aan gekoppeld worden situeren zich gemiddeld op ongeveer 20% en werden bepaald door expert judgement. Mestschuiven en -robotten zijn standaard praktijk voor melkvee (ook omwille van de besparing op arbeidstijd) maar de verwachtingen voor deze maatregelen zijn een hoge frequentie in gebruik en meer doorgevoerde controle en onderhoud van de machines, waardoor het effect op NH_3-emissies beter is gegarandeerd.

In Nederland worden er gevoelig hogere rendementen gehanteerd voor technische maatregelen maar deze werden bekomen op basis van metingen die in Vlaanderen onbetrouwbaar worden geacht. Ook in Nederland is het de vaststelling dat deze hogere rendementen in de praktijk niet gehaald kunnen worden, mede vanwege de delicate bedrijfsvoering van dergelijke systemen (cf. rapport CBS 2019). Luchtwassers voor rundvee bestaan en er kunnen theoretisch ook relatief hoge rendementen mee gehaald worden. Op de huidige PAS-lijst wordt eerder conservatief 45% rendement gehanteerd, mede omdat praktijkervaring in Vlaanderen nog heel beperkt is. Vraag is ook of 'gesloten stallen' voor deze sector wenselijk zijn. Ook bijkomende rendementen door voederefficiëntieverbetering en groepsbeweidingstechnieken zijn vermoedelijk beperkt voor

melkvee en hebben ook belangrijke nadelen (vb. niet combineerbaar met melkrobotten, voldoende grote huiskavel noodzakelijk).

Specifiek voor beweiding liggen de assumpties rond het aantal dagen beweiding in emissie-berekeningen zoals eerder aangegeven al vrij hoog (vermoedelijk hoger dan de huidige realiteit) waardoor de bijkomende marge t.o.v. de huidige geraamde emissies op dat vlak beperkt is. De maatregel heeft wel wat effect in de realiteit gezien de schaalvergroting van bedrijven heeft geleid tot minder beweiding. Een kostenberekening door ILVO toont aan dat opbrengsten van deze maatregel (besparing op voerkosten, loonwerk) groter zijn dan kosten (minder voeropname, verlaging productiviteit). Er zijn echter heel wat verborgen kosten en beperkingen zoals de tijdsinvestering van de landbouwer (koeien uit de weide halen bij groepsbeweiding), het voldoende beschikbaar hebben van een huiskavel en de moeilijke combineerbaarheid met melkrobotten (toch wel de standaard in melkvee intussen). Voor een aantal individuele bedrijven kan beweiding wel een oplossing zijn. Met name omwille van het beperkte rendement t.o.v. assumpties in de referentiesituatie is deze maatregel niet toegepast in de scenario's.

Voor vleesvee zijn maatregelen op de PAS-lijst nog beperkter en zijn de rendementen die verondersteld worden voor beweidingsmaatregelen vermoedelijk overschat, zeker gezien in de emissieberekeningen al een vrij groot aandeel beweiding wordt verondersteld. De reducties zoals momenteel vermeld op de PAS-lijst zijn gebaseerd op vroegere Nederlandse modelinschattingen. Omdat er aanwijzingen zijn dat de werkelijke reducties gevoelig lager zouden kunnen zijn, werd in Nederland vervolgonderzoek opgestart, met ook aandacht voor eventueel extra emissies (o.a. lachgas) op de weide. Afgaand op recent ILVO onderzoek hebben voedermaatregelen voor vleesvee wel nog een mogelijk belangrijk reductiepotentieel, maar de modaliteiten voor toepassing in de praktijk (o.a. borging) en de kosteninschatting ontbreekt nog. Berekeningen tonen aan dat opbrengsten van deze maatregel (besparing op voerkosten) hoger zijn dan kosten (verlies aan productiviteit), hetgeen leidt tot een negatieve kost-effect ratio. Omwille van het experimentele karakter en het nog onduidelijk is voor welke diertypes deze maatregel kan toegepast worden, passen we de maatregel nog niet toe in de scenario's.

De gevraagde reducties voor runderen kunnen vrij ver gaan in vergelijking met de huidige stand der technologie. We gaan dus al vrij ver moeten gaan (zeker in de S-scenario's) in technieken om emissies te reduceren. Daarnaast valt op dat het kost-effect ratio (na correcties voor zoogkoeienpremies) voor vleesvee gemiddeld toch relatief hoog is, maar dat het gemiddelde bruto saldo die de 25% minst rendabele bedrijven realiseren na correctie voor de zoogkoeienpremie (en zelfs ook zonder deze correctie) negatief is. Afbouw van deze verlieslatende activiteiten heeft dus een negatieve kost-effect ratio en zal vanuit een kosten-effectiviteitsanalyse altijd te verkiezen zijn boven het invoeren van technische maatregelen. Het is moeilijk te schatten voor hoeveel procent van de veestapel deze negatieve marges gelden (het gaat over 25-percentiel waarde van een steekproef van bedrijven). We gaan er eenvoudigheidshalve vanuit dat dit ook geldt voor 25% van de veestapel. Dit is mogelijk een overschatting gezien vermoedelijk vooral kleinere bedrijven verlieslatend zijn. Als we uitgaan van de gemiddelde bedrijfsgrootte van de bedrijven in dit 25-percentiel versus de gemiddelde bedrijfsgrootte zal dit eerder in de buurt liggen van 20% van de veestapel.

Tabel 12: Kost-effect ratio's van maatregelen rundvee-sector

Maatregel	Effect op bron	Kost-effect ratio		Toegepast in scenario:
		€/kg NH_3	€/kg N	
Mestschuif melkvee	15%	17,3	21,0	
Emissie-arme vloer melkvee	25%	13,7	16,6	G1,G2,G3,G4,S1, M1, M2, M3
Luchtwassers melkvee	45%	62,1	75,4	
Beweiden melkvee	10%	< 0	< 0	
Afbouw veestapel melkvee	100%	108,0	131,1	
Afbouw veestapel melkvee 25percentiel minst rendabele bedrijven	100%	59,8	72,6	S2, M1, M2, M3
Voedermaatregelen vleesvee	20%	< 0	< 0	
Afbouw veestapel vleesstieren	100%	68,0	82,5	
Afbouw veestapel vleesvee gesloten	100%	25,2	30,6	G1,S2, M1, M2, M3
Afbouw veestapel vleesvee gesloten 25percentiel minst rendabele bedrijven	100%	< 0	< 0	G1,G2,G3,G4,S1,S2, M1, M2, M3
Luchtwassers mestkalveren	80%	28,3	34,3	G1,G2,G3,G4,S1,S2, M2

5.2.4. RESTERENDE EMISSIEBRONNEN IN DE LANDBOUW

→ **Bijdrage van de sector en veronderstelde emissie-reducties in de scenario's**

Voorgaande paragrafen gingen enkel over niet AEA stal-emissies van de belangrijkste diertypes. Daarnaast zijn er ook stalemissies van minder omvangrijke diertypes (vb. geiten, kalkoenen). Naast stal-emissies spelen ook andere emissies bij beweiden, het uitrijden van mest, kunstmestgebruik en mestverwerking een rol.

In totaliteit gaat het over 10 kton NH_3-emissies in het LP2030 scenario, hetgeen toch een vrij belangrijke hoeveelheid is (30% van alle NH_3-emissies door landbouw).

Deze emissies worden niet gereduceerd in de G-scenario's, maar komen wel aan bod in de S-scenario's en een aantal M-scenario's waar op een uniforme manier reducties worden verondersteld voor alle emissies (ook de rest-emissies in AEA-stallen trouwens). In het S1-scenario bedraagt de gevraagde reductie 25%, in S2 is de gevraagde reductie 50%.

→ **Mogelijke maatregelen en kosten-effectiviteitsanalyse**

Voor de reductie van andere landbouw-emissies (vooral emissies tijdens het uitrijden van mest en in mindere mate emissies die vrijkomen bij beweiding en het gebruik van kunstmest) worden geen maatregelen in detail vergeleken met elkaar in de kosten-effectiviteitsanalyse.

Met name emissies die vrijkomen tijdens het uitrijden van mest hebben nog een vrij belangrijk aandeel in de totale NH_3-emissies van landbouw op dit moment. Emissies van beweiden en uitrijden mest vormen, na stalemissies, de tweede grootste bron van deposities in Vlaanderen. De veronderstellingen van het luchtbeleidsplan 2030 zijn echter al in die mate verregaand (50% van het mest wordt geïnjecteerd, 50% wordt ingewerkt binnen het uur van toediening, beide maatregelen reduceren NH_3-emissies tijdens het uitrijden met 90% volgens Departement Landbouw en Visserij, 2016), dat het technisch potentieel voor bijkomende maatregelen beperkt is. Dit betekent wel in theorie dat ofwel emissies van stalemissies iets meer zouden moeten gereduceerd worden dan de vooropgestelde reducties om de doelstellingen voor landbouw in zijn totaliteit te halen voor een aantal scenario's, ofwel de veestapel wordt afgebouwd zodat ook deze andere emissies afnemen. Een optie die gehanteerd wordt in de M-scenario's is dat in zones dichtbij stikstofgevoelige habitats of in habitatrichtlijngebieden nulbemesting de risico's op emissies maximaal beperkt.

In de analyse voor de scenario's maken we hiervoor geen specifieke kostenberekening maar geven we aan dat dit ook reducties zijn die gerealiseerd moeten worden binnen de S-scenario's maar dat hiervoor tot op heden geen kosten zijn bepaald. Ook de reductie van NOx-emissies in de landbouw komt niet specifiek aan bod in deze studie. Ook hier werden geen kosten voor becijferd.

5.3. INDUSTRIE EN ENERGIE

5.3.1. BIJDRAGE VAN DE SECTOR EN VERONDERSTELDE EMISSIE-REDUCTIES IN DE SCENARIO'S

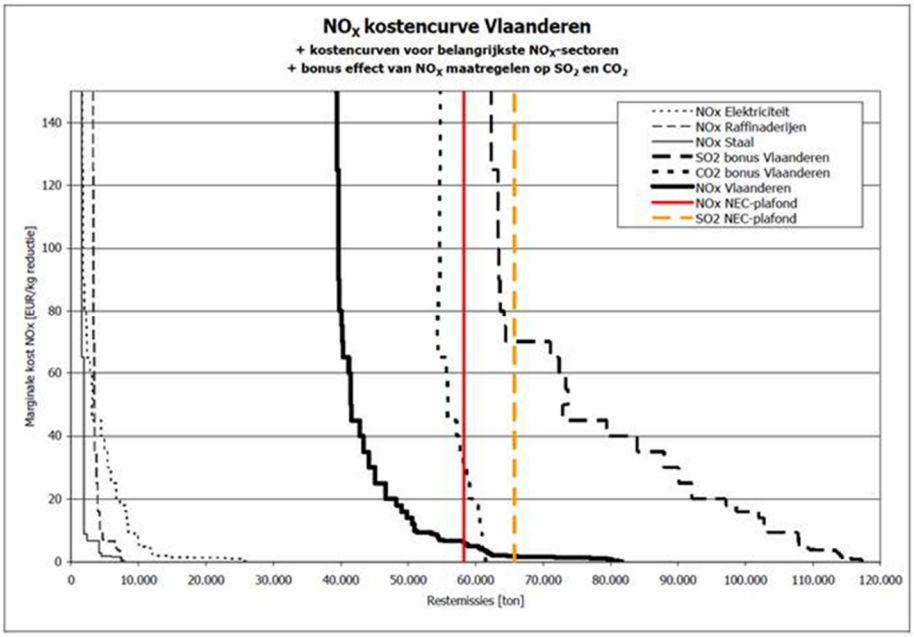
De sectoren industrie en energie zijn verantwoordelijk voor 37% van de totale resterende NOx emissies in het LP2030. Een sterke reductie van 22% is reeds voorzien in het LP2030 ten opzichte van REF2015. De verschillende scenario's gaan uit van een reductie tussen 124 (M1) en 2996 (S2) ton NOx/jaar.

5.3.2. MOGELIJKE MAATREGELEN EN KOSTEN-EFFECTIVITEITSANALYSE

Mogelijke maatregelen voor de industrie- en energiesector en de kosten-effectiviteit ervan is onderzocht door VMM.

Het Vlaamse luchtbeleid maakt sinds het eerste NEC-reductieprogramma van 2003 (https://publicaties.vlaanderen.be/view-file/1080) voor de sector industrie gebruik van kosteneffectiviteitscriteria om na te gaan of de kostprijs van emissie-reducerende maatregelen verantwoord is in relatie tot de reducties die ermee bereikt worden. De toen gehanteerde criteria werden overgenomen uit Nederlandse studies: voor NOx bedroeg de drempel 5 euro/kg NOx.

Tussen 2000 en 2005 werden in opdracht van de Vlaamse overheid een hele reeks sectorstudies uitgevoerd, waarin per industriële sector werd geïnventariseerd welke emissiereductie nog kon worden gerealiseerd aan welke kostprijs. In 2006 werd de informatie uit al deze studies samengevoegd in een intersectorale studie en een intersectorale kostencurve (zie onderstaande figuur).
(https://emis.vito.be/sites/emis/files/pages/migrated/mkm_intersectorale_afweging.pdf)
Door in die kostencurve ook de (toenmalige) reductiedoelstellingen op te nemen (NOx NEC plafond = rode verticale lijn), werd vastgesteld dat voor NOx alle maatregelen met een eenheidsreductiekost lager dan 6,6 euro/kg NOx zouden genomen moeten worden om die doelstelling te halen.



Figuur 11: Intersectorale kostencurve voor NOx uit studie "intersectorale afweging" (VITO, 2005)

De volle zwarte lijn in de figuur geeft de marginale kostencurve weer voor de reductie van NOx van de industrie. De curve start bij een emissie van ca. 82 kton en toonde aan dat het in theorie volstond om alle maatregelen met een kost lager dan 6,6 euro/kg NOx te nemen om het NOx-emissieplafond van 58 kton te respecteren. Uit de figuur blijkt duidelijk dat bij verdere reductie steeds maatregelen met een minder gunstige kost-effect ratio moeten genomen worden. De marginale kost neemt aanvankelijk geleidelijk toe, maar op een gegeven moment begint de curve exponentieel te stijgen. Vanaf dat moment is de verhouding van kosten en baten zeer ongunstig. Dit typische verloop van een kostencurve vinden we zowel sectoraal, intersectoraal als op het niveau van een bedrijf terug.

In het luchtbeleidsplan 2030 (d.d. 2018) werden deze kosteneffectieve aanpak en deze drempel overgenomen, maar werd wel rekening gehouden met de inflatie. De kosteneffectieve drempel voor NOx bedraagt in het luchtplan aldus 8,6 euro/kg NOx.

Niet alle maatregelen die als kosteneffectief worden geïdentificeerd, worden in praktijk doorgevoerd. Bedrijfsspecifieke omstandigheden maken dat sommige maatregelen technisch of economisch niet mogelijk zijn. Aan de andere kant worden in sommige gevallen andere, minder kosteneffectieve maatregelen genomen, bv. in functie van lokale luchtkwaliteitsproblemen. Vandaar dat deze drempel niet als absolute grenswaarde, maar in praktijk als richtwaarde wordt gebruikt: in sommige gevallen worden er maatregelen genomen met een hogere reductiekost dan dit vooropgestelde criterium, in andere gevallen zijn of worden maatregelen onder deze grens niet genomen.

Alleszins is er sinds het eerste NEC-reductieprogramma van 2003 systematisch naar gestreefd om zowel in VLAREM, via individuele vergunningen en via milieubeleidsovereenkomsten zoveel mogelijk maatregelen op te leggen die aan dit kosteneffectiviteitscriterium voldoen. Er kan daarom van uitgegaan worden dat het resterende reductiepotentieel van maatregelen met een eenheidsreductiekost lager dan 8,6 euro/kg NOx, beperkt is, maar dat er boven deze drempel nog wel een relevant reductiepotentieel bestaat.

De vraag stelt zich dan tot welke kosteneffectieve drempel de kosten nog in verhouding staan tot de baten. In Nederland is hier studiewerk naar verricht op basis van in praktijk doorgevoerde maatregelen.
(https://www.infomil.nl/ublish/pages/108034/eindrapportage_ke_in_de_ner_20-4-10_doc.pdf)
Op basis van deze studie wordt in Nederland bij de vergunningverlening een range van 5 tot 20 euro/kg NOx gebruikt.
(https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/lucht/digitale-ner/kosteneffectiviteit/methoden/)

Deze range is ook overgenomen in de 'Leidraad BBT op bedrijfsniveau' (VITO, 2017).
(https://emis.vito.be/nl/bbt/publicaties/bbtbref-en-andere-publicaties/leidraad-voor-het-bepalen-van-de-beste-beschikbare)

Op basis van deze range werd in het kader van PAS in 2015 nagegaan welke resterende kosteneffectieve maatregelen nog aanwezig zijn in de Vlaamse industrie. Deze maatregelen worden weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 13: Emissiereductiepotentieel en kosten-effectiviteit van bijkomende, generieke NOx-emissiereductiemaatregelen in de industrie- en energie sector, opgesteld in 2015

Maatregel	NOx-reductie (t/j) in 2030	Kostprijs	Eenheidsreductiekost (€/kg vermeden NOx)
STOOKINSTALLATIES			
Toepassing SNCR	1500	7,4 M€ (verdeeld over 300 installaties)	< 5€
Toepassing SCR	8000	133,7 M€ (verdeeld over 2000 installaties)	< 20
Voltijdse Inzet SCR op gasmotoren glastuinbouw	800	0,8 M€ / jaar	1,04
RAFFINADERIJEN			
80 % van bovenste BATAEL waarde voor alle stookinstallaties	800	Te bepalen	Te bepalen
SCR op grote puntbronnen	1000	Te bepalen	Te bepalen
IJZER EN STAAL			
~~Volledige vernieuwing cokesfabriek~~	~~1200~~	~~585 – 910 M€~~	~~> 40~~
Recuperatie koellucht op sinterfabriek 2	200	Investering 9 M€	5.7
Rookgasrecirculatie op sinterfabriek 2	280	Investering 48 M€ + jaarlijkse onderhoudskost van 5 % - jaarlijkse energiewinst van 2 M€	14
~~SCR op sinterfabriek 2~~	~~1500~~	~~Investering 93 M€ + exploitatiekost 7 - 10 M€~~	~~10 tot 20~~
~~SCR op hefbalkoven 3~~	~~100~~	~~Investering 3,6 M€ + exploitatiekost~~	~~8,8~~
CHEMIE			
Installatie nageschakelde maatregel bij specifiek bedrijf	1000	Investering 9 M€ + exploitatiekost 2,4 M€	2.3
Aanscherping normen naftrakrakers	300	Nog te bepalen	<5

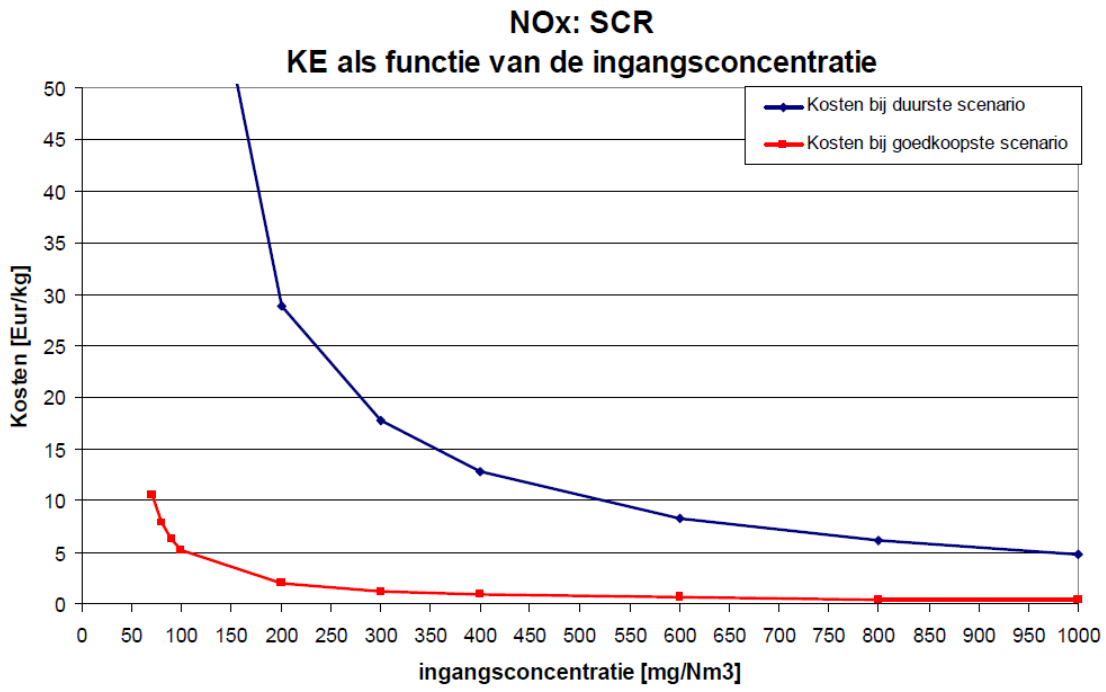
Sedert 2015 werden nog heel wat maatregelen genomen waardoor een groot deel van de maatregelen met de laagste eenheidsreductiekosten inmiddels doorgevoerd zijn of gepland zijn in het luchtbeleidsplan 2030. Zo werden bij de omzetting van de Europese MCP richtlijn (2015/2193) niet alle emissiegrenswaarden letterlijk overgenomen uit de richtlijn maar werden sommige waarden verder aangescherpt op basis van een kosteneffectieve analyse. Deze maatregelen zijn in de tabel gearceerd.

Verder bleken na dieper onderzoek een aantal maatregelen technisch te gecompliceerd, hadden ze te veel negatieve effecten (bv. hoger energieverbruik) of waren ze economisch onhaalbaar. Deze maatregelen werden in de tabel doorgehaald.

Een belangrijk potentieel zit momenteel nog in de toepassing van nageschakelde technieken, waarvan SCR (selectieve katalytische reductie) het meeste potentieel heeft. Voor nieuwe projecten wordt deze techniek meer en meer toegepast, maar ook voor bestaande installaties blijkt uit beschikbare (confidentiële) gegevens dat de **eenheidsreductiekost** zich inderdaad in de **range 5-20 euro/kg NOx** gesitueerd is.

Dit wordt ook bevestigd in de eerder vermelde Nederlandse studie waarin een kostencurve is opgenomen voor de implementatie van de techniek SCR (zie onderstaande figuur). Hieruit blijkt dat de eenheidsreductiekost van een SCR sterk verschilt en afhankelijk is van de ongesaneerde concentratie. Vandaar dat in de tabel ook met een brede range moet gewerkt worden (5 – 20 euro/kg NOx).

De eenheidsreductiekost bij een reductie van 5% zal ergens tussen de 5 en de 20 euro/kg liggen, maar eerder in de buurt van 5. Als 5% gereduceerd moeten worden over heel het grondgebied zal het volstaan om maatregelen te nemen met een ERK die een stuk kleiner is dan 20 euro/kg. Hoe hoger we de reductievereiste leggen voor specifieke bedrijven, des te minder kosten-effectief het wordt. In de tabel is aangegeven dat we met SCR 8 kton kunnen saneren tegen een kost < 20 euro/kg. Dit wil niet zeggen dat elke SCR die in de industrie geïnstalleerd wordt minder dan 20 euro/kg zal kosten. De minder kosteneffectieve SCR's met ERK > 20 euro/kg zijn niet opgenomen in het reductiepotentieel van 8 kton. Overal SCR toepassen op een beperkte set van bedrijven heeft geen garantie dat men binnen de range blijft van 5 tot 20 euro/kg NOx: sommige bronnen wel, andere niet. Ook kan het voorkomen dat een bron reeds gesaneerd is met SCR, waardoor een bijkomende maatregel nog veel hogere reductiekosten per kilogram zal vragen.



Figuur 12: Kostencurve uit de Studie "Onderzoek Kosteneffectiviteit in de NeR" (DHV, 2010)

Scenario's PAS

In de verschillende PAS scenario's die voorliggen worden verschillende strategieën voorgesteld. De S-scenario's bevatten een lokale, gebiedsgerichte sterke reductie (25 of 50%) die zich voor industrie (en energie) richten op een beperkt aantal zones rond SBZ-H, waar de sectoren industrie en energie een bijdrage van resp. 10% (S1) of 5 % (S2) leveren tot de depositie op het SBZ-H gebied. Het G4-scenario omvat een generieke beperktere reductie verspreid over de volledige sector industrie (5%). Een lokale reductie van 25% à 50%, te realiseren door een beperkt aantal (grote) bedrijven, riskeert dat maatregelen moeten genomen worden met hoge eenheidsreductiekosten. Wanneer de reductie gespreid kan worden over gans de industrie én daarbij die emissiebronnen worden gesaneerd die het meest kosteneffectieve reductiepotentieel hebben, dan zal voor eenzelfde absolute emissiereductie de totale investeringskost lager uitvallen.

In het LP2030-scenario wordt de emissie van NOx van industrie en energie ingeschat op ca. 27 kton NOx in 2030**. Een reductie van 5%** impliceert een emissiereductie van 1,35 kton. Hoewel zoals al vermeld een deel van het in 2015 geïdentificeerde kosteneffectieve reductiepotentieel intussen al is ingevuld, kan op basis van de oefening uit 2015 voor PAS toch verondersteld worden dat deze reductie, op Vlaams niveau, kosteneffectief **(< 20 euro/kg NOx, vermoedelijk binnen de in het luchtbeleidsplan opgenomen kosteneffectiviteitsdrempel van 8,6 EUR/kg NOx**) kan gerealiseerd worden. Hierbij houden we wel geen rekening met de beperktere impact op depositie.

Als evenwel in een beperkt aantal bedrijven een zeer hoge reductie moet gerealiseerd worden dan zal de eenheidsreductiekost snel zeer hoog liggen, mogelijk hoger dan bovenste waarde van de range (20 euro/kg NOx). De precieze waarde hangt af van hoeveel en welke bedrijven worden geviseerd, de reductie die ze moeten realiseren en de karakteristieken van de huidige emissiebronnen (bv. debiet en concentratie).

Omdat NOx door de industrie veelal op grote hoogte wordt uitgestoten en minder snel neerslaat dan NH_3, lijkt het i.f.v. de depositie minder zinvol om te focussen op sanering van lokale bronnen. Bij een lokale benadering zal veel minder rekening gehouden kunnen worden met het kosteneffectieve aspect en met de inspanningen die bedrijven tot hiertoe reeds gerealiseerd hebben. Zo zijn er in het Antwerpse havengebied duidelijk bedrijven die beter scoren dan andere bedrijven op vlak van NOx emissiereductie.

5.4. TRANSPORT

5.4.1. WEGVERKEER

→ **Bijdrage van de sector en veronderstelde emissie-reducties in de scenario's**

Het wegverkeer is verantwoordelijk voor 12% van de totale NOx emissies in het LP2030-scenario. Een **sterke reductie van 83% is reeds voorzien in het LP2030 ten opzichte van 2015**.

De scenario's die reducties voorzien voor deze sector zijn generiek G4 (5%) en voor specifieke gebieden S1 (25%), S2 (50%) en de 3 M-scenario's. .

→ **Maatregelen**

Gezien de maatregelen voor wegverkeer opgenomen in het Luchtbeleidsplan2030 reeds leiden tot een forse daling van de NO_x uitstoot door een afname van de voertuigkilometers van 17% t.o.v. BAU2030, vergroening van de vloot en de aanpak van emissiefraude, is het potentieel om bijkomende reducties te realiseren vermoedelijk beperkt. Er wordt immers uitgegaan van een forse vergroening van het wagenpark (meer dan halvering van het aandeel diesels en vervanging door zero emissie voertuigen (elektrisch) en CNG) tegen 2030. **Het is wel essentieel dat deze reducties ook gehaald worden om het effect op de SBZ-H's te realiseren**. De concrete implementatie van de beleidslijnen en de mate waarin deze het beoogde effect zullen hebben, is dus cruciaal. Zeker de reductie van het aantal **voertuigkilometers** is essentieel in dit verhaal en zal best nog verhoogd worden. Hier kan sterker ingezet worden op een instrumentarium om dit te verwezenlijken bijv. slimme kilometerheffing en inzetten op alternatieve vervoersmiddelen. Ook de **vergroening van het wagenpark** kan sterker gestimuleerd worden met fiscale instrumenten, stimuleren vergroening bedrijfswagens, versnelde uitrol laadinfrastructuur… De voorziene reductie zal ook enkel gehaald worden indien de reële emissies van diesels effectief dalen. Een efficiënte uitrol van de **aanpak van emissiefraude** is hierbij essentieel.

Bovenop deze reducties wordt er in de scenario's S en M de doelstelling gezet om voor een aantal wegfragmenten de NOx- emissies met 25% tot 50% bijkomend te reduceren. We hebben om dit te bereiken volgende maatregelen doorgerekend:

Maatregel	Omschrijving	Veronderstelde reducties op uitstoot wagens
Snelheidsbeperking op bepaalde fragmenten van snelwegen	Deze snelheidsbeperking kan enkel ingevoerd worden op snelwegen voor lichte voertuigen. Een maximale verlaging kan van 120 km/u naar 90 km/u. De snelheid verlagen voor andere wegtypes zou de NOx-emissies doen toenemen, tenzij op die wegen waar nog 90 km/u wordt gereden. 70 km /u heeft de laagste emissiecoëfficiënt voor NOx.	32%
Snellere vergroening wagenpark	De oude wagens worden sneller vervangen en dan nog voornamelijk door elektrische wagens. We rekenen met een extra toename van het aantal elektrische lichte voertuigen met 25%.	100%

→ **Kosteneffectiviteitsanalyse**

Snelheidsbeperkingen op bepaalde delen van snelwegen

Berekeningen van het effect van snelheidsverlagingen voor de verschillende gebieden zijn gebeurd met Fastrace, het emissie-model dat ook aan de basis ligt van de basisgegevens van emissies voor wegverkeer. De resultaten tonen aan dat een verlaging van de snelheidslimiet enkel zinvol is op snelwegen. Een daling van 70 naar 50 km/u op lokale wegen veroorzaakt eerder hogere emissies. De berekeningen geven aan dat een snelheidsverlaging op snelwegen een reductie in NOx-emissies veroorzaakt van 32%, gegeven de huidige samenstelling van het wagenpark. Recente studies op de ringen rond Antwerpen, Brussel en Gent met een microsimulatiemodel waarbij ook doorstroom kan meegenomen worden, wijzen op een lager NOx emissiereductiepercentage van maximum 15%.

Gezien ook heel wat verkeersemissies afkomstig zijn van lokale wegen is een snelheidsbeperking op snelwegen niet voldoende om het gewenste reductiepercentage voor de scenario's te realiseren. Er wordt 24 tot 63% van de gewenste reductie voor wegverkeer gerealiseerd afhankelijk van het scenario. Op de lokale wegen kan nog een reductie behaald worden indien de maximum snelheid nog 90 km/u is. Een optimalisatie van de verkeerslichtenregeling aan kruispunten kan ook zorgen voor een reductie in NOx-emissies. Met een microsimulatiemodel kan dit bepaald worden.

De maatschappelijke kosten die gepaard gaan met een snelheidsverlaging zijn de mogelijke kosten voor tijdsvertraging, de besparing voor brandstofkosten gecorrigeerd voor belastingen op brandstofkosten en het derven van taksen. Hiervoor baseren we ons op Mayeres, 2015. Andere neveneffecten zoals op ongevallen en broeikasgassen en fijn stof brengen we conform de aanpak bij andere maatregelen niet in rekening. Dit resulteert in een kost per 100 voertuigkilometer van 2,98 €. Gecombineerd met de gemiddelde emissies op snelwegen in het gebied (0,0163 kg NOx/100 vkm) zoals gemodelleerd door Fastrace en het rendement van 32%, leidt dit tot een kost-effect ratio van 571 €/kg NOx, hetgeen een zeer hoge ratio is. Het reducerend effect op emissies ligt wat lager dan in Mayeres, 2015 gezien de recentere verwachte samenstelling van het voertuigenpark (lagere emissies) en het lager aantal voertuigkilometers beoogd in het LP2030. Ook als we de neven-effecten voor ongevallen en luchtkwaliteit in rekening brengen conform de aannames in Mayeres, 2015 blijft de kost-effect ratio hoog en veel hoger dan ratio's die we bijvoorbeeld vaststellen in landbouw en industrie.

De KE-ratio is momenteel gebaseerd op kengetallen waarbij geen simulatie van de voertuigstromen is gebeurd. Een snelheidsverlaging hoeft niet noodzakelijk te leiden tot tijdsverlies, omwille van een vlottere doorstroom en meer homogeniteit van het verkeer. Dit kan voor sommige wegfragmenten de kosteneffectiviteit aanzienlijk verhogen. Hiervoor is het noodzakelijk om een microsimulatiemodel te runnen. De kostprijs voor tijdsverlies (vrijetijd) ligt hoog. Het zou kunnen dat de 15 minuten vertraging per 100 km in het verkeer misschien minder hoog worden gewaardeerd, maar hier is geen detail-analyse voor uitgevoerd.

Versnelde vergroening van het wagenpark

De andere mogelijke maatregel is de versnelde vergroening van het wagenpark. Door meer elektrische voertuigen (zero emissies) te introduceren zullen NOx-emissies per voertuigkilometer verhoudingsgewijs afnemen. De ambitie van het beleidsdomein MOW om deze legislatuur nog 30.000 laadpunten te realiseren, zal dit bijvoorbeeld aanmoedigen. Door de geleidelijke daling van de prijs van elektrische auto's wordt deze shift ook economisch interessanter. Momenteel is de "total cost of ownership" (voor gemiddeld 15000 km per jaar en na 10 jaar vervangen) in de klasse "stadswagens" en "kleine middenklasse" voor sommige merken reeds kleiner voor een elektrische wagen in vergelijking met een benzine- of dieselwagen (TCO-calculator milieuvriendelijk voertuig). Fiscaliteit speelt hierin wel een belangrijke rol. Als we hiervoor corrigeren dan zal de elektrische wagen duurder zijn. Voor een stadswagen als de Renault Twingo leidt de berekening tot een kosten-effectiviteitsratio van 74€/kg NOx. De kost-effect ratio kan uiteraard van merk tot merk sterk verschillen omdat we rekenen met een gemiddelde EF voor alle types en merken lichte voertuigen.

Om de beoogde emissiereducties in de gebiedsspecifieke scenario's S1, S2 en M1 te bereiken is het niet voldoende om enkel te focussen op lichte voertuigen. In de berekeningen haalt de maatregel om 25% extra lichte voertuigen elektrisch te laten rijden respectievelijk slechts 72%, 53% en 85% van de beoogde emissiedoelstelling. Om deze doelstellingen te bereiken zullen ook de zware voertuigen meer elektrisch of hybride moeten gaan rijden. Dit lijkt op korte termijn enkel haalbaar voor stadsdistributie.

De grote onzekerheid is echter hoe de markt van elektrische voertuigen zal evolueren. Dit maakt het op dit moment erg moeilijk om hier een kostenberekening aan te koppelen. Bovendien kadert deze versnelde vergroening in een veel breder mobiliteitsbeleid. We kunnen bezwaarlijk de mogelijke meerkost van een versnelde elektrificatie van het voertuigenpark volledig relateren aan de PAS.

5.4.2. SCHEEPVAART

→ **Bijdrage van de sector en veronderstelde emissie-reducties in de scenario's**

Het scheepvaart verkeer is verantwoordelijk voor 28% van de totale NOx emissies in het LP2030-scenario. Vooral zeescheepvaart speelt hier een belangrijke rol (25%). Een **reductie van 7% is reeds voorzien in het LP2030 ten opzichte van 2015 voor zeescheepvaart en 19% voor binnenvaart**.

De scenario's die reducties voorzien voor deze sector zijn generiek G4 (5%) en voor specifieke gebieden S1(25%), S2 (50%) en M.

In de S1 en S2 scenario's komen een aantal SBZ-H (deel)gebieden naar voor waar (lokale) emissies door scheepvaart aanzienlijk bijdragen tot de stikstofdepositie. Dit zijn o.m. gebieden nabij het Antwerpse havengebied, de haven van Zeebrugge (uitstoot door zeescheepvaart) en enkele segmenten van het Albertkanaal (uitstoot door binnenvaart).

Mogelijke maatregelen gaan dan ook specifiek in op het reduceren van emissies door zeescheepvaart in het havengebied en binnenvaart.

Maatregel	Omschrijving	Veronderstelde reducties op uitstoot bron
Walstroom zeevaart in havengebieden	Als een schip voor de wal ligt kan het ook gebruik maken van elektriciteit die door een walaansluiting wordt geleverd, in plaats van zelf aan boord de elektriciteit op te wekken. Er wordt dan van walstroom gesproken. De walstroom wordt door een elektriciteitscentrale opgewekt en via het reguliere elektriciteitsnet aan de schepen geleverd.	40%*
Versnelde vergroening binnenvaart	Versnelde invoering van fase V-motoren. Fase V is al een verplichting bij nieuwe motoren. Eerste motoren fase V zijn sinds begin 2021 op de markt. Onder meer door de Green Deal Continue On-Board Analyse en Diagnose emissies binnenvaart (COBALD) zal het in de toekomst mogelijk zijn dat er met een bestaande verbrandingsmotor, door de binnenvaartondernemer zelf, kan voldaan worden aan de Stage V emissie-eisen. De binnenvaartondernemer past op zijn bestaande motor een of meerdere technieken toe die een emissiebeperkend effect hebben. Voor NOx gaat het vnl. over de installatie van een SCR katalysator en roetfilter.	80%**

**Dit % is gebaseerd op uitrustingscapaciteit van de containerschepen in 2030. Reductie% van walstroom gebruik is 90%*

*** effectieve reductie% van Fase V motor t.o.v. van CCR-II motor zonder rekening te houden met de uitrustingscapaciteit.*

→ **Maatregelen zeevaart**

Aangezien de NOx-uitstoot door zeeschepen in havengebieden rond de 64% afkomstig is van het draaien van de scheepmotoren tijdens het aangemeerd liggen (bron: Haven van Antwerpen, EISS-model), zit het belangrijkste reductiepotentieel in de versnelde uitbouw van walstroom voor zeeschepen in de zeehavens van Antwerpen en Zeebrugge. Tijdens hun verblijf in de haven wekken op dit moment schepen met behulp van boordgeneratoren hun eigen elektriciteit op. Als een schip aan wal ligt, kan het ook gebruik maken van elektriciteit die door een walaansluiting wordt geleverd, in plaats van zelf aan boord de elektriciteit op te wekken. Er wordt dan van walstroom gesproken. Walstroom wordt door een elektriciteitscentrale opgewekt en via het reguliere elektriciteitsnet aan de schepen geleverd. De **lokale lig- emissies** in de havengebieden ten gevolge van de boordgeneratoren worden dus **quasi volledig gereduceerd (**90% omwille van het aan- en afkoppelen**)**. Voor sommige scheepstypes blijken ook de boileremissies (bijv. tanksegment) significant te zijn. Deze worden door Wallstroom niet gereduceerd. Door het toepassen van walstroom krijgen we een gedeeltelijke verschuiving van de emissies van de haven naar de elektriciteitscentrales tenzij energie wordt opgewekt zonder dat er NOx-emissies geproduceerd worden, waar we hier vanuit gaan.

Om van walstroom gebruik te kunnen maken, moeten schepen een aansluiting maken op hiervoor speciaal ingerichte aansluitingskasten die op de kade zijn geplaatst. Er zijn wel wat **technische barrières** om walstroom voor zeevaart uit te rollen, waardoor moeilijk kan ingeschat worden in welke mate en binnen welke termijn er kan overgeschakeld worden naar walstroom. De ervaring met walstroom voor zeevaart is in Vlaanderen nog onbestaande. Belangrijk is enerzijds dat de walstroompunten gebouwd worden. Het gaat over punten waar hoge verbruiken mogelijk moeten zijn. Het verbruik van een containerschip is equivalent aan 4000 tot 8000 huishoudens (OFGEM, 2020) waardoor mogelijk een aanpassing nodig is van het lokale elektriciteitsnet. Anderzijds moeten de schepen zelf ook uitgerust zijn met de mogelijkheid om gebruik te maken van walstroom en dit is tot op heden niet het geval voor een groot aantal scheeptypes. Containerschepen zijn relatief nog het meest uitgerust (20% kleine containerschepen tot 74% van de mega-carriers). RORO en stukgoed nauwelijks (respectievelijk 0% en 8% in de Haven van Antwerpen).

Er zijn weinig gegevens ter onze beschikking om de kosteneffectiviteit van walstroom voor zeevaart te berekenen. Wel heeft de haven van Zeebrugge een haalbaarheidsstudie (Ingenium, 2013) laten uitvoeren. De vereiste investeringskosten en terugverdientijd zijn volgens deze studie dermate hoog dat investering in walstroom over de hele haven van Zeebrugge weinig haalbaar lijkt. Een belangrijke reden hiervoor is zoals aangehaald dat veel schepen op dit moment niet zijn uitgerust om van walstroom gebruik te maken, waardoor ofwel het gebruik beperkt is, ofwel ook deze investeringen de kosten sterk doet oplopen. Als enkel die terminals geselecteerd worden waar een klein aantal schepen een groot aantal dagen per jaar aan de kade liggen, dan wordt de rendabiliteit sterk verbeterd. Dit wordt veroorzaakt doordat met name de totale benodigde investeringskost aan boord van de schepen sterk gereduceerd wordt. De walstroominstallaties worden immers gebruikt door een kleiner aantal schepen, die dan gericht kunnen aangepast worden om van walstroom gebruik te kunnen maken. **Dit betekent dat met name short-sea shipping terminals aangewezen locaties zijn voor het toepassen van walstroom. Daarnaast zijn ook de terminals waar weinig tot geen investeringen nodig zijn aan scheepszijde steeds interessant**. Dit zijn de terminals waar laagspanning gebruikt kan worden aan scheepszijde, of waar schepen toekomen die reeds uitgerust zijn voor walstroom. Door dit te doen wordt een reductie ingeschat van 280,16 ton NOx per jaar.

Ook de haven van Antwerpen bekijkt de mogelijkheden. In het kader van deze studie hebben ze een snelle doorrekening gedaan voor hun containerterminals op basis van de huidige gegevens, berekeningswijzen en technieken. Deze getallen zijn echter omgeven met een grote onzekerheid en

verder onderzoek is nodig om deze terdege te onderbouwen vooraleer op basis hiervan beslissingen worden genomen.

Langs kostzijde rekenen ze enkel met de kosten voor de infrastructuur op de kade. Het geschatte reductiepotentieel van de ligemissies van een containerschip wordt geschat op 90% (10% verlies omwille van aan- en afkoppeling). Bij andere segmenten kan dit lager liggen indien het aandeel boileremissies daar hoger is. Dit reductie% is gecorrigeerd voor het aantal uitgeruste schepen. De verwachting is dat dit jaar na jaar gaat toenemen. Dit kan eventueel versneld worden door een 'Public Push'. De berekening gebeurde enkel voor de containerterminals omwille van de relatief hoge uitrustingsgraad.

In het kader van het "Complex project realisatie extra containerbehandelingscapaciteit in het havengebied Antwerpen" werd door VITO een inschatting gemaakt van o.a. de NOx—emissies (naast andere stoffen) voor de containerschepen, zowel voor de huidige toestand (2019) als voor de toestand 2030. Om deze emissies in te schatten werd gebruik gemaakt van het EISS-model, waarbij op basis van de geregistreerde vaar-, manoeuvreer- en liggegevens (APICS), de emissies per schip en per fase berekend worden aan de hand van state-of-the-art modellen. Voor 2030 werd een prognose gemaakt van de samenstelling van de containervloot in 2030, alsook de toekomstige leeftijdsverdeling van de vloot. Op deze manier wordt in het scenario 2030 rekening gehouden met een schaalvergroting en een vergroening (o.a. door de invoering van de NECA-zone sinds 1/1/2021).

Het effect van walstroom werd voor de huidige toestand ingeschat op basis van de gegevens inzake walstroom-aansluitingen voor de reële containervloot. Voor 2030 gebeurt de inschatting op basis van de uitgangspunten die binnen het lopende MER-onderzoek van CP ECA gehanteerd worden. Hierbij wordt expliciet onderscheid gemaakt tussen de containerschepen kleiner dan 10000 TEU, groter dan 16000 TEU en deze tussen 10000 en 16000 TEU.

Voor de toestand in 2019 werden er 4184 verblijven van containerschepen geregistreerd met een totale lig-emissie van 1598 ton NOx, voor de 4 beschouwde terminals. Volgende reductiepercentages worden door de Haven van Antwerpen gehanteerd in de nota:

	0-10000 TEU	*10000-16000 TEU*	*> 16000 TEU*
Reductie ligemissie [%]	17%	54%	58%

Voor de prognose 2030 worden 5 terminals beschouwd met 5196 verblijven en totale lig-emissies van 1862 ton NOx. Volgende reductiepercentages op basis van uitrustingsgraad worden gehanteerd:

	0-10000 TEU	*10000-16000 TEU*	*> 16000 TEU*
Reductie ligemissie [%]	18%	47%	67%

Voor de huidige toestand (2019) wordt de kosten-effectiviteit geschat op ca. 10 €/kg NOx voor het uitrusten van de terminal met het meest potentieel en tot meer dan 80 €/kg NOx voor de terminal met minste potentieel. Deze laatste is een terminal waar momenteel voornamelijk containerschepen van het kleinere segment worden ontvangen, waardoor de potentiële reductie door walstroom zeer beperkt blijft en aanleiding geeft tot de hoge kosten-effectiviteit. Voor de verschillende terminals met containerbehandeling samen bedraagt de kosteneffectiviteit van walstroom als reducerende maatregel voor stikstof-emissie globaal 13,0 – 17,0 €/kg NOx voor de huidige toestand.

Voor de toekomstige prognose (2030) wordt de kosten-effectiviteit gunstiger door een hogere uitrustingsgraad van de schepen en wordt geschat op tussen 8 à 12 €/kg NOx voor de meest gunstige situatie en 19 – 222 €/kg NOx voor minst gunstige situatie. Het kleinere verschil tussen de ranges heeft te maken met een betere mix van de vloot die in de terminal toekomt. Voor de verschillende terminals met containerbehandeling bedraagt de kosteneffectiviteit van walstroom als reducerende maatregel voor stikstof-emissie globaal 13 à 15 €/kg NOx voor de prognose 2030. Deze range is gebruikt in de berekeningen.

In het ideale scenario dat alle containerschepen uitgerust zijn met walstroomvoorzieningen en deze ook gebruikt worden kan de emissiereductie in 2030 oplopen tot 1676 ton NOx. Dit zorgt voor een gemiddelde KE-ratio van 6 à 7 €/kg NOx.

De grootste kost in de uitbouw van walstroom is de ombouw van de schepen zelf (niet meegenomen in berekeningen Haven van Antwerpen, wel in de haalbaarheidsstudie haven van Zeebrugge). Aangezien nieuwe schepen steeds vaker voorzien worden van walstroom zal in de toekomst de kosteneffectiviteit van walstroom stijgen (reductiepotentieel zoals voorzien in de berekeningen van HvA zal toenemen). Zeker als er vanuit Europees beleid of internationaal (IMO) een sterke stimulans is om gebruik te maken van walstroom.

Momenteel zou het **mogelijk economisch haalbaar** zijn **voor short sea-shipping terminals (Ingenium, 2013)** , **voor RORO schepen (ondanks de lage uitrustingsgraad) en voor mega-container carriers mits publieke steun** (bijv. ecologiepremie**,** wegvallen van energietaksen op elektriciteit gebruikt voor walstroom**)**. Voor andere terminals lijkt het vandaag niet rendabel te zijn. Economisch haalbaar in deze context betekent dat het niet duurder uitvalt voor zeeschepen om met walstroom te werken, dan met boord-generatoren. De invloed van brandstofprijzen op deze rendabiliteit is uiteraard groot. De verwachting is dat brandstofprijzen voor zeevaart gaan toenemen.

Ook hier geldt weer dat de maatregel kadert in een veel breder beleid en bezwaarlijk alle kosten kunnen worden toegerekend aan PAS.

→ **Maatregelen binnenvaart**

De uitstoot van varende schepen op het Albertkanaal verminderen, is helemaal niet evident. Mogelijk ingrijpen in de intensiteit (aantal varende schepen) druist compleet in tegen het Vlaams mobiliteitsbeleid die het goederentransport over de weg wil beperken ten voordele van de binnenvaart en het spoor. Er kan wel gedacht worden aan het versneld vernieuwen van de (Belgische) vloot. Zo dateert vandaag 49% van de droge ladingsschepen van voor 1970, 9% zelfs van voor 1950 (bron: https://www.itb-observatorium.be/nl/page_belgische-binnenvaartvloot_14.aspx).

De Europese verordening 2016/1628 is van kracht voor de zogenoemde 'Non Road Mobile Machinery' (NRMM) of niet voor de weg bestemde motoren, waaronder scheepsmotoren. Deze verordening betekent dat vanaf 2019-2020 nieuwe hoofd- en hulpmotoren moeten voldoen aan de fase V-emissienormen. De normen voor NOx liggen in dat geval 85% lager.

In het luchtbeleidsplan 2030 wordt verondersteld dat 13% van de schepen in 2030 gaat uitgerust zijn met een stage V motor. 85% gaat beschikken over een CCR-II. NOx-emissies van een dergelijke Stage V motor liggen 70 tot 84% lager dan een CCR-II.

De eerste fase V motoren voor binnenvaart kwamen begin 2021 op de markt. Onder meer door de Green Deal Continue On-Board Analyse en Diagnose emissies binnenvaart (COBALD) zal het in de toekomst mogelijk zijn dat er met een bestaande verbrandingsmotor, door de binnenvaartondernemer zelf kan voldaan worden aan de Stage V emissie-eisen. De binnenvaartondernemer past op zijn bestaande motor een of meerdere technieken toe die een emissiebeperkend effect hebben zoals de installatie van een SCR katalysator en roetfilter. Dat vraagt bij de aankoop van een nieuwe motor (of ombouwen van een bestaande motor) een extra investering van 30% tot 50%. Die wordt door het planbureau in Nederland geschat tussen 90.000€ en 250.000€ per schip met een gemiddelde van 170.000€ per schip. Bij retrofit zullen ook de operationele kosten stijgen door bijkomend onderhoud en verbruik van bijvoorbeeld het ureum voor de katalysator met een 9300€ per schip. Als we een gemiddelde tonkm per schip veronderstellen (zeer ruwe aanname op basis van Europese vloot en tonkm afgelegd in 2016-2017) dan is de kost-effect ratio 12€ per kg NOx. Dit valt in de lijn van de maatregelen voor landbouw en industrie.

Om aan de emissie-reductiedoelstellingen van de gebiedspecifieke scenario's te voldoen moet respectievelijk 40% (S, S1) tot 70% (S2) van de schepen uitgerust zijn met een Fase V motor of gelijkgesteld door retrofit. Jaarlijks wordt bij grofweg 2% van de schepen de motor vervangen. Bij nog eens 5% wordt de motor gereviseerd (PBL, 2020) Bij motorrevisie blijft de bestaande motor in het schip en blijft die voldoen aan de normen die golden toen die motor werd ingebouwd. Doordat motoren gereviseerd kunnen worden, kunnen scheepsmotoren lang meegaan (30 tot 40 jaar is geen uitzondering). Dat maakt dat toename van Stage-V motoren in de vloot langzaam verloopt in vergelijking met bijvoorbeeld het vrachtautopark. Vanwege de complexiteit en onderhoudskosten van Stage-V motoren, kan een eigenaar er ook voor kiezen om een vervanging naar een Stage-V motor uit te stellen en een extra motorrevisie te doen. De NOx-uitstoot van de binnenvaart daalt dan ook relatief langzaam zonder bijkomende maatregelen. Extra en hogere steunmaatregelen zullen nodig zijn om deze versnelling te realiseren.

Ook in de binnenvaart wordt ingezet op walstroom (LP2030). Momenteel kunnen de Vlaamse binnenvaartondernemers reeds een beroep doen op 473 oplaadpunten. Tegen 2020 zullen er 513 oplaadpunten zijn en tegen 2025 nog 82 extra punten. We hebben deze maatregel niet meegenomen omdat hiernaar als maatregel reeds wordt verwezen in het LP2030.

Ook hier geldt dat deze versnelde vergroening kadert in een veel breder beleid. We kunnen bezwaarlijk de mogelijke meerkost van een versnelde vergroening van de binnenvaart volledig relateren aan de PAS.

Onderstaande tabel geeft weer welke kost-effect ratio's zijn gehanteerd in de verschillende scenario's voor scheepvaart. Gezien er zowel voor zeevaart als binnenvaart 1 maatregel is opgenomen passen we dezelfde kost-effect ratio's toe in alle scenario's waarvoor reducties in de NOx-emissies verondersteld worden bij scheepvaart.

Tabel 14: Kost-effect ratio's van maatregelen scheepvaart

Maatregel	Effect op bron	Kost-effect ratio		Toegepast in scenario:
		€/kg NOx	€/kg N	
Walstroom zeevaart	40%	15,6	51,1	G4, S1, S2, M1, M2, M3
Vergroening binnenvaart	80%	12,1	39,9	G4, S1, S2, M1, M2, M3

HOOFDSTUK 6. VERGELIJKING KOSTEN VAN DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S

6.1. UITGANGSPUNTEN

Voor de berekening van de jaarlijkse kosten per scenario en de vergelijking ervan, baseren we ons enerzijds op de verwachte reducties in de scenario's per subsector, het reductie-potentieel van de maatregel (reducerend effect en belang van de bron waar de maatregel op wordt toegepast) en anderzijds de kost-effect ratio's. In functie van de mate waarin maatregelen ingezet kunnen worden en hun kosten-effectiviteit (de meest kosten-effectieve maatregelen worden eerst maximaal ingezet), berekenen we een gemiddelde kost-effect ratio per subsector per scenario. Vervolgens combineren we dit met de totale emissiereducties per subsector om tot een totale jaarlijkse kost te komen.

De selectie van maatregelen is ingegeven door kosten-effectiviteit en maken het mogelijk om een grootte-orde te geven van jaarlijkse kosten (niet te verwarren met lasten en uitgaven). Belangrijk is ook dat bekeken wordt en welke mate kost-effect ratio's toenemen naarmate er verdergaand gereduceerd wordt op dezelfde bronnen, omdat dit met name het verschil is tussen generieke en specifieke scenario's.

Voor de bepaling van de kosten per scenario maken we een aantal belangrijke assumpties die een invloed hebben op de resultaten:

- Industrie: we gaan er vanuit dat 5% reductie (zoals vastgelegd in het G4-scenario) gerealiseerd kan worden aan 5€/kg NOx en dat 25% of meer (zoals vastgelegd in de S-scenario's) enkel kan gerealiseerd worden aan 20€/kg NOx gemiddeld.
- Negatieve kost-effect ratio's: we stellen vast dat de kost-effect ratio's voor een aantal maatregelen lager liggen dan 0 (o.a. omwille van negatieve toegevoegde waardes in een aantal subsectoren in de landbouw). Voor de kosten-effectiviteitsanalyse stellen we de kost gelijk aan 0€/kg om duidelijk te maken dat deze opbrengsten niet andere kosten compenseren.
- We gaan er vanuit dat een algemene reductie op stalemissies kan gerealiseerd worden door verder gaande maatregelen op niet AEA-stallen i.p.v. het aanpassen van bestaande AEA-stallen. Dit is in principe al een soort van kosten-effectiviteit.
- Voor heel wat reducties zoals in transport en niet stalemissies in landbouw hebben we geen specifieke kosten berekend door een gebrek aan gegevens over geschikte maatregelen. Dit is belangrijk om in het achterhoofd te houden bij de interpretatie van de resultaten.

6.2. VERGELIJKING VAN JAARLIJKSE KOSTEN VAN DE SCENARIO'S

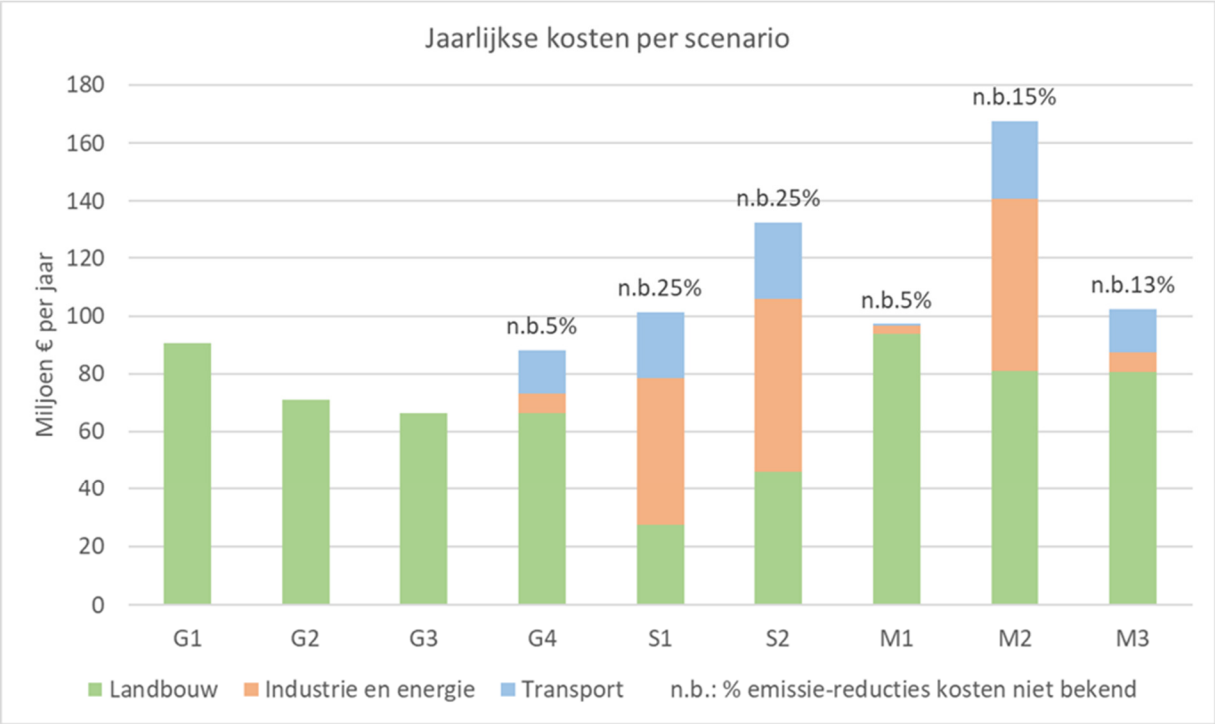
De kosten-effectiviteit van scenario's wordt bepaald door twee grote principes die wat tegenstrijdig werken t.o.v. elkaar. Enerzijds zullen er in totaliteit minder emissies moeten reduceren naarmate er meer locatie-gericht in gebieden dichter bij de SBZ-H gebieden meer wordt gereduceerd, wat pleit voor de S-scenario's. Anderzijds verbetert de kosten-effectiviteit van maatregelen (of moeten er minder kosten gemaakt worden om dezelfde hoeveelheid emissies te reduceren) naarmate er meer vrijheidsgraden zijn. Hoe specifieker en hoger de reducties zijn die opgelegd worden aan specifieke subsectoren of zelfs specifieke bedrijven, des te minder vrijheidsgraden er zijn, en des te groter de kans is dat de kost die gemaakt wordt per kg reductie hoger ligt. Dit pleit eerder voor de G-scenario's. Ook voor landbouw geldt deze bedenking. Naarmate we meer per subsector specifieke doelen gaan

opleggen en ook in specifieke gebieden, kunnen kosten in verhouding tot het effect oplopen en worden we ook geconfronteerd met beperkingen in technologische en management-gerichte maatregelen. Gegeven deze twee tegenstrijdige effecten is het moeilijk bij voorbaat uit te maken welke scenario's het minste kosten en ligt de kostenraming op basis van kengetallen voor de verschillende scenario's bij elkaar in de buurt.

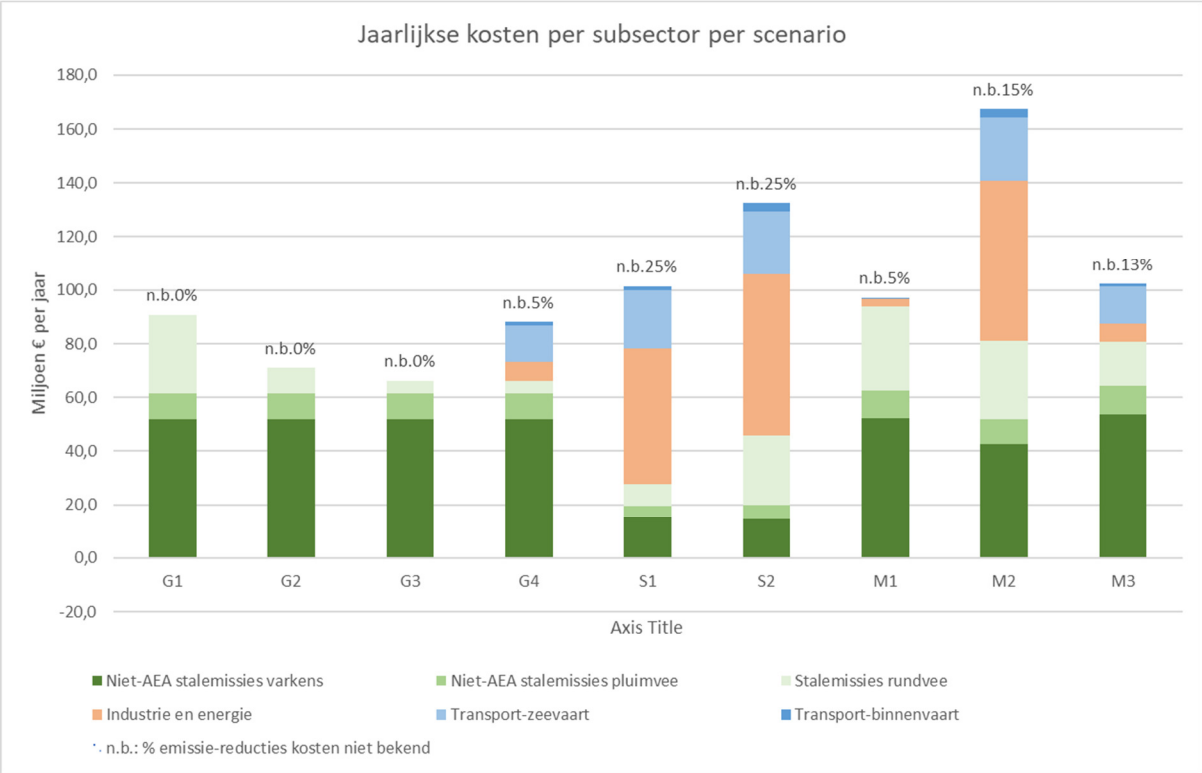
In de resultaten in onderstaande grafiek zien we dat de bijkomende kost voor industrie en scheepvaart in de S-scenario's de lagere kost van landbouw ruimschoots compenseert in deze scenario's t.o.v. de G-scenario's, omdat de gehanteerde kost-effect ratio (uitgedrukt in €/kg N) hoger ligt in deze sectoren dan in landbouw. S1 en S2 zijn relatief duur in verhouding tot de lage hoeveelheid reducties die wordt gerealiseerd door de hogere eenheidskosten voor industrie en scheepvaart. Ook voor landbouw ligt in sommige subsectoren de eenheidskost hoger bij S2 (50% reducties zijn niet overal realiseerbaar, bovendien is het niet duidelijk hoe alle landbouwemissies zoals emissies bij uitrijden en stalemissies van bestaande AEA-stallen in dergelijke mate nog bijkomend gerealiseerd kunnen worden.) Het generieke G1-scenario valt duurder uit dan G2 en G3 omdat er meer gereduceerd wordt. G4 is weer wat duurder dan G2 en G3 omwille van de bijkomende NOx-reducties. G4 en S1 liggen ongeveer bij elkaar in de buurt (assumpties rond hogere eenheidskosten industrie zijn in deze belangrijk), met dit verschil dat de hoeveelheid emissies waarvoor geen kosten berekend zijn in scenario S1 groter is.

Belangrijke factoren in de emissie-reducties waarvoor geen kosten zijn berekend is wegtransport en de niet-stalemissies in de landbouw. Voor wegtransport kan een versnelde vergroening van de vloot wel bijdragen aan de doelstellingen maar op dit moment is een kostenraming hiervoor maken zeer moeilijk. Na correcties voor taksen en subsidies is de cost of ownership voor een elektrische wagen nog altijd veel hoger, maar vermoedelijk zal dit sterk evolueren het komend decennium. Een snelheidsverlaging op autosnelwegen is weinig kosten-effectief en draagt maar beperkt bij in het realiseren van de doelstellingen voor transport in de S-scenario's. Belangrijk is dan ook de versnelde vergroening van de voertuigvloot en/of vermindering van de voertuigkilometers door bijvoorbeeld maatregelen als rekening rijden, zijn absoluut noodzakelijk om gestelde doelen voor transport binnen de S-scenario's te realiseren. Ook niet onbelangrijk is dat er al forse reducties verondersteld worden voor wegtransport in het luchtbeleidsplan, waarvan het nog zeer onzeker is of die reducties gerealiseerd kunnen worden.

Wat de M-scenario's betreft valt vooral de hoge kost van het M2-scenario op. Dit scenario vertrekt van het relatief dure S2-scenario en legt hier nog een vrij forse bijkomende reductie op in de landbouwsector, waardoor totale reducties voor landbouw in de buurt komen van het G1-scenario. In die zin is deze bijkomende reductie geen echt maatwerk te noemen. Voor het M1-scenario ligt dit anders. De bijkomende kost t.o.v. het G1-scenario is relatief beperkt omdat maar in een beperkt gebied bijkomende reducties worden verondersteld. Het M3-scenario tenslotte is wat een combinatie tussen G2 voor landbouw en G4 voor andere sectoren, met beperkt wat bijkomend maatwerk, hetgeen zich ook reflecteert in de kosten.



Figuur 13: Jaarlijkse kosten per scenario per sector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn



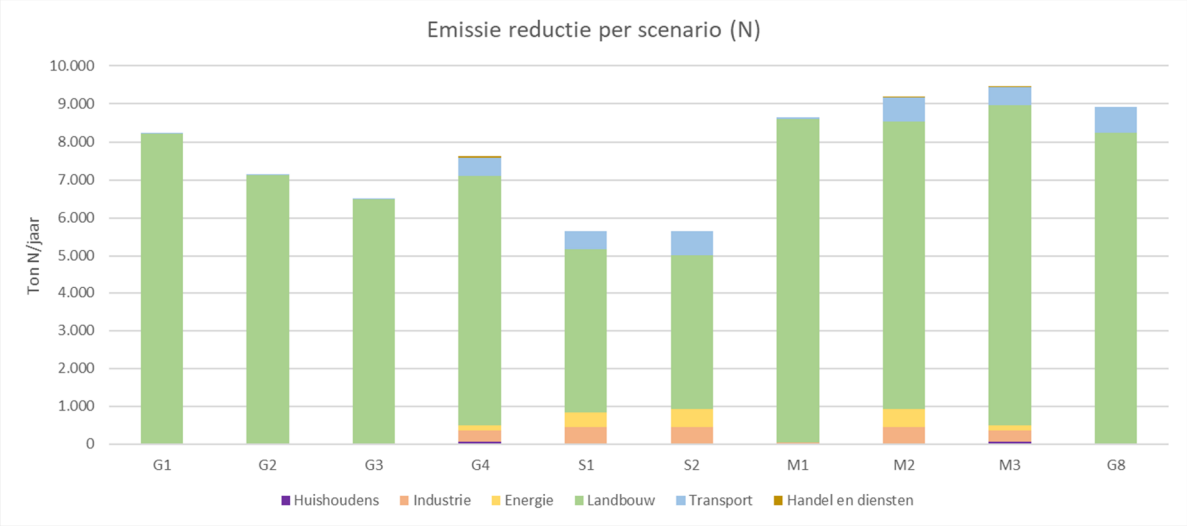
Figuur 14: Jaarlijkse kosten per scenario per subsector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn

HOOFDSTUK 7. SAMENGESTELD SCENARIO G8

7.1. EMISSIE-REDUCTIES

Op basis van de inzichten verkregen uit alle voorgaande scenario-berekeningen, besliste de Vlaamse Regering op 15 oktober 2021 om een emissiereductiescenario te laten doorrekenen met volgende generieke emissiereducties:

1. Luchtbeleidsplan 2030
2. Alle piekbelasters (= veeteeltbedrijven, mestverwerkers, industriële puntbronnen, enz. met impactscore >50% in referentiejaar 2015) stoppen: emissiereductie 100% tegen 2030
• Industrie: geen installaties gevat (toestand 2015)
• Landbouw: 58 veehouderijen en 2 mestverwerkers gevat (toestand 2015)
3. Varkens en pluimvee: emissiereductie van 60% in alle niet-AEA stallen tegen 2030 (bovenop generieke emissiereductie van ca. 10% tegen 2030 uit Luchtbeleidsplan)
4. Rundvee
• Vleesvee: emissiereductie van 15 % tegen 2030
• Melkvee: emissiereductie van 15 % tegen 2030
• Mestkalveren: emissiereductie van 20 % tegen 2030
5. In SBZ-H geldt daadwerkelijke nulbemesting (max. 2 GVE) in alle groene bestemmingen
6. De emissies van mestverwerkingsinstallaties met de grootste impactscore worden gereduceerd met 30% (18 van de 118 mestverwerkers gevat)
7. Wegverkeer: hogere inschatting afname NOx-uitstoot door wegverkeer binnen het luchtbeleidsplan (–2,2 kton NOx in 2030)
In aansluiting op de naamgeving van de reeds eerder doorgerekende emissiereductiescenario's, wordt dit emissiereductiescenario verder 'G8' genoemd.



Figuur 15: Reductie N-totaal G8-scenario en andere scenario's ten opzichte van LP2030

7.2. TOEGEPASTE STIKSTOF-REDUCERENDE MAATREGELEN IN SCENARIO

Onderstaande tabel vat samen welke emissie-reducties verondersteld worden in scenario G8 en welke maatregelen hiervoor nodig zijn om deze reducties te realiseren.

Voor varkens gaan we er vanuit dat de 25-percentiel minst rendabele bedrijven worden afgebouwd. Dit is iets kosteneffectiever dan het versneld verbouwen van stallen en installeren van luchtwassers. Het merendeel van de reductie bij niet AEA-varkensstallen wordt gerealiseerd door luchtwassers.

Voor pluimvee gaan we er vanuit dat reducties worden gerealiseerd door het versneld verbouwen van stallen tot AEA-stal (verondersteld effect van 50%). Deels worden deze stallen ook uitgerust met luchtwassers. Luchtwassers (chemisch of biologisch) zijn technieken die een hoger rendement halen dan standaard AEA stallen. In praktijk wordt in tegenstelling tot bij varkens de techniek nog nauwelijks toegepast voor kippen. In Nederland gebeurt de toepassing al wel frequenter.

Voor runderen liggen de veronderstelde emissie-reducties voor stallen relatief laag. Emissie-arme vloersystemen in combinatie met mestschuiven volstaan voor een deel van de stallen om deze reducties te realiseren. Voor vleesvee gaan we er vanuit dat enkel een afbouw van de 25-percentiel minst rendabele bedrijven haalbaar is als maatregel. Voor mestkalveren zijn stalsystemen meer gesloten en gaan we er vanuit dat het deels verbouwen van stallen met luchtwasser-systemen volstaat.

Om de emissiereducties te realiseren bij mestverwerkingsinstallaties zijn kosten niet bekend. Dit is ook een relatief klein aandeel in de totale emissiereducties. Ook voor de bijkomende nulbemesting zijn geen bijkomende kosten bekend.

Tabel 15: Veronderstelde emissie-reducties in scenario G8 en toegepaste maatregelen per subsector

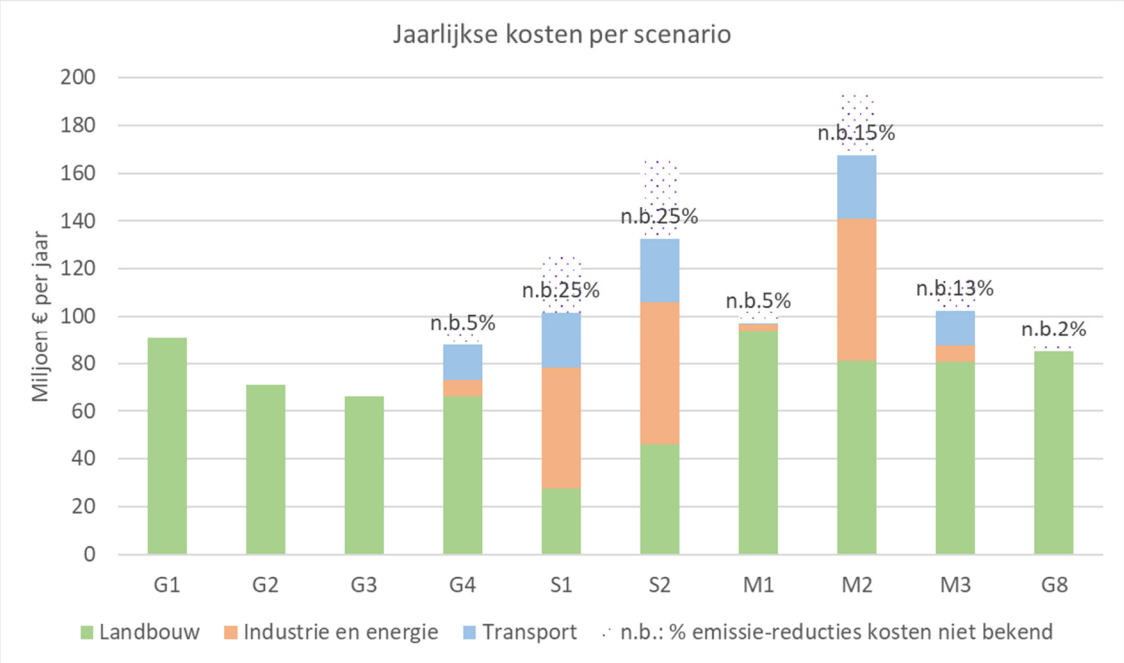
Subsector	***Veronderstelde reductie t.o.v. luchtbeleidsplan 2030***	***Maatregelen toegepast in scenario G8***
Varkens – niet AEA stallen	NH3: 6,9 kton NOx: 0 kton Totaal N: 5,6 kton	Afbouw 25p-minst rendabele bedrijven, luchtwassers
Pluimvee – niet AEA stallen	NH3: 1,7 kton NOx: 0 kton Totaal N: 1,4 kton	Versnelde implementatie AEA-stallen, luchtwassers (beperkt)
Runderen	NH3: 1,2 kton NOx: 0 kton Totaal N: 1,0 kton	Afbouw 25p minst rendabele vleesveebedrijven, emissie-arme vloeren melkvee, luchtwassers bij mestkalveren
Andere reducties (nulbemesting in SBZ-H en reductie emissies mestverwerkers)	NH3: 0,3 kton NOx: 0 kton Totaal N: 0,2 kton	Niet bekend
Transport	NH3: 0 kton NOx: 2,2 kton Totaal N: 0,7 kton	Hogere effectiviteit maatregelen wegtransport luchtbeleidsplan dan oorspronkelijk geraamd
Industrie en energie	NH3: 0 kton NOx: 0 kton Totaal N: 0 kton	Geen maatregelen vereist
Totaal	NH3: 10,0 kton NOx: 2,2 kton Totaal N: 8,9 kton	

Naast emissiereducties bij landbouw worden ook voor transport nog vrij forse emissiereducties verondersteld en dan met name voor wegverkeer. In de nieuwe emissie-berekeningen van het luchtbeleidsplan (die qua beleid ongewijzigd zijn t.o.v. de oude berekeningen) merken we dat de te verwachten emissie-reducties tussen nu en 2030 door de wegtransport-maatregelen in het luchtbeleidsplan groter zijn dan oorspronkelijk geraamd door een verscheidenheid aan verschillende aspecten. De belangrijkste hiervan zijn een snellere verschuiving van oude naar nieuwere auto's en lager ingeschatte emissiefactoren voor nieuwere voertuigen. Deze bijkomende reductie vergt dus ook geen bijkomende kosten t.o.v. de implementatie van het luchtbeleidsplan.

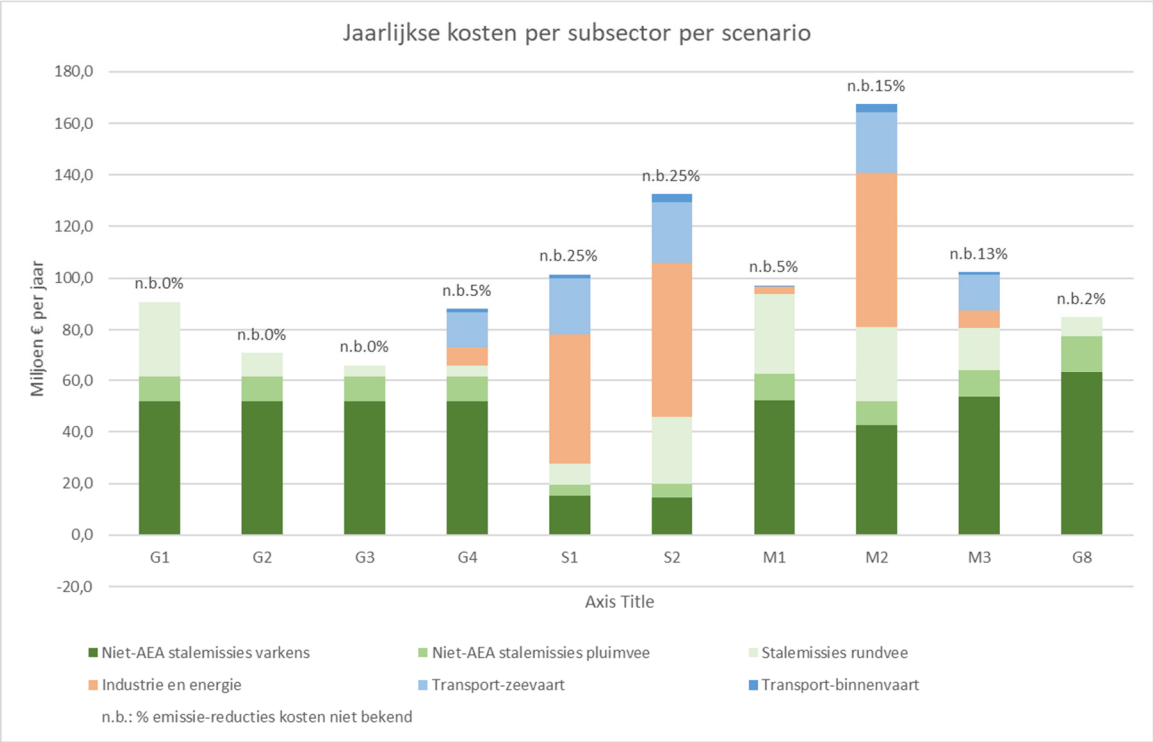
7.3. JAARLIJKSE KOSTEN

De totale jaarlijkse kosten voor scenario G8 worden geschat op 85 miljoen € per jaar. Deze kosten zitten uitsluitend in de landbouwsector en dan vooral in het reduceren van stalemissies bij varkens. Voor 2% van de veronderstelde emissie-reducties (mestverwerkende bedrijven) zijn de kosten niet bekend.

In vergelijking met andere scenario's is scenario G8 iets goedkoper dan scenario's G1 en G4, en veel goedkoper dan de maatwerk-scenario's M1, M2 en M3, ondanks het feit dat de totale emissie-reducties gelijk of zelfs hoger zijn dan deze scenario's. Dit komt vooral omdat relatief gezien meer inspanningen verwacht worden van subsectoren die deze reducties kosten-effectiever kunnen realiseren (varkens, pluimvee) en minder bij andere sectoren (melkvee, industrie en energie, scheepvaart). Ook zijn er zoals eerder aangegeven meer emissie-reducties verondersteld bij wegverkeer, waar geen bijkomende kosten voor worden gerekend.



Figuur 16: Jaarlijkse kosten G8-scenario versus andere scenario's per sector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn.



Figuur 17: Jaarlijkse kosten G8-scenario versus andere scenario's per subsector. N.b. is het aandeel van de emissie-reducties per scenario waarvoor geen kosten berekend zijn.

HOOFDSTUK 8. NEVENEFFECTEN EN SOCIO-ECONOMISCHE ANALYSE

Naast emissie-reducerende effecten op NH_3 of NOx hebben de maatregelen ook nog allerhande positieve en negatieve neven-effecten. Dit komt niet aan bod in de kosten-effectiviteitsanalyse. Daarom omschrijven we ook **op een kwalitatieve wijze wat de bijkomende positieve en negatieve gevolgen zijn van maatregelen**.

De socio-economische impact op de landbouwsector werd kwalitatief geduid door ILVO op basis van een systeemanalyse (Hoofdstuk 9). Deze methodologie, aan de hand van groepsgesprekken met experten en betrokkenen, laat toe de complexiteit, de belangrijkste causale verbanden en de logica achter de impact van de PAS op de landbouw te visualiseren. Het geeft aan met welke meekoppeleffecten (co-benefits), probleemverschuivingen en (on)gewenste effecten toekomstig beleid wellicht rekening moet houden. Deze effecten en verschuivingen worden beschreven aan de hand van een systeemfiguur en een toelichting in een apart document.

8.1. LUCHTKWALITEIT EN GEZONDHEID

Los van de effecten van specifieke maatregelen op N-depositie heeft de vermindering van de stikstofemissies een belangrijk effect op de menselijke gezondheid. Zowel NH_3, NOx als SO_2 spelen een rol in het ontstaan van secundair fijn stof. Een vermindering in deze emissies zal leiden tot lagere fijnstofconcentraties en een lagere mortaliteit en morbiditeit door luchtvervuiling. Daarnaast levert een daling van de NOx-emissies ook een effect op de stikstofdioxideconcentraties in de lucht. Deze stof kan irriterend zijn voor de ogen, neus, keel en longen en kan ontstekingen van de longen veroorzaken en hart- en vaatziekten.

8.2. MAATREGELEN LANDBOUW

8.2.1. BRONGERICHTE MAATREGELEN

Brongerichte maatregelen vermijden emissies (rechtstreeks of onrechtstreeks) en zorgen er zo ook voor dat het binnenklimaat van de stal minder belast wordt wat voordelen biedt op vlak van gezondheid voor mens en dier, dierenwelzijn en productie (betere groei van de dieren). Dit geldt in eerste instantie voor voedermaatregelen die een rechtstreekse impact hebben, zij het met een relatief beperkt potentieel. Ook onrechtstreekse brongerichte maatregelen, die ervoor zorgen dat ammoniakvorming in de stal wordt vermeden (bv. scheiden urine en mest, verkleinen emissieoppervlak, verminderen van emissieduur, koeling mest) hebben dit effect. Dergelijke maatregelen hebben door de band ook belangrijke voordelen op vlak van geur- en broeikasgasemissies. In het algemeen wordt er ook minder fijn stof geproduceerd.

De handhaving van voedermaatregelen wordt geacht moeilijker te zijn dan technische maatregelen.

Bij AEA-stallen is de beloopbaarheid van de vloer door de dieren wel een aandachtspunt.

Beweidingsmaatregelen zorgen ervoor dat mest en urine beter gescheiden is zodat minder NH_3 emissies worden geproduceerd. Er komt minder mest in de mestopslag (dus minder

methaanemissies), maar dit wordt ongeveer teniet gedaan door de hogere lachgasemissie tijdens beweiden (CBS 2015). Het risico op nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater neemt ook toe. Er is minder mest voor toediening op het land. Enkele voordelen van beweidingsmaatregelen zijn lagere loonwerkkosten, besparing op krachtvoer, betere klauwgezondheid en minder problemen met uierontstekingen. Koeien in de weide wordt ook gezien als positief voor het imago van de sector. Als nadelen zijn er de minder grasopbrengst en kosten voor afrastering en kavelspaden. De melkopbrengst kan ook wat lager zijn. Beweiden vraagt wel meer van het vakmanschap van boeren om daadwerkelijk (meer) economisch voordeel uit beweiden te halen.

8.2.2. END OF PIPE TECHNIEKEN

End-of-pipe technieken zoals luchtwassers en biobedden zijn nageschakelde technieken die de emissies die de stal verlaten zuiveren. Ze hebben het voordeel van een hogere emissiereductie te kunnen realiseren. Op termijn zouden ze ook ingezet kunnen worden om andere gassen af te vangen (er zijn reed proeven met CO_2). Biologische systemen zijn ook actief op vlak van geur, maar hebben het nadeel dat ze lachgas kunnen produceren.

Nadeel van de end-of pipe technieken is dat ze de lucht in de stal niet aanpakken. Dierenwelzijnsorgansaties protesteren dan ook tegen deze maatregel omwille van gezondheid van vooral de varkens (die meestal in dichte stallen zitten). Luchtwassers kennen een vrij hoog energie- en waterverbruik en worden daarom vaak bestempeld als een niet duurzame maatregel.

Chemische luchtwassers werken met zwavelzuur. Deze heeft een meerkost bij de aankoop en eventuele afvoer van het spuiwater. Het restproduct van een chemische luchtwasser is spuiwater met ammoniumsulfaat. Deze vloeistof mag als kunstmest in de agrarische sector worden gebruikt. Dit kan wel leiden tot een hogere sulfaatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater.

Er wordt ook bekeken of het waswater bij de mest kan worden gevoegd om de pH te verlagen zodat er minder methaan vrijkomt. Het aanzuren van de mest in de mestkelder met zwavelzuur is in Denemarken voor melkvee een BBT (best beschikbare techniek). Voor melkveestallen is de vastgestelde emissiereductie in het BBT-document 50%. Veiligheid- en duurzaamheidaspecten zullen verder aandacht moeten krijgen, bijvoorbeeld de risico's op H_2S-vorming en corrosie van materialen en de (mogelijk) aanwezige zuurresten in de mest en het effect hiervan op de bodem.

Bij een biologische luchtwasser gaat het om nitraatrijk spuiwater. Met een denitrificatie-unit is de hoeveelheid spuiwater sterk te verkleinen. Als je spuiwater met nitraat goed kunt gebruiken als meststof, bijvoorbeeld op eigen grond, is denitrificatie minder interessant.

Luchtwassers kunnen schaalvergroting vergemakkelijken want de investering per dier daalt naarmate er meer dieren worden gehouden. Dit is niet altijd wenselijk (dierenwelzijn en ruimtelijk).

8.2.3. AFBOUW VAN DE VEESTAPEL

De afbouw van de veestapel heeft een bijkomend effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas), mestproductie en waterkwaliteit. Daarnaast is er een evenredig reductie-effect op de emissies van fijn stof (PM_{10} en $PM_{2,5}$). Verder is er ook een daling van de geuroverlast in de buurt.

Indien afbouw eerder gaat naar extensivering in plaats van stopzetting zijn er minder inputs nodig in het productieproces en kan men natuurlijke processen beter benutten. Dit kan ook de biodiversiteit in de graslanden bevorderen. Dit vraagt wel een zwaardere inspanning voor de landbouwer dan pakweg het nemen van organisatorische of technische maatregelen.

Op de locatie waar de stal gesloopt wordt en waar de boerderij vrij komt ontstaan mogelijkheden voor andere functies. Deze zijn niet altijd gewenst, zeker als ze de open ruimte innemen. Algemeen kan een impact op ruimte en landschapsbeheer verwacht worden.

Vrijkomen van hoeves kan tot gevolg hebben dat een deel van de stikstofproblematiek verschuift naar hobbylandbouw en paardenhouderij. Het kan ook leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hogere milieu-impact.

→ **Impact op het agro-businesscomplex**

Deze studie focust op de kosteneffectiviteit van maatregelen binnen de sector waarin de maatregelen van toepassing zijn.

Hoewel alle maatregelen neveneffecten hebben, springt de afbouw van de veestapel als maatregel in het oog, omdat dit voor de hand liggende directe gevolgen kan hebben voor bedrijven stroomopwaarts en stroomafwaarts, in het zogenaamde agro-businesscomplex. Een intuïtieve benadering als zou een afbouw van de veestapel een evenredig effect zou hebben op het agro-businesscomplex, is incorrect. Er zijn twee aspecten die zo'n extrapolatie hypothekeren: het aanpassingsvermogen van marktspelers en bijsturingsmogelijkheden door de overheid.

Het aanpassingsvermogen van de marktspelers is velerlei. Meest direct zijn er mogelijkheden om andere afzetmarkten aan te boren (voor de toelevering) of om grondstoffen aan te kopen (verwerking). Voorts leiden wijzigende marktomstandigheden tot innovaties met andere handelsmarges. Uit theorie en praktijk is gekend dat verschuivingen in handelsmarge door primaire producent en consument gedragen worden, niet door de tussenliggende schakels. Bovendien zijn de productiefactoren kapitaal en arbeid mobieler in het agro-businesscomplex dan in de primaire landbouwsector. Tot slot zullen deze effecten op het agro-businesscomplex op hun beurt ook weer neveneffecten kennen.

Een tweede factor zijn de bijsturingsmogelijkheden van de overheid. Afbouw van de minst rendabele bedrijven betekent niet noodzakelijk afbouw van de sector. Met de huidige mogelijkheden van NER (nutriëntenemissierechten)-handel kan dit zelfs met een quasi ongewijzigd beleid. Dit gebeurt door transfer van middelen tussen bedrijven, die dus kostenneutraal zijn voor de economie, en voor de overheid geen extra kosten betekenen. Het ontvangende bedrijf kan dan met de productierechten uitbreiden en de emissie ervan (AEA-stallen) tot 80% reduceren. De overheid behoudt extra sturingsmogelijkheid in de richting van groei, krimp, innovatiestimuli, etc.

In Nederland is een beperkte literatuurstudie uitgevoerd over de sociaal-economische gevolgen van de diverse beleidsinstrumenten voor de agrarische sector en het agro-businesscomplex (Berkhout en De Puister, 2021). Doorwerkeffecten van een schok in een sector (bijvoorbeeld de landbouw) op een andere (bijvoorbeeld de verwerking) worden met behulp van input-output-analyse doorgerekend. Deze methode gebruikt vastgestelde relaties tussen landbouw en het hele agro-businesscomplex uit het verleden en houdt dus onvoldoende rekening met de twee hierboven aspecten van marktdynamiek en bijsturing overheid. Bovendien, als er al een beperkte mogelijkheid tot inbouw dynamiek zou zijn (door expert inschattingen), dan blijft het resultaat afhankelijk van subjectieve aannames. Bovendien verschilt de Nederlandse situatie voldoende van de onze, om de resultaten niet zo maar over te nemen. Toch een kleine greep op hun bevindingen:

- daling van de veestapel met 19.5% leidt tot een daling van 5% in het totale agro-businesscomplex;
- kwalitatief onderzoek is vaak nodig omdat dergelijke socio-economische studies niet altijd kunnen ingaan op gevolgen voor toegevoegde waarde omdat deze zonder integrale modelanalyse niet kunnen voorspeld worden;
- de gevolgen voor de toegevoegde waarde, berekend op basis van input-output-analyse, zijn sterk afhankelijk van de wijze waarop de maatregelen worden geïmplementeerd en beloond door overheden, bedrijfsleven en consumenten;
- één rode draad: vrijwel alle maatregelen (in de Nederlandse literatuurstudie worden onderzoeken gaande van mest naar klimaat beoordeeld) leiden tot een krimp van de veestapel;
- andere rode draad in de studies naar gevolgen op toegevoegde waarde en werkgelegenheid:
    - voor de betrokken bedrijven en sectoren kunnen die behoorlijk zijn;
    - afgezet tegen de toegevoegde waarde van het gehele agrocomplex zijn de effecten te overzien;
    - afgezet tegen de totale toegevoegde waarde van Nederland is het effect beperkt.

Bij deze literatuurstudie zijn ook nog een aantal bedenkingen te maken:

- Een goede input-output-analyse zal rekening houden met export en import van grondstoffen en voorziet een differentiatie in deelsectoren (de Nederlandse studie voorziet er zes: akkerbouwcomplex, grondgebonden veehouderijcomplex, intensieve veehouderijcomplex, glastuinbouwcomplex, opengrondstuinbouwcomplex en het visserijcomplex);
- Naast een goede kwalitatieve systeemanalyse als onderbouw voor een integrale modelanalyse is tevens de nodige wetenschappelijke expertise nodig om impactstudies te kunnen uitvoeren;
- Het is dan ook niet duidelijk in hoeverre de vermelde studies rekening houden met de hierboven vermelde twee aspecten, namelijk het aanpassingsvermogen van de keten en de bijsturingsmogelijkheden van de overheid. De studie vermeldt expliciet dat er geen marktdynamiek meegenomen wordt;
- Bij heel wat voorbeelden is het onduidelijk waar de onderzoekers de grenzen van de kwantitatieve impactanalyses leggen. Bij een aantal waar het wél duidelijk is, is de aanpak heel simplistisch en beperkt qua scope. Zo wordt in een studie over het vervallen van de derogatie in de melkveehouderij enkel de effecten op het zuivelcomplex bepaald, en niet op de mestverwerking die een nieuwe activiteit met toegevoegde waarde is. Idem met een studie over verplichte mestverwerking waar enkel de sector van de verliezers (akkerbouw) in beeld komt.

We kunnen besluiten dat er terechte bezorgdheid is over wat er stroomopwaarts en stroomafwaarts van de landbouw gebeurt. Dit proberen in enkele kerncijfers mee te geven is niet mogelijk, houdt te weinig rekening met het aanpassingsvermogen van de sector en houdt ook geen rekening met bijsturingsmogelijkheden door slim beleid. De afbouw van een minder competitief deel van de sector kan zelfs kansen bieden voor het meer performante en duurzame segment.

8.3. MAATREGELEN INDUSTRIE EN ENERGIE

Het gaat hier voornamelijk over end-of pipe oplossingen. Ze hebben een tamelijk hoog reductiepotentieel en leiden tot een verbetering van de lokale luchtkwaliteit in de omgeving van het bedrijf.

De SCR/SNCR maatregel produceert vliegassen en verbruikt een katalysator. Bij “high dust” techniek zijn de vliegassen beladen met NH_3. Er is een mogelijkheid tot bijkomende NH_3-emissies in de rookgassen als gevolg van een niet optimale procesvoering (NH_3-slip). Ook kan er dan ammoniak terug te vinden zijn in het afvalwater bij rookgasontzwaveling. Als bijproduct kan ook lachgas worden gevormd.

Bij “low dust” SCR schakeling is er opwarming van de rookgassen vereist, wat vrij veel energie kan vragen. Een SCR schakeling neemt ook relatief veel ruimte in beslag waardoor het niet altijd eenvoudig is om deze te plaatsen.

8.4. MAATREGELEN TRANSPORT

8.4.1. SNELHEIDSBEPERKINGEN WEGVERKEER

De maatregelen bij het wegverkeer zorgen voor een algemene verbetering van de luchtkwaliteit. Naast NOx worden ook andere polluenten minder uitgestoten, ook al door het lagere brandstofgebruik (CO_2, NMVOS, PM). Dit komt klimaat en gezondheid ten goede.

Het aantal files zou in theorie moeten afnemen omdat de doorstroom op de snelweg bij lagere snelheden verbetert. Bij lagere snelheden verhoogt de capaciteit en gaan er meer voertuigen over een rijstrook, omdat bestuurders een kortere volgtijd aanhouden. Ook de homogeniteit van het verkeer neemt toe want de onderlinge verschillen tussen de trage voertuigen (minimumsnelheid 70 km/uur) en de snelle voertuigen (maximumsnelheid 90 km/uur in de plaats van 120 km/uur) nemen af. Je evolueert naar een vorm van blokrijden waarbij iedereen min of meer dezelfde snelheid aanhoudt. De rijstrookwissels nemen af, je moet immers minder inhalen en je wordt minder ingehaald. De flow van het verkeer verloopt minder disruptief. Dit is echter afhankelijk van de nu reeds aanwezige druk op de snelweg en van de mate dat iedereen zich aan de voorgeschreven snelheid houdt. Dit is niet noodzakelijk het geval. Daarom zal de handhaving een belangrijke rol spelen.

Mogelijk is er op langere termijn ook een shift naar ander vervoer omwille van de langere reistijden met de auto.

Ook de kans op een zwaar of dodelijk ongeval verlaagt bij lagere snelheden en de homogeniteit van het verkeer. Ook gebeuren er minder aanrijdingen met dieren.

Daarnaast profiteren mensen die vlakbij een snelweg wonen ook van de verlaging van de maximumsnelheid. Zij zullen minder overlast ervaren o.a. van geluidshinder.

Een risico is dat het snelheidsverschil bij 90 km/u met de gewestwegen te klein wordt waardoor je een ongewenste verschuiving krijgt naar het onderliggend wegennet.

8.4.2. VERGROENING VLOOT EN MEER ELEKTRISCHE VOERTUIGEN

Met name de emissie van CO_2 zal sterk omlaag gaan. Wat betreft luchtkwaliteit (dus CO, NOx, PM) leveren de elektrische voertuigen een flinke bijdrage, maar zal ook het optimaliseren van de conventionele motoren nog impact hebben. Bij het grootschalig gebruik van elektrische auto's blijft de vraag wel op welke basis de elektriciteit wordt opgewekt en of dit kan gebeuren op basis van hernieuwbare energie (zon, wind, kolen, gas).

De beperkingen van de elektrische voertuigen en met name met betrekking tot de batterij moeten worden opgelost. Ze zijn nog te duur, de capaciteit is te laag en het laden duurt te lang.

Elektrische voertuigen vragen om andere kennis en vaardigheden in onderhoud en reparatie, maar zijn in zekere zin minder complex en bevatten minder onderdelen (en minder slijtagedelen).

Electriciteitsvraag kan voor problemen zorgen door een hogere piekvraag.

8.4.3. BINNENVAART

Bij retrofit van alleen een SCR-katalysator treedt een verlaging op van de $PM_{2,5}$-uitstoot van het betreffende schip die kan oplopen tot zo'n 20 procent. Als bij retrofit wordt gekozen voor zowel een SCR katalysator als een roetfilter dan resulteert dit in een afname van de $PM_{2,5}$-uitstoot van meer dan 95 procent. Dat geldt ook bij motorvervanging omdat Stage-V motoren standaard zijn voorzien van een roetfilter. Stage-V motoren zijn naar schatting circa 10 procent efficiënter dan eerdere generaties. Bij motorvervanging is daarmee ook sprake van een daling van de CO en HC uitstoot.

Het gebruik van een SCR-katalysator kan leiden tot een lichte toename van de NH_3-uitstoot. Door de relatief hoge NOx-uitstoot uit de motor en de minder dynamische belasting van de motor in de binnenvaart is dit probleem van ammoniakslip bij binnenvaart mogelijk een stuk kleiner dan bij vrachtauto's. Er zijn nog geen meetdata beschikbaar voor de binnenvaart, waardoor de omvang van dit effect nog niet kan worden berekend.

Een stimuleringsregeling voor retrofit of motorvervanging brengt het risico met zich mee dat de mogelijkheden voor uitrol van (semi-)elektrische aandrijving op langere termijn worden beperkt. Als de sector de komende jaren investeert in SCR-katalysatoren of Stage-V motoren, dan gaat dat ten koste van de investeringsmogelijkheden en mogelijk ook de investeringsbereidheid voor elektrische aandrijving.

8.4.4. ZEEVAART

De beoogde extra walstroomvoorzieningen geven een daling van de uitstoot van $PM_{2,5}$ en CO_2 en van de geluidsoverlast in de havens

De reductie is alleen haalbaar als schepen daadwerkelijk uitgerust zijn en bereid zijn om gebruik te (kunnen) maken van walstroom. Op dit moment is dat maar ten dele het geval. Verder hangt het effect af van de bezettingsgraad van de walstroompunten. Het gebruik van walstroom is zowel aan wal als op het schip technisch haalbaar. Er zijn momenteel echter relatief hoge investeringen aan verbonden. Zonder stimuleringsmaatregelen is de business case voor de meeste scheepstypes niet sluitend. Daarnaast is een versterking van het elektriciteitsnet nodig op veel plaatsen en hangt de duurzaamheid van de oplossingen samen met de manier waarop de elektriciteit wordt opgewekt.

HOOFDSTUK 9. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

9.1. EVALUATIE VAN DE VERSCHILLENDE SCENARIO'S

→ Zijn de NH_3-emissiereducties in de verschillende scenario's realiseerbaar voor landbouw met technologische en managementgerichte maatregelen en kosteneffectief t.o.v. afbouw van de veestapel?

Zowel in de G-, S- als M-scenario's worden belangrijke reducties verondersteld binnen landbouw. Of de toegepaste reductiepercentages haalbaar zijn met technologische en/of management maatregelen in de landbouw verschilt voor de verschillende subsectoren en de verschillende scenario's. Voor deze conclusies bouwen we wel in belangrijke mate voort op de zgn. 'PAS-lijst' voor veehouderijen die sinds begin 2020 niet meer wezenlijk werd aangepast en waarvoor nog substantiële veranderingen te verwachten zijn in de samenstelling van de lijst en de gerapporteerde effecten van maatregelen.

Stalemissies van niet-AEA stallen voor varkens en pluimvee reduceren met 50%, hetgeen de hoogste grens is in de doelstelling voor deze emissies voor de verschillende G- en S-scenario's, is goed realiseerbaar met technologische maatregelen. De technologie hiervoor is beschikbaar en wordt reeds veelvuldig en steeds meer toegepast in de praktijk. In principe is het invoeren van AEA bij nieuwbouw en renovatie in deze subsectoren lopend beleid. Sinds een jaar wordt vanuit de Vlaamse overheid ook systematisch een negatief advies gegeven voor een verlenging van de vergunning van niet-AEA stallen tot na 31/12/2030. Afgaande op veronderstellingen in het referentie-scenario (BAU en LP2030 waarbij voor pluimvee 78% AEA en varkens 55% AEA tegen 2030 wordt verondersteld) kunnen we ervan uit gaan dat omwille van de PAS, waarbij verdere reducties worden verondersteld voor de resterende niet-AEA stallen, een heel aantal stallen sneller vernieuwd moeten worden dan oorspronkelijk voorzien. We spreken van (ver)nieuwbouw omdat retrofit van bestaande stallen tot AEA en dan zeker voor varkensstallen, waar nog de grootste toename moet gebeuren, zeer moeilijk is. Belangrijk is dat er ook nog bijkomende reducties gerealiseerd kunnen worden met technieken zoals luchtwassers. Rendementen die in de literatuur te vinden zijn gaan richting 70% tot zelfs 95%. We stellen ook vast dat in de praktijk steeds meer voor deze technologie wordt gekozen bij nieuwe varkensstallen, ook omwille van reductie van geurhinder. Voor pluimvee worden deze luchtwassers weliswaar nog niet echt toegepast in Vlaanderen. Een kanttekening bij pluimvee en dan specifiek voor leghennen is dat geleidelijk meer de overstap gemaakt wordt naar grondhuisvesting (i.p.v. kooi-huisvesting) waardoor emissies terug wat zullen toenemen. De invoering van AEA en luchtwassers is relatief gezien ook iets duurder voor grondhuisvesting dan andere stalsystemen voor leghennen. Kosten-effectiviteit van technologische en management gerichte maatregelen liggen voor een aantal maatregelen rond of onder de 10€/kg N (met name voor voedermaatregelen, luchtwassers e.d. bij vleeskippen en vleesvarkens) en voor runderen ligt dit meer tussen de 20 en 40€/kg N.

Voor runderen zijn de ammoniakemissiereducties op stalniveau die gehaald kunnen worden met technische en management-maatregelen binnen de huidige stand der technologie en kennis veel lager. Deze staltypes zijn meer open en laten minder goed toe om op een gecontroleerde manier emissies te reduceren of af te voeren en te zuiveren. Praktijkervaringen en bewezen rendementen van deze technologieën liggen lager dan voor de pluimvee- en varkenssector. Voor melkvee beperken de meest geciteerde PAS-maatregelen zich tot het implementeren van een mestschuif of -robot in combinatie met emissie-arme vloeren. De rendementen die hier momenteel aan gekoppeld

worden situeren zich gemiddeld op ongeveer 20% en werden bepaald door expert judgement. In Nederland worden er gevoelig hogere rendementen gehanteerd maar deze werden bekomen op basis van metingen die in Vlaanderen onbetrouwbaar worden geacht. Ook in Nederland is het de vaststelling dat deze hogere rendementen in de praktijk niet gehaald kunnen worden, mede vanwege de delicate bedrijfsvoering van dergelijke systemen (cf. rapport CBS 2019). Luchtwassers voor rundvee bestaan en er kunnen theoretisch ook relatief hoge rendementen mee gehaald worden. Op de huidige PAS-lijst wordt eerder conservatief 45% rendement gehanteerd, mede omdat praktijkervaring in Vlaanderen nog heel beperkt is. Vraag is ook of 'gesloten stallen' voor deze sector wenselijk zijn. Ook bijkomende rendementen door voederefficiëntieverbetering en groepsbeweidingstechnieken zijn vermoedelijk beperkt voor melkvee en hebben ook belangrijke nadelen (vb. niet combineerbaar met melkrobotten, voldoende grote huiskavel noodzakelijk). Specifiek voor beweiding liggen de assumpties rond het aantal dagen beweiding in emissie-berekeningen al vrij hoog (vermoedelijk hoger dan de huidige realiteit) waardoor de bijkomende marge t.o.v. de huidige geraamde emissies op dat vlak beperkt is. Innovatieve pistes op vlak van mestbeheer in de stal verdienen verder onderzoek, niet in het minst omdat ze effectief en toekomstgericht zijn. De ontwikkeling van dergelijke pistes wordt momenteel trouwens in Nederland volop ondersteund door de overheid. Ook in Vlaanderen wordt er door een aantal spelers gedacht om gelijkaardige projecten te ontwikkelen.

Voor vleesvee zijn maatregelen op de PAS-lijst nog beperkter en zijn de rendementen die verondersteld worden voor beweidingsmaatregelen vermoedelijk overschat, zeker gezien in de emissieberekeningen al een vrij groot aandeel beweiding wordt verondersteld. De reducties zoals momenteel vermeld op de PAS-lijst zijn gebaseerd op vroegere Nederlandse modelinschattingen. Omdat er aanwijzingen zijn dat de werkelijke reducties gevoelig lager zouden kunnen zijn, werd in Nederland vervolgonderzoek opgestart, met ook aandacht voor eventueel extra emissies (o.a. lachgas) op de weide. Afgaand op recent ILVO-onderzoek hebben voedermaatregelen voor vleesvee wel nog een mogelijk belangrijk reductiepotentieel, maar de modaliteiten voor toepassing in de praktijk (o.a. borging) en de kosteninschatting ontbreekt nog.

In vergelijking met afbouw-maatregelen liggen de kost-effect ratio's van technische en management-gerichte maatregelen nog altijd aanzienlijk lager dan de kost-effect ratio's die gerealiseerd worden door afbouw. Voor de onderste kwartiel-cijfers komen de kost-effect ratio's van afbouw dichter in de buurt van de technologische maatregelen en worden voor vleesvee zelfs negatieve brutomarges gerealiseerd (dus verlies gemaakt) na correcties voor subsidies. Het vermoeden is dan ook dat veel van deze minder productieve, vaak kleinere bedrijven deze investeringen niet meer zullen maken en er eerder sprake is van een afbouw-scenario, dan nog te investeren in nieuwbouw-stallen. Anderzijds betekent dit niet per definitie dat de veestapel in zijn totaliteit zal verminderen. Vermoedelijk zullen de meer winstgevende bedrijven, waarvoor het wel nog interessant blijft om deze investeringen te maken, aan schaalvergroting doen. Een verdere verhoging van vereisten naar AEA en luchtwassers zal dus heel wat nieuwbouw vragen en zal vermoedelijk leiden tot versnelde uittreding van kleinere bedrijven en een schaalvergroting bij bedrijven waarvoor het nog het meest rendabel is om deze bijkomende investeringen te maken. **Een belangrijke kanttekening hierbij is dat ook gekeken moet worden naar de langere termijn (2050), wanneer dezelfde emissie-reductie nogmaals gerealiseerd moet worden dan deze in 2030.** Stallen met een levensduur van 30 jaar die nu gebouwd worden zullen ook in 2050 aan deze doelen moeten helpen voldoen.

De veronderstelde emissie-reducties in de G-scenario's houden reeds tot op zekere hoogte rekening met het beperkter reductiepotentieel bij runderen gezien deze reductiedoelen lager liggen dan voor pluimvee en varkens, maar ook de haalbaarheid van deze lagere doelen met technologische en management gerichte maatregelen, zeker voor vleesvee en in mindere mate voor melkvee, is twijfelachtig op basis van de bestaande stand van technologie en kennis der maatregelen. Een

uitzondering hierop zijn mestkalveren die in mechanisch geventileerde stallen worden gehuisvest en waar vermoedelijk wel met behulp van luchtwassers relatief hoge verwijderingsrendementen gerealiseerd kunnen worden mits het uitvoeren van nieuwbouw. Reducties liggen ook aanzienlijk hoger dan de veronderstelde emissie-reducties in de verschillende scenario's, maar het relatieve belang van stalemissies van mestkalveren in de totale NH_3-emissies is beperkt.

Een andere reductie die moeilijk te realiseren valt met technologische en managementgerichte maatregelen zijn reducties bij emissies die vrijkomen bij beweiden, bij het uitrijden van dierlijke mest, bij kunstmestgebruik en mestverwerking zoals die zijn geformuleerd in de S-scenario's. Hoewel deze emissies in de totaliteit van landbouw-emissies minder belangrijk zijn dan stal-emissies (+/- 30%, t.o.v. 70% stal-emissies na implementatie van alle maatregelen in het luchtbeleidsplan), zijn deze te realiseren reducties wel relevant in een aantal scenario's. In de S-scenario's wordt uitgegaan van reducties van 25% tot 50% van alle landbouw-emissies, dus ook de niet stal-emissies. De grote winsten bij het uitrijden zijn reeds gerealiseerd in het verleden door mestinjectie of inwerken binnen 2u na het uitrijden voor de grote meerderheid van de percelen. Bovendien wordt in het luchtbeleidsplan reeds uitgegaan van een maximale bijkomende inzet van emissie-reducerende technieken als injectoren en het onmiddellijk onderwerken van mest binnen 1u na het uitrijden. Daarnaast verdient het de kanttekening dat het injecteren van mest ook gepaard kan gaan met aanzienlijke productie van lachgas. Voor beweiden is sowieso geen vermindering mogelijk met maatregelen. Integendeel, om stal-emissies verder te reduceren is bijkomende beweiding een mogelijke maatregel, waardoor deze emissies op zijn beurt verder gaan toenemen. Ook voor kunstmest-gebruik worden veronderstellingen gemaakt in het luchtbeleidsplan voor een lager gebruik van ureum als kunstmest, waardoor ook hier al reducties gerealiseerd worden. Het is wel niet duidelijk wat hier nog het bijkomend potentieel is voor maatregelen. Inzetten op precisiebemesting lijkt hier zeker nog een aangewezen piste die momenteel niet in ogenschouw wordt genomen. We kunnen wel besluiten dat de gestelde reducties in de S-scenario's voor de niet stal-emissies niet of zeer moeilijk te realiseren zijn met technologische en managementgerichte maatregelen, wat betekent dat er ofwel meer reducties gerealiseerd worden in de stal-emissies dan is verondersteld in de S-scenario's, er aanzienlijk minder bemest wordt of de veestapel wordt afgebouwd, waardoor er ook minder mest wordt geproduceerd om uit te rijden en er minder aan beweiding wordt gedaan.

Uitspraken doen over de haalbaarheid voor de verdergaande reducties (tot 75%) in de maatwerk-gebieden binnen de M-scenario's zijn moeilijk te maken op basis van kengetallen, omdat dit al gaat over een beperkte set van bedrijven met elk een bedrijfsspecifieke situatie. Reducties realiseren van 75% of meer op niet-AEA stallen voor varkens en kippen lijkt realiseerbaar mits nieuwbouw in combinatie met luchtwassers. Reducties halen van 50% of meer bij runderen lijkt wel niet haalbaar binnen de huidige stand der technologie zonder afbouw. Voedermaatregelen zijn veelbelovend in een aantal gevallen maar het technisch potentieel hiervan is nog niet duidelijk. Ook niet-stalemissies verder reduceren is moeilijk met technologische maatregelen, zonder bemestingsregimes sterk te reduceren.

Een kanttekening die we hierbij maken is dat we er niet van overtuigd zijn dat alle effecten even solide zijn doorgerekend in de emissies in het luchtbeleidsplan, hetgeen ook het startpunt is voor alle scenario-berekeningen. Volgens de laatste stand der kennis inzake emissie-factoren en rendementen verwachten we nog substantiële verschuivingen in de resultaten. We verwachten weliswaar niet dat de conclusies op hoofdlijnen hierdoor zullen veranderen. Een tweede kanttekening betreft het hanteren van generieke emissiefactoren en kengetallen voor kosten bij het inschatten van lokale impact en voor het evalueren van bedrijfsgebonden maatregelen (zoals het geval is voor PAS). Voor een meer generiek beleid (bv. NEC) zijn emissie-factoren goed bruikbaar, mits ze voldoende representatief zijn voor Vlaanderen. In eerste instantie dienen emissie-factoren

voor de opmaak van de emissie-inventaris naar Europa bv. om te voldoen aan de NEC-richtlijn. Een emissie-factoren is een jaargemiddelde emissievracht (per dierplaats) van een bepaald stalsysteem in Vlaanderen. In de Vlaamse praktijk is de uitvoering (bouwtechnisch, oriëntatie, grootte, etc.) en het management (voeder, mestbeheer, hygiëne, etc.) van een bepaald stalsysteem zeer divers. Dat betekent dat de spreiding op de emissie-factoren zeer aanzienlijk is (minstens grootteorde 30%). Voor de NEC-toepassing is de gemiddelde waarde van de emissie-factoren van belang en niet zozeer de spreiding op de emissie-factoren. Dat ligt voor PAS anders omdat we daar net wel geïnteresseerd zijn in de bedrijfsspecifieke emissie en we moeten beseffen dat die dus sterk kan afwijken van stal tot stal. Net om die reden is de evolutie naar stalmonitoring van emissies aangewezen in kader van PAS, waardoor ook meer bedrijfsgericht maatregelen geselecteerd kunnen worden. In dit verband is de evolutie (zoals in NL) naar meer bedrijfsgebonden kwalitatieve stalmonitoring, waaruit dan individuele emissie-factoren kunnen afgeleid worden, een belangrijke toekomstpiste waar ook Vlaanderen in investeert via onderzoek (licence to produce piste). Een derde kanttekening is dat deze oefening, gezien de voorliggende scenario's, noodgedwongen in hoofdzaak gericht is op stalemissies en daarbij ook moet uitgaan van de eerder 'gangbare' bedrijfsvoering op vlak van mestmanagement, nl. met vrij langdurige en niet-gescheiden opslag van de urine en mest in de stal. Alternatieve pistes waarbij er in de stal snel wordt gezorgd voor scheiding van urine en mest, gevolgd door gesloten opslag en snelle valorisatie hebben een groot potentieel op vlak van emissiereductie en tal van andere duurzaamheidsfactoren. Ze passen ook binnen een geïntegreerde visie rond emissies (inclusief geur en broeikasgassen) en in de circulariteitsgedachte.

→ **Zijn NOx emissiereducties haalbaar voor transport, industrie en energie?**

Naast het G4-scenario waarbij 5% reducties van NOx emissies worden verondersteld voor alle sectoren, behoudens stal-emissies voor landbouw waarvoor verdergaande reductiedoelen worden opgelegd, zijn het vooral de S-scenario's waarbij meer gebiedsgericht verdergaande reducties van NOx-emissies worden verwacht gaande van 25% tot 50%.

Een lokale, gebiedsgerichte sterke reductie (25 of 50%) die zich voor industrie richt op een beperkt aantal bedrijven of een generieke beperktere reductie verspreid over de volledige sector industrie (5%). Een reductie van 25% à 50% riskeert dat maatregelen moeten genomen worden met heel hoge eenheidsreductiekosten. Wanneer de reductie gespreid kan worden over gans de industrie én daarbij die emissiebronnen worden gesaneerd die het meest kosteneffectieve reductiepotentieel hebben, dan zal voor eenzelfde absolute emissiereductie de totale investering lager uitvallen.

In het LP2030-scenario wordt de emissie van NOx van industrie en energie ingeschat op ca. 27 kton. Een reductie van 5% impliceert een emissiereductie 1,35 kton. Hoewel zoals al vermeld een deel van het in 2015 geïdentificeerde kosteneffectieve reductiepotentieel intussen al is ingevuld, kan op basis van de oefening uit 2015 voor PAS toch verondersteld worden dat deze reductie, op Vlaams niveau, kosteneffectief (aan +/- 5 euro/kg) kan gerealiseerd worden.

Als evenwel in een beperkt aantal bedrijven een zeer hoge reductie moet gerealiseerd worden dan zal de eenheidsreductiekost snel zeer hoog liggen, mogelijk hoger dan bovenste waarde van de range (20 euro/kg NOx). De precieze waarde hangt af van hoeveel en welke bedrijven worden geviseerd, de reductie die ze moeten realiseren en de karakteristieken van de huidige emissiebronnen (bv. debiet en concentratie).

Omdat NOx door de industrie veelal op grote hoogte wordt uitgestoten en minder snel neerslaat dan NH_3, lijkt het i.f.v. de depositie minder zinvol om te focussen op sanering van lokale bronnen. Bij een lokale benadering zal veel minder rekening gehouden kunnen worden met het kosteneffectieve

aspect en met de inspanningen die bedrijven tot hiertoe reeds gerealiseerd hebben. Zo zijn er in de Antwerpse havengebied duidelijk bedrijven die beter scoren dan andere bedrijven op vlak van NOx emissie.

Gebiedsgerichte reducties van emissies voor transport zijn beperkt. De enige, zeer gerichte maatregel die aan bod komt in deze studie is een verlaging van de snelheidslimiet op autosnelwegen. Op basis van modelberekeningen met het FastRace model werd geschat dat een reductie van de snelheidslimiet van 120km/u naar 90km/u op snelwegen in de verschillende S-gebieden een reductie van NOx emissies op deze snelwegen kan veroorzaken tot 30%. Voor wegen met andere snelheidslimieten (vb. 90km/u naar 70 km/u) is dit effect veel lager en soms zelfs negatief. Andere recente studies op de ringen rond Antwerpen, Brussel en Gent wijzen op lagere NOx emissiereductie%: max. 15%. Vertrekkende van dit effect en het relatieve belang van emissies afkomstig van snelwegen in de totale emissies van wegverkeer kan bepaald worden dat deze reducties onvoldoende zijn om de gestelde reductiedoelen in alle S-scenario's te realiseren. Bovendien ligt de hiermee gepaarde gaande kost (verlies aan tijd verminderd met besparing brandstofkost) erg hoog, waardoor de kosteneffectiviteit van deze maatregel niet goed is. Om toch de gestelde doelen te halen moet er dus ingezet worden op een verdere vergroening van de vloot en vermindering van de hoeveelheid transport, bovenop de vrij forse assumpties die reeds gemaakt zijn in het luchtbeleidsplan. Een kostenschatting hiervan maken is moeilijk en gaat ook veel breder in op het mobiliteitsbeleid in zijn geheel. Hetzelfde kan gesteld worden voor een versnelde vergroening van de binnenvaart en de introductie van walstroom voor zeevaart in de havengebieden. Kostenberekeningen zijn moeilijk te maken hiervoor en gaan veel breder dan de PAS (duurzame mobiliteit, modal shift), waardoor het een scheefgetrokken vergelijking is om de volledige meerkost van deze versnelde vergroening hieraan te koppelen. Het is in dit geval eerder een kwestie van allerhande barrières weg te werken, die een versnelde uitrol van bijvoorbeeld elektrische voertuigen verhinderen.

→ **Vergelijking van de scenario's**

De kosten-effectiviteit van scenario's wordt bepaald door twee grote principes die wat tegenstrijdig werken t.o.v. elkaar. Enerzijds zullen er in totaliteit minder emissies moeten gereduceerd worden naarmate er meer locatie-gericht in gebieden dichter bij de SBZ-H gebieden meer wordt gereduceerd, wat pleit voor de S-scenario's. Anderzijds verbetert de kosten-effectiviteit van maatregelen (of moeten er minder kosten gemaakt worden om dezelfde hoeveelheid emissies te reduceren) naarmate er meer vrijheidsgraden zijn. Hoe specifieker en hoger de reducties zijn die opgelegd worden aan specifieke subsectoren of zelfs specifieke bedrijven, des te minder vrijheidsgraden er zijn, en des te groter de kans is dat de kost die gemaakt wordt per kg reductie hoger ligt. Dit pleit eerder voor de G-scenario's. Binnen deze studie zijn resultaten opgenomen voor industrie die aantonen dat kosten voor verdergaande NOx-reducties voor bedrijven zich eerder situeren in de omgeving van 5 €/kg NOx wanneer relatief beperkte doelen (5%) worden opgelegd op een gehele sector, terwijl dit veel hoger kan oplopen richting 20 €/kg NOx of meer als we aan een zeer specifieke subset van bedrijven hogere emissie-reducties gaan opleggen. Ook voor landbouw geldt deze bedenking. Naarmate we meer per subsector specifieke doelen gaan opleggen en ook in specifieke gebieden, kunnen kosten per kg reductie oplopen en worden we ook geconfronteerd met beperkingen in technologische en management-gerichte maatregelen. Gegeven deze twee tegenstrijdige effecten is het moeilijk bij voorbaat uit te maken welke scenario's het minste kosten en ligt de kostenraming op basis van kengetallen voor de verschillende scenario's bij elkaar in de buurt.

Op basis van kengetallen tonen we aan dat de bijkomende kost voor industrie en scheepvaart in de S-scenario's de lagere kost van landbouw compenseert in deze scenario's t.o.v. de G-scenario's, omdat de gehanteerde kost-effect ratio (uitgedrukt in €/kg N) hoger ligt in deze sectoren dan in landbouw. S1 en S2 zijn relatief duur in verhouding tot de lage hoeveelheid reducties die wordt gerealiseerd door de hogere eenheidskosten voor industrie en scheepvaart. Ook voor landbouw ligt in sommige subsectoren de eenheidskost hoger bij S2 (50% reducties zijn niet overal realiseerbaar, bovendien is het niet duidelijk hoe alle landbouwemissies zoals emissies bij uitrijden en stalemissies van bestaande AEA-stallen in dergelijke mate nog bijkomend gereduceerd kunnen worden.) Het generieke G1-scenario valt duurder uit dan G2 en G3 omdat er meer gereduceerd wordt. G4 is weer wat duurder dan G2 en G3 omwille van de bijkomende NOx-reducties. G4 en S1 liggen ongeveer bij elkaar in de buurt (assumpties rond hogere eenheidskosten industrie zijn in deze belangrijk), met dit verschil dat de hoeveelheid emissies waarvoor geen kosten berekend zijn in scenario S1 groter is.

Belangrijke factoren in de emissie-reducties waarvoor geen kosten zijn berekend, zijn wegtransport en de niet-stalemissies in de landbouw. Voor wegtransport kan een versnelde vergroening van de vloot wel bijdragen aan de doelstellingen maar op dit moment is een kostenraming hiervoor maken zeer moeilijk. Na correcties voor taksen en subsidies is de cost of ownership voor een elektrische wagen nog altijd veel hoger, maar vermoedelijk zal dit sterk evolueren het komend decennium. Een snelheidsverlaging op autosnelwegen is weinig kosten-effectief en draagt maar beperkt bij in het realiseren van de doelstellingen voor transport in de S-scenario's. De versnelde vergroening van de voertuigvloot en/of vermindering van de voertuigkilometers door bijvoorbeeld maatregelen als rekeningrijden, zijn absoluut noodzakelijk om de gestelde doelen voor transport binnen de S-scenario's te realiseren. Ook niet onbelangrijk is dat er al forse reducties verondersteld worden voor wegtransport in het luchtbeleidsplan, waarvan het nog zeer onzeker is of die reducties gerealiseerd kunnen worden.

Wat de M-scenario's betreft valt vooral de hoge kost van het M2-scenario op. Dit scenario vertrekt van het relatief dure S2-scenario en legt hier nog een vrij forse bijkomende reductie op in de landbouwsector, waardoor totale reducties voor landbouw in de buurt komen van het G1-scenario. In die zin is deze bijkomende reductie geen echt maatwerk te noemen. Voor het M1-scenario ligt dit anders. De bijkomende kost t.o.v. het G1-scenario is relatief beperkt omdat maar in een beperkt gebied bijkomende reducties worden verondersteld. Het M3-scenario tenslotte is wat een combinatie tussen G2 voor landbouw en G4 voor andere sectoren, met beperkt wat bijkomend maatwerk, hetgeen zich ook reflecteert in de kosten.

Het scenario G8, dat gebaseerd is op de resultaten van alle voorgaande scenario's, is iets goedkoper van scenario's G1 en G4 en veel goedkoper dan de maatwerk-scenario's M1, M2 en M3, ondanks het feit dat de totale emissie-reducties gelijk of zelfs hoger zijn dan deze scenario's. Dit komt vooral omdat relatief gezien meer inspanningen verwacht worden van subsectoren die deze reducties kosten-effectiever kunnen realiseren (varkens, pluimvee) en minder bij andere sectoren (melkvee, industrie en energie, scheepvaart). Ook zijn er zoals eerder aangegeven meer emissie-reducties verondersteld bij wegverkeer, waar geen bijkomende kosten voor worden gerekend.

→ **Socio-economische impact van de scenario's op de landbouw volgens systeemanalyse**

De betrokken **experten zijn het over eens dat deze systeemanalyse waardevol is om de bredere impact te duiden, en ook om inspiratie te bieden voor toekomstige beleidsactie**.

Binnen de beperkte tijd waarin deze studie dient te worden opgeleverd, is het niet mogelijk om **meekoppeleffecten, (on)gewenste neveneffecten en trade-offs** kwantitatief door te rekenen. Met deze systeemanalyse brengen we deze zaken zo volledig mogelijk **kwalitatief in beeld**.

Enkele belangrijke observaties met betrekking tot de **socio-economische impact op landbouw** die in deze analyse naar boven komen zijn:

- De PAS, de bijhorende rechts(on)zekerheid, de coherentie en het korte/lange termijn karakter van de overkoepelende beleidsvisie hebben een belangrijke impact op het **welbevinden van landbouwgezinnen en de algemene sociale (on)rust**. Deze variabelen beïnvloeden - via het ondernemersvertrouwen en toekomstperspectief – ook het aantal **nieuwkomers** in de sector, de **bedrijfsinvesteringen** en het **vermogen om via innovatie nieuwe oplossingen te vinden** die bijdragen aan systemische oplossingen voor stikstofemissie en stikstofkringlopen.
- De PAS zal impact hebben op **de "safe en just operating space**" van bedrijven. De PAS beïnvloedt hun **bedrijfsvoering**, hun vermogen om **aanpassingsinvesteringen** te doen en de gehanteerde **productiemethodes**. Voor een deel van de bedrijven kan **schaalvergroting** gecombineerd met hoogtechnologische maatregelen een optie zijn (vermoedelijk bij de meer performante, grotere bedrijven). Andere, wellicht eerder kleinschalige bedrijven zullen kiezen voor **verdere diversifiëring van verdienmodellen** met focus op de connectie met de consument. Een groot deel van de 'middengroep' zal wellicht tot **stopzetting** overgaan, omwille van een gebrek aan financiële draagkracht voor investeringen, of een beperkt toekomstperspectief omwille van een hoge leeftijd en/of het gebrek aan opvolging.
- Bijkomende PAS-maatregelen kunnen tot gevolg hebben dat **een deel van de stikstofproblematiek verschuift** naar hobbylandbouw en paardenhouderij, en/of buiten de grenzen van Vlaanderen terechtkomt.
- Bijkomende PAS maatregelen kunnen in specifieke landbouwzones zorgen voor **veranderingen in het gebruik van gras- en akkerland** en zullen aanleiding geven tot vrijkomen van hoeves; algemeen kan een **impact op ruimte en landschapsbeheer** verwacht worden.

De PAS schept kansen om, binnen een geïntegreerde beleidsvisie, maximaal **synergieën** op te zoeken die niet enkel het probleem van stikstofdepositie in beschermde natuur aanpakt.

Om een deel van de vrijgekomen stikstofruimte door stopzettingen te herverdelen onder landbouwers die er wel voor kiezen om te blijven ondernemen, kan er nood ontstaan aan een specifiek instrument zoals het instrument van de verhandelbare nutriëntemissierechten, de zogenaamde NERs (Van der Straeten, 2012). Een dergelijke salderingsoefening (Adviescollege Stikstofproblematiek, 2020) moet wel op een zodanige wijze gebeuren dat de emissiewinst niet volledig verloren gaat, en dat de stikstofbelasting ook lokaal niet toeneemt.

Wat betreft de scenario's concluderen we dat het **Scenario S1**, waarin aan ongeveer driekwart van de landbouwers maatregelen wordt opgelegd en aan het overige kwart niet, **hoogstwaarschijnlijk niet te verkiezen** is, omdat het als 'onfair' kan worden beschouwd en ongewenste ruimtelijke effecten kan hebben. Een **generieke aanpak krijg daarom de voorkeur**, ook gezien de onzekerheid in tijd en ruimte van de modellen die gebruikt worden om de impact van individuele bedrijven in te schatten. **Bovenop dat generieke basisscenario** kan er eventueel nog wat **'maatwerk'** komen op specifieke probleemgebieden te remediëren. In die zones kan flankerend beleid een uitweg bieden wanneer er echt geen andere uitweg is dan stopzetting of verplaatsing. Er moet ook op worden toegezien dat er **geen sluipende verstedelijking** plaatsvindt in die gebieden omwille van het

vrijkomen van landbouwgronden en –gebouwen. Hier kan wetenschappelijk onderzoek bijdragen aan de identificatie van landbouwmodellen wel nog kunnen in de nabijheid van SBZ-H.

De aanpak van de stikstofproblematiek in de landbouw **vergt een coherente visie en aanpak op de lange termijn binnen een Europees kader**. Het beleid gaat bij voorkeur verder dan compensatie van de bedrijven (flankerend beleid). De sector en **individuele bedrijven moeten ook begeleid worden en ruimte krijgen om hun innovaties en ondernemerschap in te zetten in de zoektocht naar gebiedsgerichte systemische oplossingen**. Het is bijvoorbeeld moeilijker en duurder om in bestaande stallen innovaties toe te passen dan om in nieuwe stallen een emissiearme productie te realiseren. Hierbij pleiten de experten voor een **doelstellingenbeleid** (mission-oriented policy) **eerder dan een maatregelenbeleid om zo het ondernemerschap en innovatie te stimuleren** (Mazzucato, 2018). De doelstellingen moeten worden gehaald tegen 2030. Hoewel dat niet zo veraf ligt in de toekomst, staat het vast dat er in de komende jaren nog heel wat innovaties kunnen gebeuren die de ammoniakemissies potentieel kunnen verlagen. In Nederland is er sinds 2020 de SBV-regeling (Subsidiemodules brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen), waarvoor er grote budgetten zijn voorzien voor onderzoek en ontwikkeling van emissiebeperking in de veehouderij (Rijksoverheid, 2020). Op zich zullen de verstrengde eisen rond emissiereductie innovatie aandrijven, maar een actieve ondersteuning door de overheid kan dat nog versnellen. Tenslotte moeten beleidsmakers erop toezien dat het PAS-beleid geen **andere beleidsdoelstellingen** rond bijvoorbeeld ontharding, klimaat, landschapsbeheer, circulaire landbouw etc. in de weg staat, maar in tegendeel zoveel mogelijk inspeelt op **mogelijke synergiën met deze beleidsdoelen**.

Sommige van de kwalitatief geduide neveneffecten zijn onzeker of vergen verdere onderbouwing. Een ander aspect is het schaalniveau van de systeemanalyse. Voor verschillende aspecten binnen het systeem zou een systeemanalyse op een hoger detailniveau nog veel meer neveneffecten aan het licht brengen dan wat mogelijk is met het door ons gehanteerde schaalniveau. Ook op een ruimer schaalniveau, buiten de grenzen van het door ons beschreven systeem, zijn er mogelijk ook nog effecten, bijvoorbeeld de interactie tussen inspanningen van de landbouw enerzijds en andere sectoren die bijdragen aan stikstofdepositie, zoals industrie en transport, anderzijds.

9.2. AANBEVELINGEN

→ **Berekeningen op kengetallen**

Wees bewust van de beperkingen in deze studie. Het blijft belangrijk te benadrukken dat de berekeningen gebaseerd zijn op gemiddelde cijfers die nu beschikbaar zijn. Er wordt geen rekening gehouden met de variabiliteit tussen individuele bedrijven en mogelijke innovaties in de toekomst. Ook worden positieve of negatieve neveneffecten (bijv. verplaatsen van emissies, verwijderen van andere polluenten) niet meegenomen in de berekening van de kosten. Deze worden wel kwalitatief benoemd.

Wel kunnen er op grootte-orde conclusies getrokken worden over kosten-effectiviteit van maatregelen binnen sectoren en subsectoren en over het reductiepotentieel. Het vertrekpunt zijn de emissie-reductiescenario's die zijn opgesteld voor de MER. We houden geen rekening met de hogere impact van NH_3 t.o.v. NOx in de kosten-effectiviteitsanalyse.

Behoudens deze beperkingen in data zijn er aanbevelingen te maken over hoe vertrekkende van beschikbare data berekeningen substantieel verbeterd kunnen worden.

→ **Actualiseer gegevens en maak duidelijker wat de referentie-situatie is om van te vertrekken.**

Om goed te kunnen schatten wat het bijkomend reductiepotentieel is van maatregelen is het essentieel om goed te schetsen wat de referentiesituatie juist is. Dit is binnen deze studie naar best vermogen uitgevoerd, maar vertoont toch een aantal belangrijke tekortkomingen die de resultaten niet altijd even betrouwbaar maken, zeker voor gebiedsgerichte evaluaties.

Vertrekpunt van de analyses zijn emissie-gegevens uit 2014 en 2015. Evoluties die tussen die periode en 2021 hebben plaatsgevonden worden niet in rekening gebracht. Bovendien houden emissie-berekeningen voor 2030 (zowel voor het BAU- als LP-scenario) geen of beperkt rekening met ruimtelijke verschillen. Reducties worden uniform gespreid in de ruimte.

Het missen van duidelijke referenties creëert tevens een spanningsveld tussen de macrodoelstellingen en micro-maatregelen. Zo leidt de overschatting van de beweiding in het luchtbeleidsplan, als referentiebasis, tot de conclusie dat er nauwelijks extra reductiepotentieel zit in de maatregel “beweiding”, terwijl dit voor een individueel bedrijf dat omschakelt naar een bedrijfsstrategie op basis van beweiding een groot verschil kan uitmaken om te voldoen aan PAS randvoorwaarden.

Voor generieke scenario’s zullen in het algemeen de resultaten in dezelfde richting gaan, maar zeker voor gebiedsspecifieke situaties raden we aan beter rekening te houden met de actuele stand der kennis over emissies en waar mogelijk met meer bedrijfsspecifieke informatie, zeker bij bedrijven in de buurt van SBZs.

→ **Wees consistenter in de rekenketen en gebruik de verschillende emissie-modellen die beschikbaar zijn om het effect en potentieel van maatregelen veel verfijnder te bepalen.**

De bestaande rekenketen vertrekt van sector-specifieke emissiemodellen, waarvan de outputs verwerkt en geaggregeerd worden in het model en waarmee vervolgens het effect op deposities in de verschillende SBZ-gebieden bepaald wordt met het VLOPS-IFDM model. Door enkel variaties in emissies toe te passen op de inputs van het VLOPS-IFDM model is het moeilijk om op een consistente manier de effectiviteit van maatregelen te bepalen. Dit vergt een sterke vereenvoudiging en creëert mogelijk inconsistenties doorheen de rekenketen. Maatregelen die verondersteld worden, zijn mogelijk deels al verondersteld geïmplementeerd te zijn bij emissieberekeningen of ook de manier waarop de effectiviteit nu geschat wordt stemt mogelijks niet overeen met alle aannames die gemaakt worden in andere delen van de keten. Afstemming, versiebeheer en consistentie-checks tussen de verschillende deelstappen kan sterk verbeteren.

Gerichte meetcampagnes om de keten emissie-dispersie-depositie-(en eventueel)planteffect te valideren voor verschillende bronnen, terreinen en weersomstandigheden. Hiervoor wordt best ook voor internationale afstemming gezorgd al was het maar om de grote kost te kunnen delen.

→ **Samenstelling van scenario’s verbeteren**

De scenario’s die vergeleken worden zijn op hoofdlijnen opgesteld en zijn vooral ingegeven vanuit enerzijds een afbakening van de reductie-inspanningen per sector en anderzijds een afbakening van gebieden waar reducties moeten plaats vinden. Het geeft een eerste idee hoever er gegaan moet worden om gestelde depositiedoelen te bereiken. Ga niet te ver door in het verder finetunen van

deze algemene reductiepercentages en de gebieden waar dit moet gebeuren gezien de onzekerheden die met deze gegevens gepaard gaan.

We raden aan om in een vervolgfase ook vanuit een maatregelen-perspectief scenario's te formuleren en het model-instrumentarium hierop aan te passen. Dit vergt het opbouwen en gebruiken van een databank van emissiereductiemaatregelen (hun geografische ligging, reductiepotentieel en kosten) met daaraan gekoppeld een depositiemodule die emissies van NH_3 en NOx doorrekend naar deposities in de SBZ-Hs. Op deze manier wordt niet bij voorbaat een verdeling tussen sectoren gedefinieerd, maar wordt eerder in functie van haalbaarheid en kosten-effectiviteit berekend hoe een verdeling er kan uitzien. Neem dan ook tegelijk 2050 als zichtjaar mee in de scope.

De berekende kost-effect ratio's voor de verschillende sectoren tonen aan dat er nog efficiëntiewinsten te halen zijn door het anders verdelen van reductie-inspanningen over subsectoren (vb. hogere rendementen halen bij varkens en pluimvee zijn mogelijk tegen relatief lage kost-effect ratio's, bij rundvee is dit op dit moment niet het geval. Die laatste zou dan extra ruimte en tijd kunnen winnen om aan innovatie te doen)). Bekijk in de kosten-effectiviteitsanalyse ook de impact op de depositie i.p.v. enkel te kijken naar emissies zoals ook in Nederland gebeurt.

Hou hierbij ook rekening met de invloed die maatregelen hebben op depositie. Zo wordt bijvoorbeeld in Nederland (PBL, 2020) een conversiefactor toegepast op stikstofgevoelige natuur per gewichtseenheid emissie van de betreffende stof per sectorgroep. Dit wordt berekend met AERIUS ((mol/ha)/kton1)" om vervolgens de kosteneffectiviteitsindicator te berekenen.

→ **Aanbevelingen omtrent te maken beleidskeuzes**

Op basis van de bevindingen uit de kosten-effectiviteitsanalyse, de systeemanalyse voor landbouw en allerhande kwalitatieve informatie die werd aangereikt door geraadpleegde experten tijdens het proces, stellen we ook een aantal aanbevelingen voor in de te maken beleidskeuzes:

Werk aan een breder langetermijnperspectief voor de landbouw vanuit een systeem-benadering, waar veel breder wordt gekeken dan de PAS alleen. Ook andere (milieu)doelstellingen vragen inspanningen van de landbouwer.

Beschouw ook het langetermijnperspectief bij het evalueren van de scenario's. Investeringen in stallen die nu gebeuren, staan er over 30 jaar (en dus in 2050) nog grotendeels. Zorg dat er geen lock-in gebeurt waardoor eventueel verdere reducties niet meer mogelijk zijn.

Zet niet al te rigide in op een vaste set van maatregelen nu. Laat de nodige ruimte voor innovatie. Niet alle relevante (duurzaamheids)aspecten zijn opgenomen in de kostenberekening om een gedegen keuze tussen maatregelen te maken. Bovendien is de stand der kennis nog beperkt voor een aantal sub-sectoren en in volle ontwikkeling, waardoor nu al technologische keuzes opleggen zal leiden tot inefficiënties (veehouders duwen richting investeringen die op relatief korte termijn achterhaald blijken te zijn). Een passend kader voor innovatie op vlak van toekomstgerichte stalsystemen is nodig.

We kijken in deze studie vooral vanuit een maatregelen-perspectief. De beleidskant waarbij gekeken wordt naar handhaving, afdwingbaarheid, instrumenten als verhandelbare NERs zijn ook van belang om onderbouwde keuzes te maken en hebben ook een impact op de kosten en kosten-effectiviteit van maatregelen. Investeer dan ook in beleidsinstrumenten op maat van de beoogde doelen.

Valideer in de mate van het mogelijke modelberekeningen met metingen in het veld. Investeer dan ook in beleidsinstrumenten op maat van de beoogde doelen (zie discussie gemiddelde EF in het kader van NEC/EMAV versus nodige individuele bedrijfsmonitoring voor PAS/VLOPS).

BIJLAGE A: SYSTEEMANALYSE PAS EN LANDBOUW

INLEIDING

Het stikstofarrest van de Raad voor Vergunningsbetwistingen zette eind februari 2021 het Vlaamse stikstofbeleid op losse schroeven (Raad voor Vergunningsbetwistingen, 2021). Volgens dit arrest kan de beoordeling van een mogelijk betekenisvolle aantasting van stikstofdepositie op stikstofgevoelige natuur niet uitsluitend gebaseerd zijn op het (voorlopige) beoordelingskader ('significantiekader'). Voortoetsen of passende beoordelingen die zich uitsluitend beroepen op de kwantitatieve drempels van dit significantiekader, zonder verdere wetenschappelijke onderbouwing of motivatie, volstaan dus niet als basis voor een doelmatiger, rechtszekere vergunningsverlening. Een definitieve en meer rechtszekere invulling van de PAS dringt zich op. Een milieueffectenrapport wordt uitgewerkt als onderdeel van de beleidsvoorbereiding van een definitief PAS-programma. Op grond van de scenario's die daarin vervat zijn, worden nieuwe concrete maatregelen beschreven.

Het korte tijdsbestek van de beleidsvoorbereiding laat niet toe om de impact van het nieuwe PAS-beleid op de Vlaamse landbouw gedetailleerd door te rekenen. Wat wel mogelijk (en zeker ook wenselijk) is, is om de brede socio-economische impact kwalitatief te duiden. ILVO heeft gekozen om hieraan bij te dragen door een systeemanalyse uit te voeren voor met name de impact van de PAS op de Vlaamse landbouw. Deze methodologie stelt ons in staat om, aan de hand van groepsgesprekken met experten en betrokkenen, de complexiteit, de belangrijkste causale verbanden en de logica achter de impact van de PAS op de landbouw te visualiseren. Het geeft aan met welke meekoppeleffecten (co-benefits), probleemverschuivingen en (on)gewenste effecten toekomstig beleid wellicht rekening moet houden. We beschrijven deze effecten en verschuivingen aan de hand van een systeemfiguur en een toelichting. Het is nodig om deze toelichting door te nemen om een goed en volledig inzicht te krijgen in deze analyse.

In wat volgt wordt de methodologie kort toegelicht, wordt de systeemfiguur in detail beschreven, en wordt aangegeven in welke mate we verwachten dat verschillende beleidsscenario's een verschillende uitwerking hebben op dat systeem. Tenslotte lijsten we de belangrijkste conclusies en beleidsaanbevelingen op die voortvloeien uit de systeemanalyse.

METHODOLOGIE

De systeemanalyse is het resultaat van een aantal workshops met experten binnen en buiten ILVO. Een eerste workshop vond plaats op 5 mei 2021 met ILVO-experten met verschillende expertise (landbouweconomie, milieutechnologie, dierlijke productie, rurale sociologie, etc.). Aan de experten werd gevraagd om zo veel mogelijk aan de PAS-gerelateerde aspecten, neveneffecten en dergelijke meer te benoemen via digitale post-its op een virtuele mind map. In een volgende stap werden deze opmerkingen gestructureerd in een eerste versie van de systeemfiguur, waarna ook een begeleidende tekst werd geschreven.

Op 12 mei 2021 werd deze systeemfiguur gepresenteerd aan de begeleidingsgroep van de studie, waarin experten van Departement Omgeving, Departement Landbouw & Visserij, Departement Mobiliteit en Openbare Werken, INBO, ANB zetelen, naast de mede-opdrachtnemers VITO. Op basis van de input van deze experten werd het systeemschema en de begeleidende tekst gevalideerd en verder verfijnd.

Op 19 mei 2021 werd de verfijnde figuur voorgelegd aan de oorspronkelijke groep ILVO-experten, waarna met hen werd besproken in welke mate de voorliggende beleidsscenario's een andere

uitwerking hebben op het systeem, en welke algemene conclusies en beleidsaanbevelingen voortvloeien uit de analyse.

SYSTEEMFIGUUR EN SYSTEEMBESCHRIJVING

Leeswijzer van de systeemfiguur
In de systeemfiguur wordt elk belangrijk aspect in het systeem aangegeven in een cirkel. Relaties tussen deze aspecten zijn aangegeven met pijlen tussen deze cirkels. Deze aspecten zelf zijn in de begeleidende tekst in het vet aangegeven, en de relaties worden erin beschreven. De figuur is grosso modo in vier clusters onder te verdelen, elk aangeduid met een andere kleur. De aspecten die behoren tot ecologische en landschappelijke effecten zijn in het groen aangegeven, alles omtrent de bedrijfsvoering en structuur van de landbouwsector blauw, sociale en maatschappelijke aspecten staan in het roze, en aspecten gerelateerd aan rechtszekerheid, beleidscoherentie en beleidskwaliteit in het oranje. Alle aspecten en relaties worden per cluster in detail beschreven, telkens is ook dat deel van de systeemfiguur weergegeven.

Centraal in het systeem staat de PAS (Programmatische Aanpak Stikstof), het beleid dat tot doel heeft om stikstofdepositie in Habitatrichtlijngebieden te verminderen, zodat stikstofdepositie op termijn (tegen 2050) geen bedreiging meer vormt voor het bereiken van de instandhoudingsdoelstellingen in de Natura 2000 gebieden. Hoewel de focus van het beleid voor de landbouw ligt op het verlagen van de ammoniakuitstoot, heeft het ook op andere emissies (bijvoorbeeld geur en broeikasgassen) een effect. Aangezien de PAS emissiereducties oplegt aan de landbouwsector, heeft ze een grote impact op de individuele bedrijfsvoering van een belangrijke groep landbouwers, waardoor zowel het welbevinden van het landbouwgezin als de sector in zijn geheel zal beïnvloed worden. Bedrijfseconomische effecten laten zich vervolgens niet enkel in de primaire sector voelen, maar in het gehele agro-businesscomplex. De impact op individuele landbouwers kan dan weer aanleiding geven tot sociale onrust. Tenslotte is de PAS gelinkt aan rechtszekerheid en beleidscoherentie op de lange termijn. In de volgende paragrafen gaan we in detail in op alle onderdelen van het systeem.

→ **Ecologische en landschappelijke effecten**

Het PAS-beleid beoogt een daling van de reactieve stikstofuitstoot (NH3 en NOx), wat tot een substantiële daling van de stikstofdepositie in de SBZ-H (Speciale Beschermingszones in Habitatrichtlijngebieden) moet leiden. Tegen 2050 moeten alle SBZ-H in een gunstige staat van instandhouding komen, wat betekent dat er in geen enkele habitat in die SBZ-H in 2045 de Kritische Depositiewaarde (KDW) wordt overschreden. Die Kritische Depositiewaarde is de hoeveelheid stikstof die een habitat kan verdragen zonder significante negatieve gevolgen. De Vlaamse Regering schuift 2030 als tussentijdse doelstelling naar voor (VILT, 2021c). In dat jaar moet de overschrijding van de KDW in SBZ-H reeds met de helft worden verminderd ten opzichte van 2015. De bedoeling is dus in 2030 al de helft van de weg richting nuloverschrijding te hebben afgelegd. De te behalen emissiereducties in de verschillende beleidsscenario's hebben dan ook 2030 als tijdshorizon. Overigens stelt het stikstofarrest dat ook de schade op de natuurwaarden van VEN-gebieden (Vlaams Ecologisch Netwerk) moet getoetst worden bij de vergunningsverlening (Raad voor Vergunningsbetwistingen, 2021). Hoewel het PAS-beleid alle bronnen van reactief stikstof in het vizier neemt, is de opgave voor landbouw groter dan voor de andere sectoren. Van de binnenlandse bijdrage aan stikstofdepositie is 78% afkomstig van de landbouw (Vlaanderen Departement Omgeving, 2020). Bovendien is de uitstoot van ammoniak (NH3), voor 95% voor rekening van de

landbouw, in de voorbije 20 jaar veel minder gedaald dan de uitstoot van stikstofoxiden (NOx), waarvoor vooral de sectoren transport, industrie en energie verantwoordelijk zijn (Vlaamse Milieumaatschappij, 2020).

Een direct effect van het PAS-beleid is een daling van de ammoniakemissies, zowel uit stallen en mestopslag als uit bemesting. Deze daling heeft een gunstig effect op stikstofgevoelige habitats. Wel moet worden opgelet bij het ontwerp van concrete maatregelen dat de emissies niet verschuiven naar een ander emissiestadium (Brusselman et al., 2015; Sundrum, 2019). Een voorbeeld is de toepassing van ammoniak-emissiearme stallen (AEA), die de emissies uit de stal verlagen, maar mogelijks leiden tot hogere emissies bij het uitrijden van de mest omwille van de hogere stikstofinhoud van de mest. Ook het toepassen van beweiding is een voorbeeld: daarmee dalen de ammoniakemissies in de stal, maar wordt een deel van de emissie verplaatst naar het weiland, waarbij er ook nog lachgasemissies kunnen optreden.

Naast een gunstig effect op de SBZ-H, heeft de daling van de ammoniakuitstoot ook een positieve bijdrage aan de **luchtkwaliteit** in het algemeen: ammoniak is een belangrijke precursor van secundair fijn stof. Een dalende ammoniakuitstoot leidt dus tot lagere fijnstofconcentraties, wat de **volksgezondheid** ten goede komt (Backes et al., 2016). Maatregelen gericht op het verminderen van ammoniakemissies hebben vaak ook een effect op de **geuremissie**, zoals de installatie van luchtwassers (Van der Heyden et al., 2015). Een lagere ammoniakconcentratie in de stal is bovendien goed voor het welzijn van de dieren en draagt ook bij aan een meer aangename werkomgeving voor de landbouwer

De relatie tussen de PAS en klimaatverandering is complex. Positieve effecten zijn te verwachten als de te bereiken stikstofemissiereductie voor een stuk wordt ingevuld door een **daling van de veestapel**, omdat het verminderde aantal dieren voor minder broeikasgasuitstoot van de Vlaamse veestapel zorgt, wat gunstig uitpakt voor de Vlaamse klimaatboekhouding. Als de verminderde dierlijke productie – uitgaande van een gelijkblijvende vraag naar dierlijke producten - echter buiten Vlaanderen wordt opgevangen, dan kan het zijn dat de totale **broeikasuitstoot** toeneemt (impact op de globale milieugebruiksruimte), indien de milieu-efficiëntie in de nieuwe productieregio lager is dan in Vlaanderen. Ook bestaat het risico dat de lokale milieugebruiksruimte voor stikstof in de andere regio wordt overschreden. Overigens is het zo dat bepaalde ammoniakemissiereductiemaatregelen het risico inhouden op probleemverschuiving naar klimaat. Zo zorgen biologische luchtwassers voor een verhoging van de lachgasuitstoot (N_2O), een zeer krachtig broeikasgas (De Vries & Melse, 2017). Een zelfde risico bestaat voor emissiearme mestaanwending (Bell et al., 2016). Ook de **samenstelling van de veestapel** is van belang. Als het beleid voor een verschuiving zorgt van de ene tak van de dierlijke productie naar de andere, speelt dat mogelijk in op het landschap, het sluiten van kringlopen en emissies. Zo hebben eenmagige dieren (varkens, pluimvee) een lagere stikstof- en broeikasgasuitstoot per eenheid product in vergelijking tot herkauwers, maar zijn ze minder inzetbaar in het valoriseren van reststromen of het benutten van grasland (Van Zanten et al., 2018). Om de dierlijke productie volledig circulair te maken is wel een meer verregaande daling van de veestapel nodig (Schader et al., 2015). Gezien de link tussen stikstofemissies, **bemesting** en mestproductie is er ook een duidelijk verband met de **bodem**. Als bijvoorbeeld vleesvee omwille van emissiereductie niet langer op stro wordt gehouden, maar op emissiearme vloeren (wat vanuit technisch-wetenschappelijk oogpunt nog verdere evaluatie behoeft), dan gaat dat ten koste van stalmestproductie. Bovendien is het Belgisch Witblauw, het belangrijkste vleesveeras in Vlaanderen, niet geschikt voor huisvesting op emissiearme vloeren.

Die stalmest is nochtans belangrijk om de bodemvruchtbaarheid en het koolstofgehalte in de bodem op peil te houden. Dit kan deels worden opgevangen via het aanbrengen van bodemverbeteraars zoals compost (Ruysschaert et al., 2014). Mogelijk zorgt een door PAS aangedreven verandering in

landgebruik ook tot een verschuiving in het koolstof capterend vermogen van de bodem. Als bijvoorbeeld grasland wordt omgezet tot akkerland (gescheurd), dan gaat dat gepaard met een vrijstelling van koolstof uit de bodem (D'Hose & Ruysschaert, 2017). Anderzijds is ook een verandering in de andere richting mogelijk. Als de PAS bijvoorbeeld leidt tot meer beweiding voor melkvee, kan dat gepaard gaan met een uitbreiding van het areaal grasland ten koste van voedergewassen zoals maïs.

Voorts is er ook een relatie met **waterkwaliteit**, dat in verband staat met zowel het mestoverschot als met mestaanwending, en met **waterkwantiteit**. Meer dan de helft van de habitattypes is afhankelijk van grond- en oppervlaktewater, waarbij de mate van verzuring en vermesting sterk is bepaald door hydrologische processen (De Keersmaeker et al., 2018). Daarnaast vertoont de recente rechtspraak over grondwaterextractie en het gevolg daarvan op SBZ een duidelijke parallel met het stikstofdossier (VILT, 2021a). Hierbij moet worden vermeld dat luchtwassers een groot waterverbruik hebben.

De manier waarop de PAS ingrijpt op individuele landbouwbedrijven en de sector in zijn geheel kan het **landschap** en het **platteland** ingrijpend veranderen. Een strenger stikstofbeleid voor de landbouw kan leiden tot een versneld vrijkomen van hoeves en landbouwgrond, in het bijzonder in de nabijheid van Natura 2000-gebieden. De vraag is wat er met die vrijgekomen hoeves en grond zal gebeuren: blijven ze in agrarisch gebruik, of worden ze opgekocht voor andere doeleinden? Eerder onderzoek wees al op de toenemende druk van niet-agrarisch gebruik van hoeves, zoals **niet-agrarische economische activiteiten**, of bewoning van de hoeve met '**vertuining'** van de omliggende huiskavel (Verhoeve et al., 2015). De economische meer aantrekkelijke opties voor het gebruik van vrijkomende percelen, zoals PV-zonneweides, zijn vanuit het oogpunt van landschappelijke kwaliteit minder aantrekkelijk.

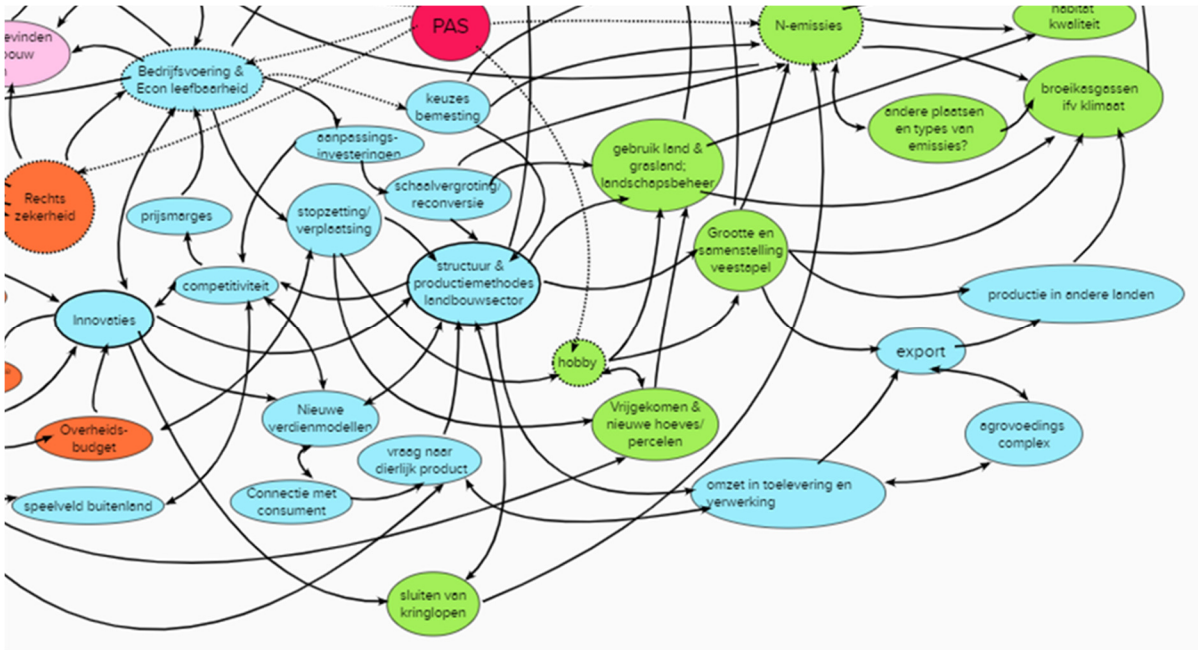
Een andere tendens is de opkomst van **hobbydieren** op weiland dat in gebruik is door privépersonen. Waar dit vroeger beperkt bleef tot paarden, zien we recent ook de opkomst van lama's en alpaca's op het platteland. Tot nog toe zijn niet vergunningsplichtige activiteiten gespaard gebleven van bijkomende restricties gerelateerd aan het stikstofbeleid. Afhankelijk of dat in de nieuwe PAS ook zo zal zijn, zal die tendens van 'verpaarding' of 'alpacaïsering' afgeremd, dan wel versneld worden. Veranderingen in productiemethoden en de opkomst van nieuwe bedrijfsmodellen onder impuls van de PAS kunnen zich ook op landschapsschaal manifesteren, denk maar aan een verdere consolidatie beweging met schaalvergroting van de intensieve veehouderij, eventueel gepaard gaand met het verdwijnen van kleine landschapselementen, of de opkomst van een meer extensief bedrijfsmodel in de nabijheid van SBZ-H.

De nieuwe PAS behelst in sommige scenario's ook strengere regels voor mestaanwending en beweiding in de onmiddellijke nabijheid van SBZ-H. De vereiste emissiereductie is hierbij bepalend voor wat nog kan op de landbouwgrond waarop die strengere regels van toepassing zijn, maar wat vaststaat is dat een vanuit agronomisch oogpunt suboptimale bemesting de productiviteit van die gronden drastisch naar omlaag zal brengen. De facto betekent dit dus dat die gronden verregaand extensiveren, of zelfs helemaal uit landbouwgebruik zullen gaan. In Nederland werd, nadat de Nederlandse PAS werd ingetrokken na een rechterlijk arrest, een commissie aangesteld om een oplossing uit de stikstofcrisis te bedenken. Deze commissie Remkes kwam uiteindelijk met een rapport waarin gepleit wordt voor **gebiedsdifferentiatie** als oplossingsrichting, met natuur-inclusieve en multifunctionele landbouw als buffer rond de SBZ-H, en andere zones die bestemd zijn voor hoogproductieve akkerbouw, geconcentreerde intensieve veehouderij en glastuinbouw (Adviescollege Stikstofproblematiek, 2020). Een dergelijke strategie zorgt voor een verminderde uitstoot nabij de Habitatrichtlijngebieden, wat de stikstofdepositie in de SBZ-H vermindert. Tegelijkertijd zorgt het ook voor een gunstige landschapsmatrix rond de natuurgebieden, wat ook

gunstig uitpakt vanuit het oogpunt van biodiversiteitsbehoud (Kremen, 2015). Daarnaast wordt het dan ook duidelijk voor landbouwers met een hoogproductief, intensief bedrijfsmodel op welke locaties ze hun bedrijfsfilosofie kunnen ontwikkelen. In die zin zou ook de Vlaamse PAS een aanzet kunnen zijn tot gebiedsdifferentiatie, die verder zou verankerd kunnen worden in het BRV (Beleidsplan Ruimte Vlaanderen). Landbouw heeft een historische, maar ook een actuele rol in het **landschapsbeheer**. Denk maar aan het instandhouden van graslanden, het agrarisch natuurbeheer, en het behoud en onderhoud van kleine landschapselementen. Het is van belang oog te hebben voor mogelijke effecten van de PAS op de rol van de landbouw als landschapsbeheerder. Hierbij moet bijvoorbeeld worden gedacht aan het effect op de vleesveestapel, en met name de rol die zoogkoeien spelen in de begrazing van half-natuurlijke graslanden.

Tenslotte kan onderzoek dat leidt naar technologische, maar ook bedrijfseconomische innovaties inspelen op de circulariteit van landbouwbedrijven en de landbouwsector in zijn geheel. Het **sluiten van nutriëntenkringlopen**, zowel wat betreft de teelt van eiwitrijke gewassen als wat betreft de afzet van de mest in de onmiddellijke regio, kan met name ook een invloed hebben op de stikstofemissies. Een systeemaanpak van stikstof in de landbouw vanuit de doelstelling van het sluiten van de kringloop kan ook worden bewerkstelligd via het opstellen van een stikstofbalans, waarbij via het reguleren van inputs van stikstof in een bepaald gebied indirect de output kan gereguleerd worden.

→ **Bedrijfsvoering en structuur van de landbouwsector**



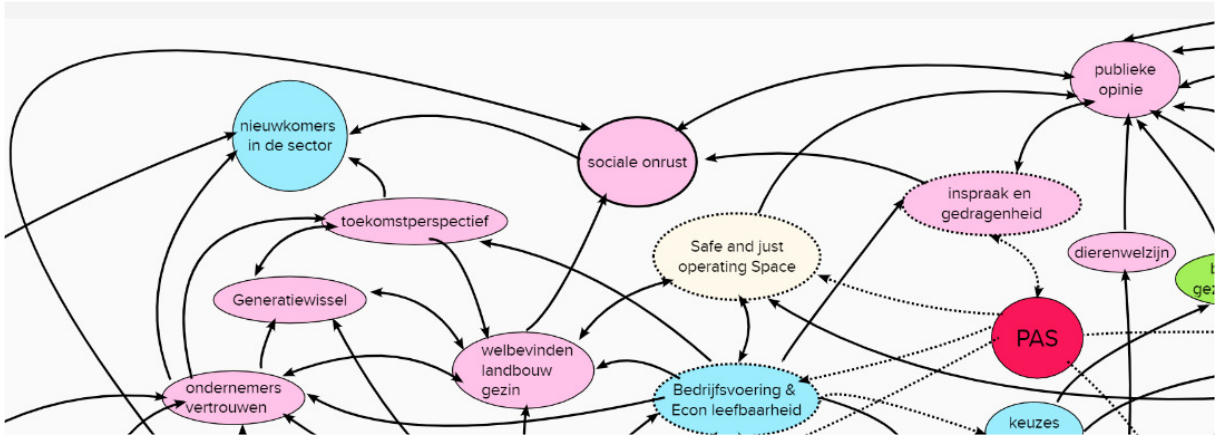
Aangezien de PAS significante reductiedoelstellingen oplegt aan de landbouwsector, is er een grote impact te verwachten op de **bedrijfsvoering** van individuele landbouwbedrijven. Om aan de strengere uitstootnorm te voldoen zullen sommige bedrijven kiezen voor **aanpassingsinvesteringen**, zoals het installeren van een luchtwasser of het bouwen van een nieuwe ammoniakemissiearme (AEA) stal. Vaak worden milieu-investeringen aangegrepen om ook te investeren in **bedrijfsuitbreiding** (Maes & Van Passel, 2017). Dit zal vooral het geval zijn voor de beter presterende bedrijven. De tijdsdimensie speelt een belangrijke rol in deze aanpassingsinvesteringen. Op korte termijn zal men kiezen voor end-of-pipe technieken zoals luchtwassers, op langere termijn zijn meer structurele aanpassingen mogelijk. Dergelijke korte termijn of 'end of pipe' investeringen houden risico op lock-in situaties in, waarbij de landbouwer of de sector in zijn geheel weinig wendbaar zijn en een gebrek aan veerkracht vertonen in het licht van toekomstige wijzigingen in de omgeving, zoals

bijvoorbeeld schokken in de marktomgeving of (toekomstig) stikstof-, klimaat of ruimtelijk beleid. Afhankelijk van het type, kunnen korte termijn aanpassingsinvesteringen een negatief effect op de competitiviteit, terwijl ze op lange termijn systeemveranderingen kunnen stimuleren die ook economisch positief kunnen uitpakken. De rol van **innovatie** staat daarin centraal, niet enkel wat betreft nieuwe efficiënte, effectieve en geïntegreerde methoden voor emissiemonitoring en emissiereductie, maar ook met betrekking tot **alternatieve verdienmodellen**. Het PAS-beleid beperkt de ontwikkelmogelijkheden met betrekking tot grootschalige veehouderij in de buurt drastisch. De vraag is wat er daarvoor in de plaats komt. Er komen best geen activiteiten die andere emissies teweegbrengen, bijvoorbeeld niet-agrarische economische activiteiten die vrachtverkeer aantrekken (bouwbedrijven, grondwerkers, etc.). Leegstaande stallen en loodsen kunnen worden afgebroken in lijn met onthardingsdoelstellingen. Gezien de reeds grote neerwaartse druk op landbouwgronden in Vlaanderen (Kerselaers et al., 2013) is de keuze om de gronden in landbouwgebruik te houden te verantwoorden. Biolandbouw kan hier, indien gepaard met een lagere emissie-intensiteit per eenheid van oppervlakte, een uitweg bieden, maar ook andere emissiearmere landbouwmodellen nabij SBZ-gebieden zijn mogelijk, al dan niet gepaard met speciale labels. Natuur-inclusieve landbouw (College van rijksadviseurs, 2020) of agro-ecologische verdienmodellen kunnen ook de connectie met de consument versterken. De nieuwe eco-schema's die deel uitmaken van het nieuwe Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB) bieden mogelijks kansen om hieraan bij te dragen. Een locatie nabij natuur opent wellicht ook kansen voor **korteketenverkoop** aan recreanten, of plattelandstoerisme als bijverdienste naast de landbouwactiviteiten. In elk geval betekent dit dat op die gronden nabij SBZ-H het aspect voedselproductie van landbouwgronden iets minder belangrijk zal worden ten opzichte van andere ecosysteemdiensten. Deze kunnen eventueel worden vergoed op basis van een aantal kritische prestatie indicatoren voor de geleverde diensten, wat een extra stimulans kan zijn voor extensivering in kwetsbare gebieden.

Voor sommige bedrijven zullen de bijkomende beperkingen de aanleiding vormen voor **stopzetting**, wat vooral te verwachten is voor de economisch minder presterende bedrijven, of bedrijfsleiders die sowieso al van plan waren om te stoppen omdat ze pensioengerechtigd zijn en geen bedrijfsopvolger hebben. Economisch goed presterende bedrijven die op hun huidige locatie geen toekomstperspectief hebben omwille van de stikstofproblematiek, kunnen **verplaatsen** naar een locatie waar de impact lager is. Voor de grondgebonden rundveehouderij is dit wel een moeilijkere opgave dan voor de niet-grondgebonden varkens- en pluimveehouderij. Als er na verplaatsing een green field ontwikkeling komt, met stallenbouw op een voorheen onbebouwde locatie, zorgt het voor bijkomende verharding. Bovendien kan verplaatsing wel plaatselijk de depositie in een SBZ-H verlagen, maar verandert het verplaatsen van de emissies niets aan de bijdrage aan de achtergronddepositie. Tenslotte is er ook de optie van **reconversie**, waarbij de bedrijfsleider een nieuwe weg inslaat met zijn bedrijf, of diversifieert. Een breed scala aan reconversies is mogelijk: van het afstoten van een bepaalde bedrijfstak, over een reductie van het aantal dieren gepaard met thuisverwerking en thuisverkoop, tot een totale reconversie van bijvoorbeeld veehouderij naar glastuinbouw (Kerselaers et al., 2019). Het beleid kan echter niet sturen richting één type reconversie, aangezien het geval per geval moet worden bekeken welke reconversieoptie het best past bij het bedrijf en de bedrijfsleider. De keuzes die individuele bedrijven maken hebben gevolgen op het niveau van de **structuur van de landbouwsector**. Dat kan onder andere gaan om een versnelde consolidatiebeweging (daling van het aantal bedrijven gepaard met schaalvergroting), of een verschuiving van de ene deelsector naar de andere (bijvoorbeeld van dierlijke productie naar plantaardige productie, of een verschuiving tussen verschillende soorten dierlijke productie). Mogelijk is er ook een impact van de PAS op zogenaamde **hobbyboeren**: boeren die met pensioen zijn maar toch nog dieren houden, of mensen die hun hoofdinkomen buiten de landbouw halen, maar toch nog in beperkte mate aan landbouw doen. In ruim een kwart van de Vlaamse vleesveehouderijen is minder dan 1 voltijds equivalent actief (Tessier, 2021).

De verandering in de primaire productie laat zich ook voelen in de omzet van andere bedrijven in het **agro-businesscomplex**, zowel bij toeleveringsbedrijven (veevoederhandelaars, meststoffen- en gewasbeschermingsproducenten, stal- en machinebouwers, etc.) als bij afnemers (slachthuizen, integratoren, voedingsbedrijven, retail). De sectorverandering zet zich dus door in de hele agro-businesscomplex. Bij stalconstructeurs en aanbieders van emissiebeperkende technieken is er wellicht een positieve impact van nieuwe eisen rond emissiebeperking. De retail kan op haar buurt misschien wel de vruchten plukken bij het in de markt zetten van voedingswaarden met een lagere milieu-impact. Mogelijk treedt een verdere machtsconcentratie en verticale integratie op in het agro-businesscomplex. Omzetverschuivingen kunnen ook de import-exportbalans van de Vlaamse landbouw beïnvloeden. Een mogelijk gevolg daarvan is een **productieverschuiving** naar andere landen of regio's, wat ook een invloed kan hebben op de globale broeikasgasuitstoot (zie §3.1). Gezien het beperkte belang van Vlaanderen in de mondiale prijsvorming is er niet meteen een groot effect op de consumentenprijzen te verwachten. Wel kan het zijn dat de strengere milieuregels in Vlaanderen in vergelijking tot elders ervoor zorgt dat de **competitiviteit** daalt en dat de **marges** voor Vlaamse veehouders meer onder druk komen te staan dan die van buitenlandse collega's. Om dit te verhinderen zijn internationale afspraken nodig (zie §3.4). De **veranderende vraag naar dierlijke producten** is een externe driver voor sectorverandering, los van de PAS. Denk maar aan de verschuiving van de consumptie van rood vlees naar wit vlees (VILT, 2021c), en de algemeen dalende trend in de vleesconsumptie in Vlaanderen (VILT, 2020). Het beleid kan op allerlei manieren (voorlichting, fiscale stimuli, etc.) inspelen op die vraag.

→ **Sociale en maatschappelijke impact**



De impact van de PAS laat zich, via de bedrijfsvoering, ook gelden op het **landbouwgezin**. Gezien de landbouw in Vlaanderen nog in hoofdzaak familiale landbouw is, en de grens tussen werk en privé op een landbouwbedrijf vaak dun is , is de verwachte impact van de PAS op het **welbevinden** van het landbouwgezin groot (De Pue et al., 2020). De PAS zet de **'Safe Operating Space[1]'** voor een landbouwersgezin op scherp. Die Safe Operating Space wordt begrensd door socio-economische grenzen enerzijds (minimale rendabiliteit, bedrijfsgrootte, kredietwaardigheid, leefbaarheid, etc.) en ecologische grenzen anderzijds (waarbij de PAS de focus op de ammoniakuitstoot legt). Terwijl die socio-economische grens voornamelijk op het niveau van het individuele bedrijf en het

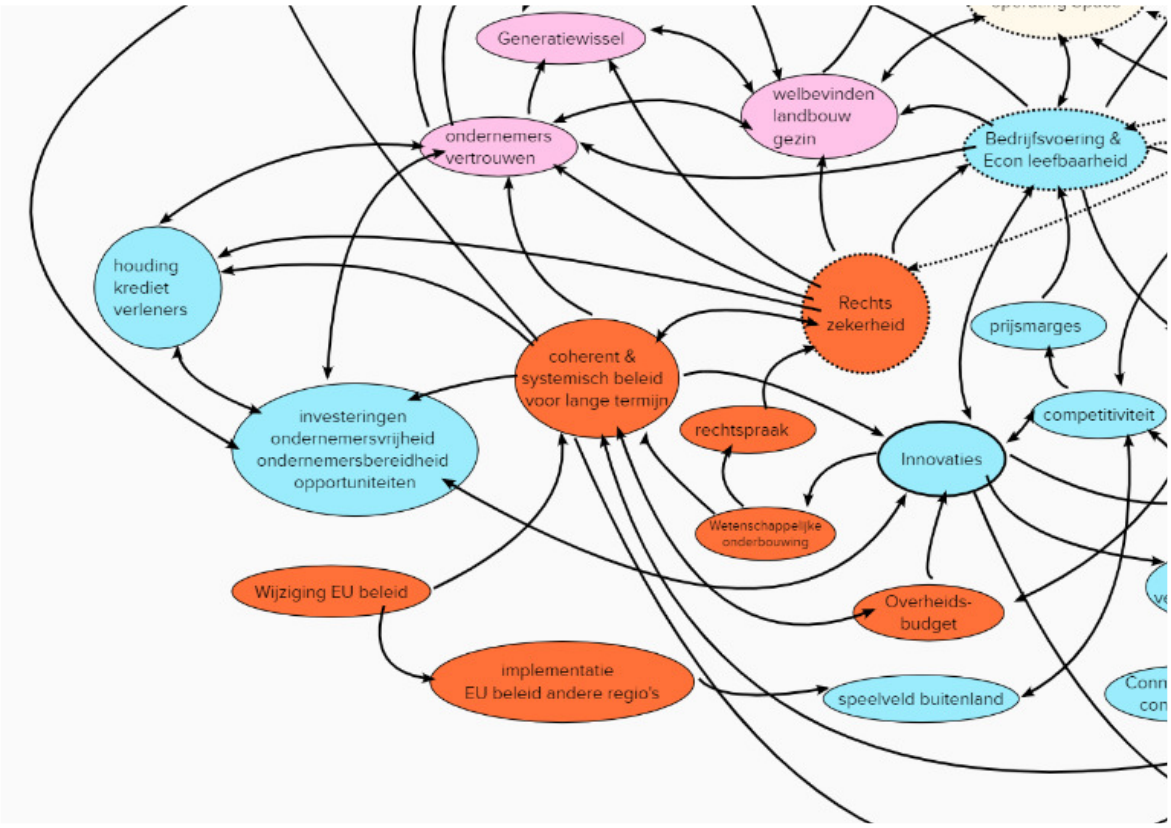
[1] Deze term komt oorspronkelijk uit een artikel in Nature in 2009, waarin het verwijst naar globale ecologische grenzen (Rockström et al., 2009). Het concept werd uitgebreid door Kate Raworth in haar boek 'Doughnut Economics', waarin er naast ecologische bovengrenzen ook sociale ondergrenzen worden gedefinieerd (Raworth, 2017).

landbouwgezin te trekken is, ligt de ecologische grens op geaggregeerd niveau, aangezien dat vele bedrijven samen ervoor zorgen dat de milieugebruiksruimte is overschreden.

Als een drastische ingreep zoals een bedrijfsstopzetting of –verplaatsing de enige uitweg is voor een bedrijf dat zeer slecht gelegen is (zoals de rode bedrijven die meer dan 50% van de KDW bijdragen in een nabijgelegen SBZ-H), dan is de impact op het landbouwgezin vanzelfsprekend zeer hoog (De Pue et al., 2020). Een **flankerend beleid** met financiële tegemoetkomingen bij verplaatsing, stopzetting of reconversie, zoals dat reeds in voege was in de voorlopige PAS voor landbouwers met een hoge impact op SBZ-H (Vlaamse Landmaatschappij, 2017b, 2017a), is in zekere zin niet enkel een compensatie voor het economische verlies, maar ook voor de geleden sociale schade. Uit eerder onderzoek naar bedrijfsreconversie (Kerselaers et al., 2019) en bedrijfsverplaatsing (De Pue et al., 2020) in het kader van de voorlopige PAS blijkt dat niet enkel de financiële compensatie zelf een belangrijk onderdeel is van een goed werkend flankerend beleid, maar zeker ook een tijdige en voldoende informatieverstrekking vanuit de overheid. **Regelgeving** is bovendien een belangrijke **stressfactor** voor landbouwers, net als een **onzeker toekomstperspectief** (Messely et al., 2020). Onzekerheid tast het **ondernemersvertrouwen** aan, bemoeilijkt de **generatiewissel** in de landbouw, en kan eventuele **nieuwkomers** in het vak ook afschrikken.

Het nieuwe PAS-beleid zal hoogstwaarschijnlijk aanleiding geven tot **sociale onrust**. De voorlopige PAS, met de zogenaamde rode, oranje en groene brieven, leidde al tot boerenprotest in het voorjaar van 2015 (VILT, 2015). In april 2021 organiseerde Groene Kring, de jongerenorganisatie van Boerenbond, een tractorenestafette in heel Vlaanderen, met het stikstofdossier als een van de strijdpunten, naast rechtszekerheid en toegang tot grond (VILT, 2021b). De voorliggende plannen van de nieuwe PAS zijn van die aard naar vereiste reductiedoelstellingen dat er wellicht boerenprotest te verwachten is. In Nederland leidde een verstrenging van het stikstofbeleid alvast tot hevig boerenprotest (van der Ploeg, 2020). Veel hangt af van de positie die de **landbouworganisaties** Boerenbond en het Algemeen Boerensyndicaat in dit dossier zullen aannemen, de **inspraak** die landbouwers al dan niet via landbouworganisaties kunnen afdwingen, en de **gedragenheid** van het beleid bij alle betrokken actoren. Een interessante, en onbekende factor is hoe de **publieke opinie** staat ten aanzien van dat boerenprotest. Uit onder andere de artikelenreeks rond 'megastallen' in De Standaard blijkt een afkalvend draagvlak voor intensieve veehouderij in Vlaanderen, onder meer vanuit een groeiende bezorgdheid over de ecologische en landschappelijke impact van de veehouderij (Renson, 2020). Langs de andere kant heeft de Coronacrisis het belang van voedselproductie onderstreept. Recent onderzoek wijst erop dat een derde van de Vlaamse boeren een hogere maatschappelijke waardering voor hun beroep ondervonden in de eerste golf van de Covid-pandemie in Vlaanderen (Coopmans et al., 2021). De PAS kan ook, onder andere via nieuwe verdien- en bedrijfsmodellen, de connectie met de consument en de burger versterken, wat opnieuw een positief effect heeft op het draagvlak voor het beleid. Naar verwachting hebben de ecologische baten van de PAS een gunstig effect op de publieke opinie aangaande het beleid. Tenslotte heeft de PAS, via verschuivingen rond huisvesting van dieren en al dan niet stimuleren van beweiding, een effect op **dierenwelzijn**, dat op haar beurt de publieke opinie kan beïnvloeden.

→ **Rechtszekerheid, beleidscoherentie en beleidskwaliteit**



De PAS heeft als bedoeling om de instandhoudingsdoelstellingen, opgelegd door de Europese Habitatrichtlijn, te verzoenen met economische ontwikkeling en **rechtszekerheid** voor ondernemers. Het recente stikstofarrest (Raad voor Vergunningsbetwistingen, 2021) heeft die evenwichtsoefening enigszins uit balans gebracht, en de wetenschappelijke onderbouwing van de voorlopige PAS-kaders in vraag gesteld. Doordat het significantiekader van de voorlopige PAS op de schop ging, was het voor de vergunningverlenende overheid onduidelijk op welke basis ze de stikstofimpact van vergunningsaanvragen moest beoordelen. Hoewel er intussen een tijdelijk beoordelingskader is, moet de nieuwe PAS duidelijke regels vastleggen die voor rechtszekerheid moeten zorgen voor landbouwers. Onder landbouwers leeft het sentiment dat de ene set van regulering de andere opvolgt. Het is niet omdat de PAS nu wordt uitgewerkt, dat de spelregels later niet kunnen veranderen. Volledige rechtszekerheid na aankondiging van het nieuwe beleid is echter weinig realistisch, aangezien de nodige flexibiliteit moet worden ingebouwd voor bijsturing bij nieuwe wetenschappelijke inzichten. Voorbeelden zijn de gevoeligheid van habitats aan stikstof, gereflecteerd in de kritische depositiewaarde (KDW), en nieuwe kennis op vlak van het begroten van emissies van stallen. Beleidswijzigingen zijn nefast voor de rechtszekerheid en het **ondernemersvertrouwen**, twee essentiële factoren voor de investeringsbereidheid in de sector. Een bijkomende factor van onzekerheid is de **rechtspraak**. Het is voor beleidsmakers geen sinecure om een stikstofregeling uit te werken die aan de eisen van de Europese natuurwetgeving voldoet. Het in concrete en afdwingbare rechtsregels vertalen van de nood aan een ambitieuzer stikstofbeleid is immers geen evidente politieke oefening (Schoukens, 2021). Hoewel het beleid dus voor rechtszekerheid kan zorgen, is het wel belangrijk dat dit beleid voldoende ambitieus is om een nieuwe rechterlijke toets te overleven, zo niet zorgt het voor nog meer rechtsonzekerheid voor landbouwers. Rechtsonzekerheid zorgt ook voor voorzichtigheid bij **kredietverleners** zoals banken, wat op haar beurt ook weer een negatieve invloed heeft op het **investeringsklimaat** in de landbouwsector.

Om productieverschuivingen naar andere regio's te vermijden, is het belangrijk dat er op Europees en globaal niveau afspraken worden gemaakt. Die afspraken moeten zowel een verschuiving van het milieuprobleem naar elders vermijden, als oneerlijke competitie. Wat betreft het eerste is het ook relevant om mee te geven dat stikstofvervuiling voor een aanzienlijk deel een grensoverschrijdend probleem is.

Het is belangrijk dat de PAS kadert in **geïntegreerd, mission-oriented beleid**, dat over langere termijn wordt aangehouden binnen een Europees kader. Het beleid en de daaraan gekoppelde middelen moeten ook ruimte scheppen voor creatieve bedrijfsoplossingen, zodat de landbouwers voor een groot stuk vrij zijn in hun ondernemerskeuzes. Dit gaat verder dan het concept van flankerend beleid als helikoptergeld ter compensatie van landbouwers. Een andere belangrijke afweging is ook het aan dit beleid besteedde **overheidsbudget**, dat binnen redelijke grenzen dient te blijven, onder andere door te focussen op de meest kostenefficiënte maatregelen. Het beleid moet voldoende ruimte laten voor **toekomstige innovaties** die de uitstoot verder kunnen verminderen. Een mission-oriented beleid kan hier zelfs een actief stimulerende rol in nemen. Uiteraard is het van belang dat die innovaties voldoende **wetenschappelijk onderbouwd** zijn. Een andere kwestie is de **coherentie** tussen de PAS en andere beleidsdoelstellingen. Voorbeelden zijn het mestbeleid (de Mestactieplannen), het Europese Gemeenschappelijke Landbouwbeleid (GLB), het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) en de VLIF-subsidieregeling. Op een meer holistisch niveau is er de vraag in welke mate de PAS de langetermijndoelstelling van **kringlooplandbouw** verderaf dan wel dichterbij brengt. Daarnaast heeft de Covid-crisis ook het strategische belang van de voedselproductie onder de aandacht gebracht, en de discussie omtrent **voedselzekerheid op diverse niveaus (lokaal, Europees, globaal) aangewakkerd.** Dit maakt ook deel uit van een holistische beleidsafweging.

SCENARIO'S

In deze sectie kijken we in welke mate de verschillende beleidsscenario's een andere of specifieke impact hebben op het systeem dat hierboven beschreven staat. De beleidsscenario's die in deze studie worden geanalyseerd vertrekken allemaal van het reeds goedgekeurde luchtbeleidsplan 2030[2] (Vlaanderen Departement Omgeving, 2018). Dat **luchtbeleidsplan** legt de landbouw een aantal specifieke maatregelen op tegen 2030:

- De introductie van een elektronisch monitoringssysteem op luchtwassers in varkens- en pluimveestallen, om een goede werking van deze luchtwassers te controleren en garanderen;
- Nieuwe luchtwassers moeten een minimale verwijderingsefficiëntie van 80% halen, waar voorheen op een 70% reductie werd gerekend;
- Verstrengde voorwaarden voor emissiearme aanwending van mengmest: op grasland mogen geen sleepslangen worden gebruikt, het aandeel van mestinjectie moet naar 50%, en uitgereden mest moet zo snel mogelijk worden ingewerkt;
- Betere voorschriften voor het gebruik van ureumgebaseerde kunstmeststoffen.

De PAS-scenario's leggen nog bijkomende emissiereducties op bovenop de bepalingen van het luchtbeleidsplan. Die reducties moeten worden gerealiseerd tegen **2030**. In alle PAS-scenario's worden de piekbelasters, die meer dan 50% van de kritische depositiewaarde in een SBZ-H bijdragen, gesloten tegen 2030. Hieronder worden de drie basisscenario's kort samengevat. Er bestaan ook nog varianten op deze scenario's. In deze studie beperken we ons echter tot de basisscenario's.

[2] Het luchtbeleidsplan 2030 werd door de Vlaamse Regering op 25 oktober 2019 definitief goedgekeurd.

In het **Scenario G** worden bijkomende generieke emissiereducties opgelegd voor de verschillende dierlijke sectoren:

- De emissies van alle niet-AEA varkens- en pluimveestallen moeten tegen 2030 met 50% verminderen;
- De emissies van vleesvee moeten met 40% verminderen;
- De emissies van melkvee moeten met 25% verminderen;
- De emissies van mestkalveren moeten met 20% reduceren.

In het **Scenario S1** worden geen bijkomende generieke emissiereducties opgelegd bovenop het luchtbeleidsplan. In alle SBZ-H-deelgebieden waar de depositie na uitvoering van het luchtbeleidsplan de depositie niet met minstens 50% daalt ten opzichte van 2015, wordt binnen een straal van 5 km rond die SBZ-H-deelgebieden aan sectoren die meer dan 10% van de KDW bijdragen een emissiereductie van 25% opgelegd. Deze emissiereductie is van toepassing op alle bronnen (puntbronnen, lijnbronnen en oppervlaktebronnen) van die sectoren.

In het **Scenario M** zijn alle generieke emissiereducties van Scenario G ook van toepassing, maar zijn er daar bovenop nog bijkomende restricties in bepaalde probleemgebieden. Deze probleemgebieden kennen nog steeds een overschrijding van de KDW na implementatie van zowel het luchtbeleidsplan als Scenario G. Het betreft enkele SBZ-H-deelgebieden in West-Vlaanderen, de Noorderkempen (provincie Antwerpen) en Limburg. In de SBZ-H zelf, en in de onmiddellijke omgeving (binnen overlappende VLOPS-cellen van 1 km²), worden de volgende maatregelen opgelegd:

- De emissies (NH_3 en NO_x) van kunstmesttoediening worden met 100% gereduceerd;
- De emissies (NH_3 en NO_x) van beweiding en bemesting worden met 80% gereduceerd.

In de iets ruimere omgeving rond de probleemgebieden wordt een binnenste en buitenste gebied gedefinieerd op basis van potentiekaarten. In het binnenste gebied worden bijkomend de volgende maatregelen opgelegd:

- Stallen: -24,59% NH_3 bovenop Scenario G;
- Mestverwerking: -50% NH_3 bovenop luchtbeleidsplan;
- Mestaanwending en beweiding: -50% NH_3 en -50% NO_x bovenop luchtbeleidsplan.

In het buitenste gebied gelden volgende bijkomende maatregelen:

- Mestverwerking: -20% NH_3 bovenop luchtbeleidsplan;
- Mestaanwending en beweiding: -50% NH_3 en -50% NO_x emissies bovenop luchtbeleidsplan.

→ **Specifieke impact van Scenario G**

Scenario G legt de sector **vleesvee** het hoogste reductiepercentage op, met name 40%. Dit zal een enorme impact hebben op deze deelsector. De marges in deze sector zijn erg laag, waardoor er een beperkte capaciteit is voor aanpassingsinvesteringen. De maatregelen die voor een verdere reductie in de ammoniakemissie kunnen zorgen, met name het reduceren van het eiwitgehalte in het voeder en beweiden, zullen niet volstaan om de emissies met 40% te doen afnemen. Het potentieel voor beweiding is laag aangezien beweiding reeds de norm is voor vleesvee. Het potentieel van voedermaatregelen is dan weer beperkt tot een aantal diercategorieën, omdat sommige diergroepen nu al een rantsoen krijgen met een zeer laag eiwitgehalte. Deze factoren zorgen dat een afbouw van het aantal dieren voor deze sector in dit scenario onafwendbaar lijkt. Aangezien vleesvee voornamelijk op stro staat in de stal, gaat een vermindering van de vleesveestapel gepaard met een daling van de stalmestproductie. **Stalmest** is koolstofrijk en is bijgevolg goed voor de opbouw van organische koolstof in de bodem (Ruysschaert et al., 2014). We verwachten hier dan ook een indirect negatief effect op de bodemkwaliteit, tenzij dit wordt opgevangen met andere koolstofrijke

bodemverbeteraars zoals compost of teeltechnieken zoals niet-kerende bodembewerking. Een ander aspect is de rol van vleesvee in het begrazen van **permanente graslanden**. Er moet met name worden opgelet dat een afname van de vleesveestapel niet gepaard gaat met scheuren van die graslanden. Beide ongewenste neveneffecten hebben betrekking tot de mate waarin de landbouwbodems koolstof kunnen opslaan, wat belangrijk is binnen de context van klimaatmitigatie. Daar staat natuurlijk ook wel een daling van de enterische methaanuitstoot van de runderen tegenover, maar dit aspect zou zeker verder moeten bestudeerd worden. Een onbekende factor is de impact van de PAS op **hobby-vleesveehouders.** Als die hobbylandbouwers wat betreft aantal dieren onder de drempel voor vergunningsverplichting zitten, is het effect op hen wellicht gering. Een deel van de emissiereductie realiseren bij de hobby-vleesveehouders kan een te verantwoorden beleidskeuze zijn in functie van coherent beleid.

De **melkveesector** wordt een reductie van 25% opgelegd. Dat kan onder andere door groepsbeweiding van melkkoeien. Beweiding is echter pas een optie als de melkveehouder over voldoende huiskavel beschikt om de koeien te laten grazen in de nabijheid van de stal. Ook voor grotere melkveebedrijven is beweiding geen optie. Beweiding als maatregel verplichten zou dus een daling van de melkveestapel betekenen, omdat alle koeien terecht moeten kunnen op weiden in de onmiddellijke omgeving van de stal.

In de **varkens- en pluimveesector** zal de verplichting om versneld alle dieren in **ammoniakemissiearme (AEA) stallen** te huisvesten waarschijnlijk leiden tot een stopzettingsgolf, omdat verschillende bedrijven de keuze zullen maken die investering niet meer te maken. Dit zal met name het geval zijn voor landbouwers die dicht bij de pensioengerechtigde leeftijd aanzitten en geen opvolger hebben, of bij de minder performante bedrijven die minder winstgevend zijn. De landbouwers die wel over de capaciteit beschikken om die investering te maken, zullen wellicht nog verder uitbreiden. Het gevolg is dus een versnelde tendens richting steeds minder, maar grotere bedrijven, een evolutie die al decennia aan de gang is in Vlaanderen (Departement Landbouw & Visserij, 2021)

Algemeen is het zo dat een daling van het aantal dieren, in gelijk welke deelsector, ook voor gevolg heeft dat er **minder dierlijke mest** in Vlaanderen wordt geproduceerd. Hoewel er in Vlaanderen meer mest wordt geproduceerd dan er op de bodems mag worden uitgereden (Vlaamse Landmaatschappij, 2020), kan het toch zijn dat een daling van de productie van dierlijke mest als gevolg van een afbouw van de veestapel gepaard gaat met verschuivingen in mestaanwending, met lokaal mogelijk ook de import van dierlijke meststoffen uit het buitenland of de gedeeltelijke substitutie van dierlijke mest door kunstmest.

Emissiebeperking op het niveau van de huisvesting heeft ook mogelijke effecten op **dierenwelzijn**. Zo heeft het vloersysteem in de rundveehouderij een invloed op de klauwgezondheid van de runderen. Stalsystemen verschillen ook in andere parameters die relevant zijn voor dierenwelzijn, zoals bewegingsruimte en beschikbare oppervlakte per dier.

→ **Specifieke impact van Scenario S1**

In dit scenario wordt in **buffergebieden van 5 km** rond SBZ-H waar de depositie onvoldoende daalt, een 25% emissiereductie opgelegd aan alle sectoren die meer dan 10% van de KDW bijdragen. De emissiereductie geldt zowel voor puntbronnen (stallen) als voor oppervlaktebronnen (akkers en weiden). Hoewel het reductiepercentage kleiner is dan wat voor verschillende sectoren wordt opgelegd in scenario G, zit de moeilijkheid hier in het feit dat alle mogelijke bronnen evenveel moeten reduceren. Buiten die buffergebieden gelden dan weer geen extra beperkingen. Er is in dit

scenario dus een enorm verschil voor landbouw binnen de 5 km van SBZ en landbouw erbuiten. Gezien de spreiding van de SBZ-H in Vlaanderen dient te worden opgemerkt dat die buffergebieden een aanzienlijk deel van Vlaanderen beslaan. De ongelijkheid tussen landbouwers binnen en buiten die zones is potentieel zeer ontwrichtend en kan tot **sociale onrust** zorgen. Bovendien zijn er andere socio-economische effecten te verwachten, zoals een sterkere opwaartse druk op de grondprijzen buiten de buffergebieden en een potentieel neerwaartse druk binnen de buffergebieden. Bovendien lijkt de 5 km buffer arbitrair gekozen, wat ook tot onnodige discussies kan leiden, als bijvoorbeeld een stal net buiten die buffer geen bijkomende emissiereducties wordt opgelegd, en een stal die er net in ligt wel. Het zou landbouwers die daar de financiële capaciteit voor hebben ook kunnen aanzetten om hun stallen te verplaatsen naar net buiten die 5 km zone, waardoor je na verloop van tijd ruimtelijk een soort kranseffect creëert rond SBZ-H.

De vereiste reductie van 25% voor alle mogelijke bronnen, zowel stallen als percelen, maakt dat er **weinig flexibiliteit** is voor landbouwers. Een betere invulling zou kunnen zijn om die reductie op te leggen op bedrijfsniveau. Als je bijvoorbeeld als melkveehouder de emissies wil doen dalen door de melkkoeien te laten grazen, dan is het moeilijk om op de beweide percelen de reductie van 25% ten opzichte van de uitgangssituatie te realiseren.

→ **Specifieke impact van Scenario M**

Alle generieke emissiereducties vooropgesteld in Scenario G zijn in Scenario M ook van toepassing, wat maakt dat de bedenkingen gemaakt in paragraaf 4.1 ook hier gelden. Het Scenario M legt bijkomende beperkingen op in probleemgebieden.

Binnen de SBZ-H en in de onmiddellijke omgeving ervan wordt kunstmestaanwending verboden en moeten de emissies van dierlijke mest en beweiding met 80% afnemen. Dit betekent de facto dat die **gronden uit landbouwgebruik** gaan, of verregaand extensiveren. Als die gronden in natuurbeheer gaan is de vraag of die nieuwe natuur op de middellange of lange termijn kan leiden tot verdere beperkingen op de landbouw die daar dichtbij ligt, los van het verhaal van stikstofdepositie in de SBZ-H. Dit is alleszins een bezorgdheid die landbouwers vaak uiten als het gaat over natuur bij en op hun bedrijf.

Wat betreft de restricties in de ruimere omgeving geldt in de binnenste zone een bijkomende reductie van 24.59% voor stalemissies, bovenop de emissiereducties vooropgesteld in Scenario G. Voor varkensbedrijven betekent dit dat de installatie van een luchtwasser de enige optie is om de vooropgestelde reductie te behalen, omdat AEA-stallen slechts met 50% reduceren ten opzichte van de referentie. Voor andere sectoren zal deze extra emissiebeperking niet eenvoudig in te passen zijn in bestaande stallen, met de huidige stand van de technologie. Aangezien de doelstelling tegen 2030 moet worden behaald, kan **innovatie** hierin zeker nog een rol spelen. Hoe dan ook zal de stopzettingsgolf beschreven voor Scenario G in deze binnenste zone rond probleemgebieden nog meer uitgesproken zijn omwille van de nog hogere eisen rond emissiebeperking. Dit maakt ook dat de problematiek van vrijkomende hoeves en land als een bron van sluipende verstedelijking in dit scenario nog meer uitgesproken zal zijn in de nabijheid van SBZ-H.

Tenslotte moet worden opgemerkt dat de bijkomende emissiereductie voor stallen, beweiding en mestaanwending rond probleemgebieden in Scenario M in die zones ook wel kansen kan scheppen voor natuur-inclusieve of **landschapsinclusieve landbouw** met een extensief karakter.

→ **End-of-pipe versus brongerichte aanpak: nood aan geïntegreerd advies en innovatie**

Bij beleidsmakers leeft begrijpelijkerwijze de afweging om nog meer in te zetten op het potentieel van end-of-pipe technieken en dan vooral luchtwassers. Uiteraard kan deze oefening hiervoor nuttige bijkomende informatie opleveren, maar dat geldt evenzeer voor andere en meer bron- en toekomstgerichte pistes (zie verder) die nu zwaar onderbelicht dreigen te worden. Om een goede afweging te kunnen doen over het al dan niet verder inzetten op end-of-pipe technieken is het noodzakelijk om te kunnen beschikken over meer omstandig en gedegen **geïntegreerd advies** waarbij alle relevante (duurzaamheids)aspecten aan bod kunnen komen.

Dergelijke complexe adviesvragen vergen meer diepgaande analyses op diverse relevante vlakken en kunnen best voorgelegd worden aan het in oprichting zijnde **WeComV** (Wetenschappelijk Comité luchtemissies Veehouderij). In 2021 besliste de Vlaamse Regering tot de oprichting van WeComV om advies te geven over zaken die verband houden met: 1. het meten en karakteriseren (inclusief risico-evaluatie) van luchtemissies door veehouderijen en mestverwerking, inclusief risico-evaluatie; en 2. het beoordelen van relevante technieken voor emissiereductie en remediëring. In afwachting van WeComV kunnen alvast enkele **kanttekeningen** worden gemaakt.

Een eerste belangrijke kanttekening betreft de opzet van de nu voorliggende studie. In de berekeningen komen luchtwassers naar voren als een zeer kosteneffectieve maatregel, zelfs in die mate dat ze ook gekozen werden als eerst te hanteren maatregel voor de 'op te vullen emissieruimte'. Deze benadering is natuurlijk bepalend geweest voor het resultaat, maar kan een vertekend beeld geven omdat er onvoldoende rekening kon worden gehouden (mede vanwege tijdsgebrek) met diverse **duurzaamheidsaspecten**. Zo gaat het gebruik van luchtwassers gepaard met een relatief grote inzet van hulpbronnen zoals water en energie. Bij chemische wassers worden er ook grote volumes aan anorganische zuren verbruikt. Bij biologische wassers en biobedden worden (mogelijks) significante hoeveelheden lachgas geproduceerd. Bovendien geldt als basisbeginsel (cf. trias energetica) om maximaal in te zetten op **brongerichte maatregelen** die emissies vermijden (bv. aangepast voederen, verminderen van excreties, vermijden van ammoniakvorming in urine/mest, verkleinen van emissieoppervlakken, verkorten van emissieduur). Door de band krijg je zo ook andere positieve effecten zoals verminderde gasvormige en andere verliezen tout court. Door emissies in de stal te vermijden krijg je in principe ook een beter stalklimaat, wat positieve gevolgen heeft voor mens en dier. Dit alles maakt dat een meer doorgedreven socio-economische analyse, met in acht name van alle relevante duurzaamheidsaspecten, wel eens tot **andere conclusies** zou kunnen leiden.

Verder wordt verwezen naar de nieuwe 'norm' van 80% (i.p.v. 70%) emissiereductie voor luchtwassers cf. het luchtbeleidsplan. Dit is vanuit technisch oogpunt haalbaar voor varkensstallen, mits een goed design en correcte dimensionering van de wasser, gevolgd door passend management in de praktijk. Dergelijke hoge efficiënties zullen wel nog moeten aangetoond worden via **langdurige metingen** om te kunnen opgenomen worden op de AEA-lijst (cf. nieuw MB AEA). Ook hierin heeft WeComV een adviesfunctie. Voor **pluimveestallen** lijkt 80% emissiereductie veel minder evident. Luchtwassers zijn hier sowieso nog veel minder gangbaar (ook niet in het buitenland) vooral vanwege de hoge stofbelasting, de sterk fluctuerende ammoniakconcentraties en omdat er alternatieve systemen beschikbaar zijn met vrijwel evenwaardige kengetallen.

Specifiek rond de werking van **biobedden** moet worden aangegeven dat er zich momenteel enkele problemen voordoen. Naar aanleiding van een eerdere ILVO meetcampagne (2019) bracht het WT (voorganger WeComV) 2 adviezen uit (zie bijlage). Op basis van het meetrapport kwam het WT tot de conclusie dat het vereiste ammoniakverwijderingsrendement van 70% onvoldoende kan gegarandeerd worden. 80% lijkt hier dus een te ambitieuze doelstelling onder de gegeven

omstandigheden. Het WT gaf ook aan dat er **meer informatie nodig** is over de invloed van de meest kritische parameters op de goede werking van biobedden (incl. aspecten rond geurverwijdering en lachgasproductie).

Ondanks deze kanttekeningen hebben end-of-pipe technieken natuurlijk hun merites. Vanwege hun relatief hoge verwijderingsefficiëntie voor ammoniak en ook werking ten aanzien van geur (vooral biologische systemen) zijn ze een **potentieel krachtig wapen**. Ze laten in principe ook toe om zeer gericht te worden ingezet, bv. voor specifieke 'zwaar beladen' (geconcentreerde) luchtstromen. Dit is echter met de huidig gangbare toepassing in de veehouderij niet het geval. Luchtwassers worden momenteel ingezet om het ventilatiedebiet van de volledige stal (inclusief de mestput = groot emissieoppervlak!) te behandelen. Het betreft hierbij zeer grote en ook sterk variërende luchtdebieten die nodig zijn om constant (= maximale emissieduur!) te kunnen voorzien in voldoende luchtverversing voor de dieren. Op die manier worden er grote (beladen) luchtvolumes naar de luchtwassers gevoerd waardoor deze natuurlijk ook navenant gedimensioneerd moeten worden. Bijkomend nadeel is het sterk verdunnend effect dat optreedt vanwege de stalventilatie, waardoor er relatief lage ammoniakconcentraties naar de wasser worden gevoerd, wat de efficiëntie niet altijd ten goede komt.

Bij een eventueel verhoogde inzet van end-of-pipe technieken zouden er dus ook **alternatieve pistes** in overweging moeten genomen worden, met eerder focus op het behandelen van kleinere meer geconcentreerde luchtvolumes. Dit kan bv. door snelle mestverwijdering uit de stal te realiseren (= wegnemen emissieoppervlak & emissieduur in de stal!), gevolgd door gesloten opslag met een gerichte nabehandeling (bv. strippen met kleinere luchtwasser) en/of bijkomend de mogelijkheid tot valorisatie van de nutriëntstromen (bv. als meststof). Een andere piste (afkomstig uit Denemarken) is om enkel de lucht boven het mestoppervlak in de mestput te onttrekken en naar de wasser te voeren voor behandeling. Ook voor deze pistes zijn er natuurlijk nog meer diepgaande analyses op diverse relevante vlakken noodzakelijk en gedlt eveneens dat deze best voorgelegd worden aan het WeComV.

In Nederland heeft men in de praktijk grote problemen vastgesteld bij het gebruik van luchtwassers. Daar wordt nu sterk ingezet op de **brongerichte aanpak**, via een massaal subsidiekanaal (zgn. Svb-regeling) voor het ontwikkelen in de praktijk van brongerichte innovatiepistes zoals deze hierboven aangehaald. Hierbij kunnen luchtwassers zeker nog aan bod komen, maar dan enkel 'buiten de stal' als een meer gerichte en kleinschalige techniek (zie hiervoor).

In Vlaanderen is het de vaststelling dat er momenteel **geen passend kader** bestaat voor innovatie op vlak van toekomstgerichte emissiearme stalsystemen. Zo ontbreekt het in Vlaanderen aan een zgn. pilootstalregeling waarin de mogelijkheid wordt geboden aan constructeurs, veehouders en onderzoekers om samen nieuwe beloftevolle pistes te ontwikkelen en in de praktijk uit te testen.

CONCLUSIES EN BELEIDSAANBEVELINGEN

Binnen de beperkte tijd waarin deze studie dient te worden opgeleverd, was het niet mogelijk om **meekoppeleffecten, (on)gewenste neveneffecten en trade-offs** kwantitatief door te rekenen. Met deze systeemanalyse brengen we deze zaken zo volledig mogelijk **kwalitatief in beeld**. Sommige van de kwalitatief geduide neveneffecten zijn onzeker of vergen verdere onderbouwing. Een ander aspect is het schaalniveau van de systeemanalyse. Voor verschillende aspecten binnen het systeem zou een systeemanalyse op een hoger detailniveau nog veel meer neveneffecten aan het licht brengen dan wat mogelijk is met het door ons gehanteerde schaalniveau. Een voorbeeld is de complexe interactie tussen de emissies van verschillende polluenten naar de lucht en het water, wat

maakt dat emissiebeperking in de veehouderij best geïntegreerd wordt aangepakt. Ook op een ruimer schaalniveau, buiten de grenzen van het door ons beschreven systeem, zijn er mogelijk ook nog effecten, bijvoorbeeld de interactie tussen inspanningen van de landbouw enerzijds en andere sectoren die bijdragen aan stikstofdepositie, zoals industrie en transport, anderzijds. Desalniettemin waren de **experten het over eens dat deze systeemanalyse waardevol is om de bredere impact te duiden, en ook om inspiratie te bieden voor toekomstige beleidsactie**.
Enkele belangrijke observaties met betrekking tot de **socio-economische impact op landbouw** die in deze analyse naar boven komen zijn:

- De PAS, de bijhorende rechts(on)zekerheid, de coherentie en het korte/lange termijn karakter van de overkoepelende beleidsvisie hebben een belangrijke impact op het **welbevinden van landbouwgezinnen en de algemene sociale (on)rust**. Deze variabelen beïnvloeden - via het ondernemersvertrouwen en toekomstperspectief – ook het aantal **nieuwkomers** in de sector, de **bedrijfsinvesteringen** en het **vermogen om via innovatie nieuwe oplossingen te vinden** die bijdragen aan systemische oplossingen voor stikstofemissie en stikstofkringlopen.
- De PAS zal impact hebben op **de "safe operating space**" van landbouwbedrijven. Hoewel de PAS als doel heeft de stikstofmilieugebruiksruimte als ecologische bovengrens te respecteren, valt er bovendien ook impact te verwachten op andere ecologische boven- en sociologische ondergrenzen. De PAS beïnvloedt de **bedrijfsvoering**, het vermogen om **aanpassingsinvesteringen** te doen en de gehanteerde **productiemethodes**. Voor een deel van de bedrijven kan **schaalvergroting** gecombineerd met hoogtechnologische maatregelen een optie zijn (vermoedelijk bij de meer performante, grotere bedrijven). Andere, wellicht eerder kleinschalige bedrijven zullen kiezen voor **verdere diversifiëring van verdienmodellen** met focus op de connectie met de consument. Een groot deel van de 'middengroep' zal wellicht tot **stopzetting** overgaan, omwille van een gebrek aan financiële draagkracht voor investeringen of reconversie, of een beperkt toekomstperspectief omwille van een hoge leeftijd en/of het gebrek aan opvolging.
- Bijkomende PAS-maatregelen kunnen tot gevolg hebben dat **een deel van de stikstofproblematiek verschuift** naar hobbylandbouw en paardenhouderij, en/of buiten de grenzen van Vlaanderen terechtkomt.
- Bijkomende PAS maatregelen kunnen in specifieke landbouwzones zorgen voor **veranderingen in het gebruik van gras- en akkerland** en zullen aanleiding geven tot vrijkomen van hoeves; algemeen kan een **impact op ruimte en landschapsbeheer** verwacht worden.
- De PAS schept kansen om, binnen een geïntegreerde beleidsvisie, maximaal **synergieën** op te zoeken die niet enkel het probleem van stikstofdepositie in beschermde natuur verminderen, maar ook het aandeel van de Vlaamse landbouw in de broeikasgasuitstoot, waterverontreiniging en luchtverontreiniging verkleinen.

Om een deel van de vrijgekomen stikstofruimte door stopzettingen te herverdelen onder landbouwers die er wel voor kiezen om te blijven ondernemen, kan er nood ontstaan aan een specifiek instrument zoals het instrument van de verhandelbare nutriëntemissierechten, de zogenaamde NERs (Van der Straeten, 2012). Een dergelijke salderingsoefening (Adviescollege Stikstofproblematiek, 2020) moet wel op een zodanige wijze gebeuren dat de emissiewinst niet volledig verloren gaat, en dat de stikstofbelasting ook lokaal niet toeneemt.

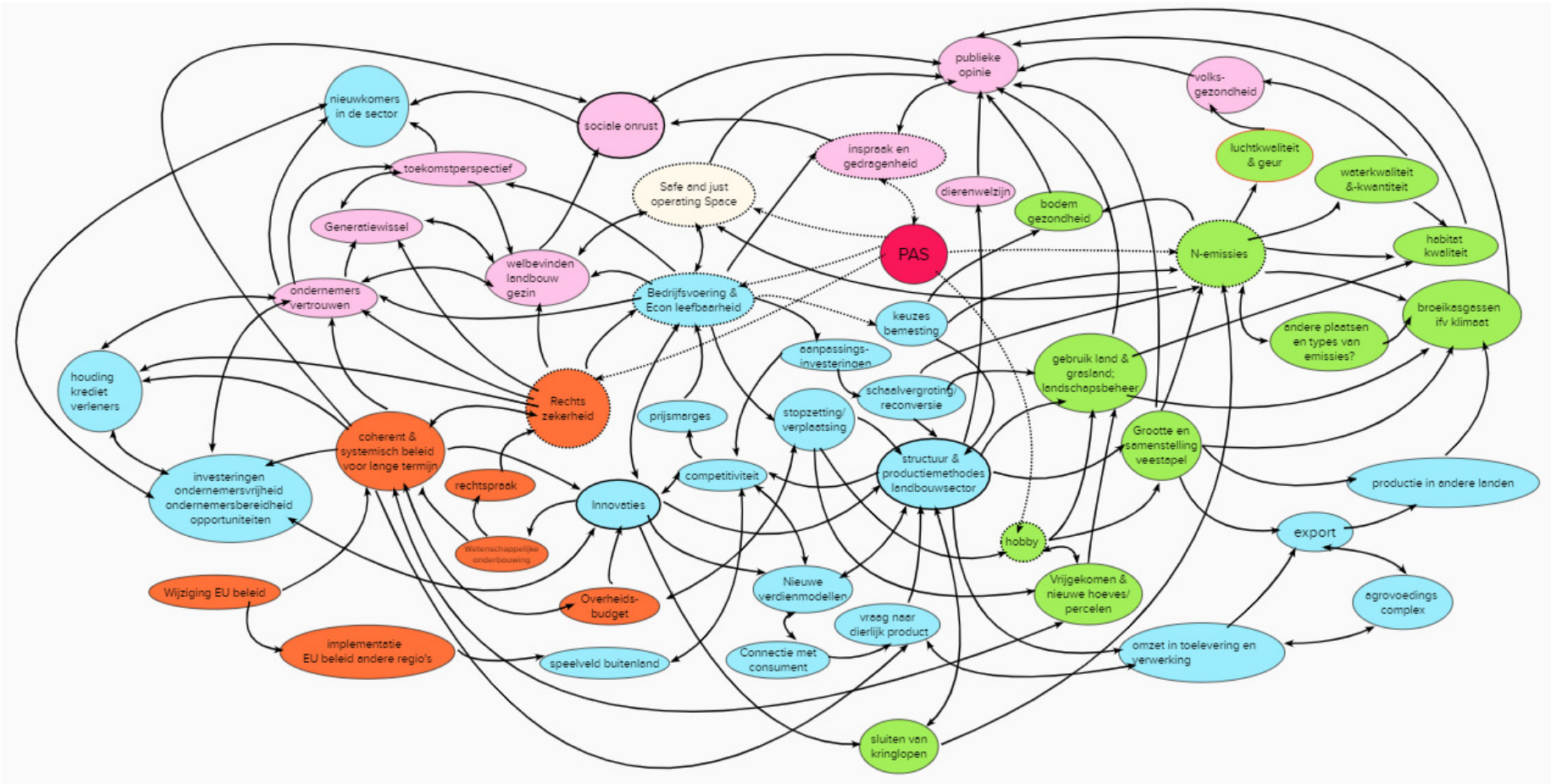
Wat betreft de scenario's concluderen we dat het **Scenario S1** hoogstwaarschijnlijk niet te verkiezen is, omdat het als 'onfair' kan worden beschouwd en ongewenste ruimtelijke effecten kan hebben. Een **generieke aanpak krijg daarom de voorkeur**, ook gezien de onzekerheid in tijd en ruimte van de modellen die gebruikt worden om de impact van individuele bedrijven in te schatten. Bovenop dat generieke basisscenario kan er eventueel nog wat 'maatwerk' komen om specifieke

probleemgebieden te remediëren. In die zones kan flankerend beleid een uitweg bieden wanneer er echt geen andere uitweg is dan stopzetting of verplaatsing. Er moet ook op worden toegezien dat er **geen sluipende verstedelijking** plaatsvindt in die gebieden omwille van het vrijkomen van landbouwgronden en –gebouwen. Hier kan wetenschappelijk onderzoek bijdragen aan de identificatie van landbouwmodellen wel nog kunnen in de nabijheid van SBZ-H.

De aanpak van de stikstofproblematiek in de landbouw **vergt een coherente visie en aanpak op de lange termijn** binnen een Europees kader. Het beleid gaat bij voorkeur verder dan compensatie van de bedrijven (flankerend beleid). De sector en **individuele bedrijven moeten ook begeleid worden en ruimte krijgen om hun innovaties en ondernemerschap in te zetten in de zoektocht naar gebiedsgerichte systemische oplossingen**. Het is bijvoorbeeld moeilijker en duurder om in bestaande stallen innovaties toe te passen dan om in nieuwe stallen een emissiearme productie te realiseren.

Op vlak van innovatie zijn er ook belangrijke beleidskeuzes te maken rond de (gecombineerde?) inzet van end-of-pipe versus brongerichte maatregelen. In de nu voorliggende studie komen de 'klassieke' luchtwassers naar voren als een zeer kosteneffectieve maatregel. Er kon echter onvoldoende rekening worden gehouden (mede vanwege tijdsgebrek) met diverse duurzaamheidsaspecten. Dit geldt evenzeer voor meer innovatieve brongerichte maatregelen gebaseerd op snelle mestverwijdering uit de stal, al dan niet gecombineerd met een meer gerichte inzet van end-of-pipe technieken (cfr. Nederlandse Sbv-regeling). Dit maakt dat een meer doorgedreven socio-economische analyse, met in acht name van alle relevante duurzaamheidsaspecten, wel eens tot andere conclusies zou kunnen leiden. Om tot een duurzaam lange termijn beleid te kunnen komen is het dan ook noodzakelijk om te kunnen beschikken over meer diepgaand en geïntegreerd advies waarbij alle relevante (duurzaamheids)aspecten aan bod kunnen komen. Dergelijke complexe adviesvragen kunnen best voorgelegd worden aan het in oprichting zijnde WeComV (Wetenschappelijk Comité luchtemissies Veehouderij).
In Vlaanderen is er ook dringend nood aan een passend kader voor innovatie met een zgn. pilootstalregeling waarin de mogelijkheid wordt geboden aan constructeurs, veehouders en onderzoekers om samen nieuwe beloftevolle pistes te ontwikkelen en in de praktijk uit te testen.

Hierbij aansluitendpleiten de experten voor een **doelstellingenbeleid** (mission-oriented policy) eerder dan een maatregelenbeleid om zo het ondernemerschap en innovatie te stimuleren (Mazzucato, 2018). De doelstellingen moeten worden gehaald tegen 2030. Hoewel dat niet zo veraf ligt in de toekomst, staat het vast dat er in de komende jaren nog heel wat innovaties kunnen gebeuren die de ammoniakemissies potentieel kunnen verlagen. In Nederland is er sinds 2020 de SBV-regeling (Subsidiemodules brongerichte verduurzaming stal- en managementmaatregelen), waarvoor er grote budgetten zijn voorzien voor onderzoek en ontwikkeling van emissiebeperking in de veehouderij (Rijksoverheid, 2020). Op zich zullen de verstrengde eisen rond emissiereductie innovatie aandrijven, maar een actieve ondersteuning door de overheid kan dat nog versnellen. Tenslotte moeten beleidsmakers erop toezien dat het PAS-beleid geen **andere beleidsdoelstellingen** rond bijvoorbeeld ontharding, klimaat, landschapsbeheer, circulaire landbouw, waterkwaliteit etc. in de weg staat, maar in tegendeel zoveel mogelijk inspeelt op **mogelijke synergiën met deze beleidsdoelen**.


publieke opinie
volks-gezondheid
nieuwkomers in de sector
sociale onrust
inspraak en gedragenheid
luchtkwaliteit & geur
waterkwaliteit &-kwantiteit
toekomstperspectief
Safe and just operating Space
dierenwelzijn
bodem gezondheid
Generatiewissel
PAS
N-emissies
habitat kwaliteit
welbevinden landbouw gezin
ondernemers vertrouwen
Bedrijfsvoering & Econ leefbaarheid
keuzes bemesting
broeikasgassen ifv klimaat
andere plaatsen en types van emissies?
aanpassings-investeringen
gebruik land & grasland; landschapsbeheer
houding krediet verleners
Rechts zekerheid
schaalvergroting/ reconversie
prijsmarges
stopzetting/ verplaatsing
Grootte en samenstelling veestapel
coherent & systemisch beleid voor lange termijn
structuur & productiemethodes landbouwsector
investeringen ondernemersvrijheid ondernemersbereidheid opportuniteiten
rechtspraak
competitiviteit
productie in andere landen
Innovaties
hobby
export
Wetenschappelijke onderbouwing
Nieuwe verdienmodellen
Vrijgekomen & nieuwe hoeves/ percelen
agrovoedings complex
Wijziging EU beleid
Overheids-budget
vraag naar dierlijk product
implementatie EU beleid andere regio's
speelveld buitenland
Connectie met consument
omzet in toelevering en verwerking
sluiten van kringlopen

BIJLAGE B: MAATREGELFICHES

AEA-stallen varkens fokvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

Sinds 2004 worden nieuwgebouwde en gerenoveerde varkensstallen verplicht NH3-emissiearm uitgevoerd. In de AEA lijst staan een aantal systemen. Het gaat hier vooral om vloersystemen waarbij emitterende oppervlak wordt verkleind, scheiden van mest en urine en koelsystemen. Voor zeugen gaan we uit van het meest voorkomende systeem V3.5 of een halfroostersysteem waarbij het EO wordt beperkt door gebruik van schuine putwanden (Departement Landbouw & Visserij, 2020). We kunnen dus verwachten dat stallen zo aangepast worden tot AEA. De meerkost die is doorgerekend betreft het versneld invoeren van nieuwbouw en renovatie.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	50	Departement Landbouw & Visserij 2020 en assumpties in EMAV 2.1
Emissies door bron	kg NH3/GAZ/j	7,938	Emissiefactoren in EMAV 2.0. We veronderstellen 5,2 biggen per gemiddeld aanwezige zeug. (op basis van trendwaarde productiviteit van de zeugen)
Reductie NH3-emissies	kg NH3/GAZ/j	3,969	Opmerking: Departement Landbouw & Visserij geeft aan dat EF 1 kg NH3/dp/j mogelijk moet zijn voor dit type stal.

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	Standaard levensduur verondersteld voor bouwwerken.
Direct kosten: CAPEX	€/GAZ	881	KWIN 2020-2021 (Groepshuisvestingssysteem met voer ligboxen of zeugenvoer-stations, zonder strobed, met schuine putwanden in het mestkanaal). Meerkost is de versnelde invoering van een nieuwbouw gedurende 5 jaar aan 2,5% intrestvoet per jaar. Meerkost is vervroeging investering van gemiddeld 11 jaar (trend veronderstelde evoluties in luchtbeleidsplan van 2,1% per jaar en realisatie 55% in 2030 zou betekenen dat 100% gerealiseerd wordt tegen 2052, vervroeging is gemiddeld 22 jaar/2)
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	0	We gaan er vanuit dat conform KWIN 2020-2021 operationele kosten niet toenemen.
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	nvt	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	12,60%	18%	18%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	20,4	€/kg N	24,8	We stellen 1 GAZ gelijk aan 1 dierplaats. KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende vervroeging van 11 jaar

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Naast ammoniak emissies worden ook emissies van broeikasgassen verminderd. Ook de productie van fijn stof zou dalen. Deels is dit ook afhankelijk van de nabehandeling van de mest na afvoer uit de stal.
Dierenwelzijn	+	Doordat het stalklimaat verbetert omwille van minder geur en minder fijn stof en minder ammoniak en methaanemissie, zal dit zich deels vertalen in een betere gezondheid en groei van de dieren. De beloopbaarheid van vloeren is wel een aandachtspunt
Geurhinder	+	veroorzaakt minder geur door de gescheiden opvang van urine en mest, afhankelijk van de oplsag vande
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water…

8- Aannames

Retrofit van bestaande stallen is niet mogelijk in varkensstallen. De volledige stal moet vernieuwd worden. De investering voor nieuwbouw van een zeugenstal met 992 zeugenplaatsen (900 G.A.Z.) , 1-weeks productiesysteem bedraagt € 3.245 per zeugenplaats. Hiervan is € 1.975 voor bouwkosten stal (incl. grondwerk) en € 1.270 voor inr ihting en algemene voorzieningen. De nieuwbouw is inclusief 4.576 gespeende biggen plaatsen en 255 plaatsen voor opfok van 25 kg tot dekken. I nvester ing per G.A.Z. is € 3.577. (KWIN 2021-2022). Hier bovenop komt de meerkost voor investeringen in AEA-maatregelen in nieuwbouw (170 € per GAZ). Landbouwers worden dus geforceerd om versneld een nieuwbouwstal te zetten (tegen uiterlijk 2030). Minder rendabelere bedrijven zullen mogelijk sluiten omdat ze dergelijke zware investering niet zien zitten.

Luchtwassers fokvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

Sinds 2004 worden nieuwgebouwde en gerenoveerde varkensstallen verplicht NH3-emissiearm uitgevoerd. In de AEA lijst staan een aantal systemen. In de AEA lijst staan een aantal systemen. Op de lijst komen zowel biologische als chemische luchtwassers voor. Er zijn geen leveranciers van dergelijke luchtwassers in Vlaanderen. Op dit moment worden rendementen verondersteld van 70% voor dergelijke systemen, maar met monitoring en onderhoud kunnen deze systemen rendementen halen van 90%. Conform assumpties in het luchtbeleidsplan gaan we uit van chemische luchtwassers met een rendement van 80%. De meerkost die is doorgerekend betreft de meerkost voor het versneld investeren in nieuwbouw en renovatie incl. luchtwasser en de bijkomende jaarlijkse operationele kost die de luchtwasser veroorzaakt.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	80	Departement Landbouw & Visserij 2020 en assumpties in EMAV 2.1
Emissies door bron	kg NH3/GAZ/j	7,938	Emissiefactoren in EMAV 2.0. We veronderstellen 5,2 biggen per gemiddeld aanwezige zeug. (op basis van trendwaarde productiviteit van de zeugen)
Reductie NH3-emissies	kg NH3/GAZ/j	6,3504	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	Standaard levensduur verondersteld voor bouwwerken (vernieuwing stal), levensduur luchtwasser = 10 jaar (standaard voor machinerie)
Direct kosten: CAPEX	€/GAZ	873	KWIN 2020-2021 (Groepshuisvestingssysteem met voer ligboxen of zeugenvoer -stat ions, zonder strobed, met schuine putwanden in het mestkanaal). Meerkost is de versnelde invoering van een nieuwbouw gedurende 11 jaar gemiddeld (gemiddelde van systemen met rendementen van 70% en 95%)
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	17,00	KWIN 2020-2021 (Groepshuisvestingssysteem met voer ligboxen of zeugenvoer -stat ions, zonder strobed, met schuine putwanden in het mestkanaal). Meerkost is operationele kost voor de luchtwasser (gemiddelde van systemen met rendementen van 70% en 95%)
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	nvt	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	12,60%	18%	18%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	15,3	€/kg N	18,6	We stellen 1 GAZ gelijk aan 1 dierplaats. KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende vervroeging van 11 jaar + operationele meerkost per jaar / effect gedurende 1 jaar

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Departement Landbouw & Visserij geeft aan dat EF 1 kg NH3/dp/j mogelijk moet zijn voor dit type stal. Rendement ligt mogelijk hoger.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	?	biologische wassers kunnen lachgas produceren; op termijn zou methaanemissiereductie mogelijk
Waterkwaliteit	?	spuiwater bij chemische luchtwassers bevat ammoniumsulfaat (chemische) (40 l per vleesvarken per jaar of 125 l per zeug) of nitraten (biologische). Beide spuiwaters kunnen als meststof gebruikt worden. Uitspoeling van sulfaat naar grond- en oppervlaktewater mogelijk.
Dierenwelzijn	-	De luchtkwaliteit in de stal wordt niet gewijzigd. Zeker bij varkens een probleem omdat er wordt gewerkt met dichte stallen. Het binnenklimaat blijft dus niet optimaal voor dier en landbouwer. Bovendien daalt de investering per dier naarmate er meer dieren worden gehouden. Vraag is of schaalvergroting vanuit standpunt dierenwelzijn wenselijk is. Ook ruimtelijk kan dit niet gewenst zijn.
Energie- en waterverbruik	-	De luchtwasser hebben een vrij hoog energie- en waterverbruik. De werking hangt af van de juiste inbouw en instellingen.
Innovatie	+/-	ipv stalafzuiging...). Opleggen van deze maatregel kan innovatie naar andere brongerichte maatregelen of systeemverandering in de weg staan.
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water...

8- Aannames

Retrofit van bestaande stallen is niet mogelijk in varkensstallen. De volledige stal moet vernieuwd worden. De invester ing voor nieuwbouw van een zeugenstal met 992 zeugenplaatsen (900 G.A.Z.) , 1-weeks product iesysteem bedraagt € 3.245 per zeugenplaats. Hiervan is € 1.975 voor bouwkosten stal (incl. grondwerk) en € 1.270 voor inr icht ing en algemene voorzieningen. De nieuwbouw is inclusief 4.576 gespeende biggen plaatsen en 255 plaatsen voor opfok van 25 kg tot dekken. Investering per G.A.Z. is € 3.577. (KWIN 2021-2022). Hier bovenop komt de meerkost voor investeringen in een luchtwasser in nieuwbouw (137,5 € per GAZ). Daarnaast wordt ook een operationele kost voor een luchtwasser gerekend van 17 € per G.A.Z.
Landbouwers worden dus geforceerd om versneld een nieuwbouwstal te zetten (tegen uiterlijk 2030). Minder rendabelere bedrijven zullen mogelijk sluiten omdat ze dergelijke zware investering niet zien zitten.

Voedermaatregel ruw eiwit zeugen

1 - Beschrijving van de maatregel

Voedermaatregelen bij varkens hebben een potentieel om de stikstofemissies te reduceren. Er wordt een wezenlijke verandering aan het basisrantsoen verondersteld. "wezenlijk" is niet meer mogelijk tov 2015, wegens reeds verregaand geöptimaliseerd. Een verdere maar beperkte daling van ruw eiwit (min 1% tijdens de twee fasen) kan mits een toename van voederkosten

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	6,59	berekend op basis van 1210 kg voerverbruik zeug (gemiddeld landbouwcijfers DepL&V 2015-2019); 72 % hiervan in lactatie aan 16 RE, rest aan 13 %RE. Een verdere, meer beperkte vermindering van RE% naar 15 en 12% resp. aan een meerkost van 8 euro per ton.
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	4,35	Emissiefactoren zeugen in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,3	per zeug

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	9,68	meerkost van het voeder: 8 euro / ton (expert guess)
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	10	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg N	33,8	€/kg N	41,0

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

het verlagen van het ruw eiwit met 1% ten opzichte van de referentiesituatie, waarvan we kunnen denken dat die economisch optimaal is, is dan duidelijk suboptimaal en gaat met een meerkost voor het formuleren van het voeder gepaard. aldus zal ook het potentieel beperkt blijven. bovendien wordt deze maatregel over-ruled door technologische oplossingen, zoals de luchtwasser. immers , als daarna toch nog een luchtwasser zou nodig blijken, dan zuivert die mede de berekende reductie winst mee, en komt de netto reductie van de voedermaatregel op 20%, of 0,075 kg per dierplaats per jaar, waardoor de kost-effectratio op het vijfvoudige, of meer dan 125 euro per kg NH3

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	minder NH3 in de stallucht als brongerichte maatregel
Waterkwaliteit	+	minder Nexcretie als brongerichte maatreegel
Biodiversiteit	/	normaal geen oorzakelijk verband
dierenwelzijn	+	de stallucht verbetert waardoor ook de leefcondities van de varkens
Geurhinder	?	afhankelijk
Handhaving	?	wordt moeilijker geacht om te handhaven dan technische maatregelen, anderzijds zou dit kunnen gecontroleerd worden op basis van aankoopfacturen

8- Aannames

Kostprijsverhoging van het voeder is een experteninschatting. Het relatieve reductie-effect op de N-balans (namelijk 8,7%)is lineait doorgetrokken als effect op de ammoniakemissie

Voedermaatregelen benzoëzuur zeugen

1 - Beschrijving van de maatregel

opname van benzoëzuur uit het voer veroorzaakt een daling van de pH van de urine en de mest. Hierdoor wordt de ammoniumstikstof in de urine in veel mindere mate omgezet tot ammoniak. Een reductie van 15% lijkt uit diverse studies een voorzichtige inschatting.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	15	in Nederland werd het effect doorgemeten op 4 bedrijven volgens het officiële protocol (Aarnink et al., 2008). Er werd een gemiddelde reductie van 15,8% vastgesteld. In een recente studie (Eriksen et al., 2014) onder semi-praktijkomstandigheden (mest werd verzameld en gemengd) werd een reductie van 28% vastgesteld. Een reductie van 15% lijkt dus een voorzichtige inschatting
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	4,35	Emissiefactoren zeugen in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,7	per zeug

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	18,17	meerkost van het voeder: 15 euro / ton
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar		

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg N	27,8	€/kg N	33,8

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

gunstige effecten zullen allicht nog hoger liggen omdat ook de voederconversie met zo'n 3 % zal verbeteren. Maar, dezelfde opmerkingen gelden voor de andere voedermaatrregelen, spijts feit dat ze als bronmaatregel te verkiezen zijn, zullen ze over-ruled worden door AEA en luchtwassers

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	minder NH3 in de stallucht als brongerichte maatregel
Waterkwaliteit	-?	verschuiving van probleem naar uitrijden mest mogelijk wegens meer ammonium stikstof in de mest
dierenwelzijn	+	betere darmgezondheid
Geurhinder	?	
Handhaving	?	wordt moeilijker geacht om te handhaven dan technische maatregelen, anderzijds zou dit kunnen gecontroleerd worden op basis van aankoopfacturen

8- Aannames

Kostprijsverhoging van het voeder is een experteninschatting. Het relatieve reductie-effect op de N-balans (namelijk 8,7%)is lineait doorgetrokken als effect op de ammoniakemissie

Voedermaatregelen verlaagd REinput +benzoëzuur zeugen+A1:J30

1 - Beschrijving van de maatregel

combinatie van de beide voedermaatregelen samen. de effecten op ammoniakreductie zijn NIET ADDITIEF, de kosten echter wel!

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	22	combinatie van 6.59% en 93.41% van 15%
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	4,35	Emissiefactoren zeugen in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	1,0	per zeug

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	27,85	meerkost van het voeder en benzoëzuur
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar		

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg N	28,6	€/kg N	34,7

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

kost-effecten ratio ligt tussen deze van de twee aparte maatregelen

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	minder NH3 in de stallucht als brongerichte maatregel
Waterkwaliteit	-?	verschuiving van probleem naar uitrijden mest mogelijk wegens meer ammonium stikstof in de mest
dierenwelzijn	+	betere darmgezondheid
Geurhinder	?	
Handhaving	?	wordt moeilijker geacht om te handhaven dan technische maatregelen, anderzijds zou dit kunnen gecontroleerd worden op basis van aankoopfacturen

8- Aannames

Afbouw veestapel fokvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van fokvarkens en gebruiken de gemiddelde aanwezige aantal zeugen (GAZ) als maatstaf.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	7,938	Emissiefactoren in EMAV 2.0. We veronderstellen 5,2 biggen per gemiddeld aanwezige zeug. (op basis van trendwaarde productiviteit van de zeugen)
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	7,9	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	422	Bruto saldo fokvarkens in € per gemiddeld aanwezig zeug. Gemiddelde 2015-2019
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	422	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0,00%	0,00%	

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg NH3	53,2	€/kg N	64,6

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas).
Waterkwaliteit	+	
voedselproductie	-	minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	eventuele geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

Bruto saldo is het verschil tussen de opbrengsten en de totale variabele kosten, m.a.w. de opbrengsten die gebruikt worden om vaste kosten en eigen arbeid te vergoeden. of met andere woorden, het bruto saldo levert de contributiemarge om de vaste kosten te vergoeden.

Afbouw veestapel fokvarkens 25p

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van fokvarkens en gebruiken de gemiddelde aanwezige aantal zeugen (GAZ) als maatstaf.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	7,938	Emissiefactoren in EMAV 2.0. We veronderstellen 5,2 biggen per gemiddeld aanwezige zeug. (op basis van trendwaarde productiviteit van de zeugen)
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	7,9	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	114,54	Bruto saldo fokvarkens in € per gemiddeld aanwezig zeug. Gemiddelde 2015-2019 van 25percentiel minst rendabele bedrijven
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	115	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0,00%	0,00%	

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg NH3	14,4	€/kg N	17,5

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
voedselproductie	-	sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge
Geurhinder	+	eventuele geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

We nemen aan dat de emissiereductie dezelfde is als bij een gemiddelde zeug. in werkelijkheid zal het 25-percentiel iets minder efficiente zeugen bevatten
We gaan er eenvoudigheidshalve vanuit dat dit geldt voor 25% van de veestapel, hetgeen een overschatting is. Afgaande op de gemiddelde bedrijfsgrootte van bedrijven in deze groep in 2019 en de vergelijking in andere groepen, zal dit eerder in de buurt van 16% van de dieren zijn die in dit 25-percentiel van de bedrijven zit.

AEA-stallen vleesvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

Sinds 2004 worden nieuwgebouwde en gerenoveerde varkensstallen verplicht NH3-emissiearm uitgevoerd. In de AEA lijst staan een aantal systemen. Het gaat hier vooral om vloersystemen waarbij emitterende oppervlak wordt verkleind, scheiden van mest en urine en koelsystemen.
Voor vleesvarkens gaan we uit van de meest toegepaste variant V1.7 met een halfroostersysteem met bolle vloer, water-en mestkanaal met daarboven betonroosters. In het mestkanaal zijn schuine putwanden vereist. (Departement Landbouw & Visserij, 2020)
De meerkost die is doorgerekend betreft het versneld invoeren van nieuwbouw en renovatie.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	50	AEA-lijst in kader van MB 31 mei 2011, Departement Landbouw & Visserij 2020 en assumpties in EMAV 2.0
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	3	Emissiefactoren in EMAV 2.0 voor een vleesvarken
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	1,5	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	Standaard levensduur verondersteld voor bouwwerken.
Direct kosten: CAPEX	€/dp	152,088064	KWIN 2020-2021 (Mestkelders met (water - en) mestkanaal; mestkanaal met schuine putwand: Met roosters anders dan metalen dr iekant op het mestkanaal). Meerkost is de versnelde invoering van een nieuwbouw gedurende 5 jaar aan 2,5% intrestvoet per jaar.
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	0	We veronderstellen geen additionele operationele kosten voor AEA stallen conform KWIN 2020-2021
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	nvt	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	12,60%	18%	18%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	9,3	€/kg N	11,3	KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Departement Landbouw & Visserij geeft aan dat EF 1,2 kg NH3/dp/j mogelijk moet zijn voor dit type stal. Het rendement kan dus nog hoger liggen. Landbouwers worden dus geforceerd om versneld een nieuwbouwstal te zetten (tegen uiterlijk 2030). Minder rendabelere bedrijven zullen mogelijk sluiten omdat ze dergelijke zware investering niet zien zitten.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Naast ammoniak emissies worden ook emissies van methaan verminderd. Ook de productie van fijn stof zou dalen. Deels is dit ook afhankelijk vand e nabehandeling van de mest na afvoer uit de stal.
Dierenwelzijn	+	Doordat het stalklimaat verbetert zal dit zich deels vertalen in een betere gezondheid en groei van de dieren. De beloopbaarheid van vloeren is wel een aandachtspunt
Geurhinder	+	veroorzaakt minder geur door de gescheiden opvang van urine en mest, afhankelijk van de oplsag vande mest
Flexibiliteit	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water…

8- Aannames

Retrofit van bestaande stallen is niet mogelijk in varkensstallen. De volledige stal moet vernieuwd worden. De invester ing voor nieuwbouw van de beschreven vleesvarkensstal met 5.040 vleesvarkensplaatsen met 1,0 m2 leefoppervlak per dier bedraagt € 612,- per vleesvarkensplaats. Hier bovenop komen de kosten voor AEA-maatregelen. We veronderstellen mestkelders met (water - en) mestkanaal; mestkanaal met schuine putwand: Met roosters anders dan metalen driekant op het mestkanaal. De kostprijs hiervoor bedraagt €, 35 - per vleesvarkensplaats (KWIN 2020-2021)

Luchtwassers vleesvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

Sinds 2004 worden nieuwgebouwde en gerenoveerde varkensstallen verplicht NH3-emissiearm uitgevoerd. In de AEA lijst staan een aantal systemen. Op de lijst komen zowel biologische als chemische luchtwassers voor. Er zijn geen leveranciers van dergelijke luchtwassers in Vlaanderen. Op dit moment worden rendementen verondersteld van 70% voor dergelijke systemen, maar met monitoring en onderhoud kunnen deze systemen rendementen halen van 90%. Conform assumpties in het luchtbeleidsplan gaan we uit van chemische luchtwassers met een rendement van 80%.
De meerkost die is doorgerekend betreft het versneld invoeren van nieuwbouw en renovatie.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	80	Departement Landbouw & Visserij 2020 en assumpties in EMAV 2.1
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	3	Emissiefactoren in EMAV 2.0 voor een vleesvarken
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	2,4	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	Standaard levensduur verondersteld voor bouwwerken (investering nieuwbouw, levensduur luchtwasser is 10 jaar).
Direct kosten: CAPEX	€/dp	154,203663	KWIN 2020-2021 (Investering nieuwbouw + chemische luchtwassers wordt vervroegd gedurende gemiddeld 11 jaar)
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	7,6	KWIN 2020-2021 (Chemische luchtwassers) - operationele kost luchtwasser
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	nvt	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	12,60%	18%	18%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	9,1	€/kg N	11,0	KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende vervroeging van 11 jaar + operationele meerkost per jaar / effect gedurende 1 jaar

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Landbouwers worden geforceerd om versneld een nieuwbouwstal te zetten (tegen uiterlijk 2030). Minder rendabelere bedrijven zullen mogelijk sluiten omdat ze dergelijke zware investering niet zien zitten.
In praktijk worden luchtwassers reeds meer geïmplementeerd dan AEA-stallen, o.a. omwille van de positieve impact op geurhinder.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+/-	biologische wassers kunnen lachgas produceren; op termijn zou methaanemissiereductie mogelijk
Waterkwaliteit	-	spuiwater bij chemische luchtwassers bevat ammoniumsulfaat (chemische) (40 l per vleesvarken per jaar of 125 l per zeug) of nitraten (biologische). Beide spuiwaters kunnen als meststof gebruikt worden. Uitspoeling van sulfaat naar grond- en oppervlaktewater mogelijk.
Dierenwelzijn	-	De luchtkwaliteit in de stal wordt niet gewijzigd. Zeker bij varkens een probleem omdat er wordt gewerkt met dichte stallen. Het binnenklimaat blijft dus niet optimaal voor dier en landbouwer. Bovendien daalt de investering per dier naarmate er meer dieren worden gehouden. Vraag is of schaalvergroting vanuit standpunt dierenwelzijn wenselijk is. Ook ruimtelijk kan dit niet gewenst zijn.
Energiegebruik	-	De luchtwasser verbruiken tamelijk veel energie en water. De werking hangt af van de juiste inbouw en instellingen.
Innovatie	+/-	ipv stalafzuiging...). Opleggen van deze maatregel kan innovatie naar andere brongerichte maatregelen of systeemverandering in de weg staan.
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water...

8- Aannames

Retrofit van bestaande stallen is niet mogelijk in varkensstallen. De volledige stal moet vernieuwd worden. De investering voor nieuwbouw van de beschreven vleesvarkensstal met 5.040 vleesvarkensplaatsen met 1,0 m2 leefoppervlak per dier bedraagt €612,- per vleesvarkensplaats. Hier bovenop komen de kosten voor de luchtwasser. De investering hiervoor bedraagt €44 - per vleesvarkensplaats (KWIN 2020-2021) Daar bovenop komt een jaarlijkse operationele kost van €7,6 - per vleesvarkensplaats (KWIN 2020-2021)

Voedermaatregelen ruw eiwit vleesvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

Voedermaatregelen bij varkens hebben een potentieel om de stikstofemissies te reduceren. Er wordt een wezenlijke verandering aan het basisrantsoen verondersteld. "wezenlijk" is niet meer mogelijk tov 2015 waarbij veralgemeende toepassing van meerfasevoedering kan verondersteld worden. referentie: aannames volgens Millet et al. (2018), toegepast op de technische resultaten van vleesvarkens 2015.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	9,57	eigen berekening op basis van Van Meensel et al. (2010) met Pigs2win-model , technische kengetallen vleesvarkens2015 en RE gehaltes volgen Millet et al. 2018, met 125 RE in de laatste fase in plaats van 138 RE
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	3	Emissie-factoren EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,3	per dierplaats

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	2,87	eigen berekening op basis van Van Meensel et al. (2010) met Pigs2win-model , technische kengetallen vleesvarkens2015 : in de laatste fase met verminderd RE gebruik wordt 141 kg voer verorberd , met expert guess van 8 euro meerkost, en om te rekenen naar dierplaats (mestduur 139 en 5 dagen dode tijd)
OPEX	€/dp/jaar		

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg N	10,0	€/kg N	12,1

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	minder NH3 in de stallucht als brongerichte maatregel
Waterkwaliteit	+	minder Nexcretie als brongerichte maatregel
Biodiversiteit	/	normaal geen oorzakelijk verband
Geurhinder	?	
Dierenwelzijn	+	de stallucht verbetert waardoor ook de leefcondities van de varkens
Handhaving		wordt moeilijker geacht om te handhaven dan technische maatregelen, anderzijds zou dit kunnen gecontroleerd worden op basis van aankoopfacturen

8- Aannames

kostprijsverhoging van het voeder is een experteninschatting. Het relatieve reductie-effect op de N-balans (namelijk 8,7%)is lineair doorgetrokken als effect op de ammoniakemissie

Voedermaatregelen benzoëzuur vleesvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

opname van benzoëzuur uit het voer veroorzaakt een daling van de pH van de urine en de mest. Hierdoor wordt de ammoniumstikstof in de urine in veel mindere mate omgezet tot ammoniak. Een reductie van 15% lijkt uit diverse studies een voorzichtige inschatting

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	15	in Nederland werd het effect doorgemeten op 4 bedrijven volgens het officiële protocol (Aarnink et al., 2008). Er werd een gemiddelde reductie van 15,8% vastgesteld. In een recente studie (Eriksen et al., 2014) onder semi-praktijkomstandigheden (mest werd verzameld en gemengd) werd een reductie van 28% vastgesteld. Een reductie van 15% lijkt dus een voorzichtige inschatting
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	3	Emissiefactoren vleesvarkens in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,5	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	10,24	meerkost van het voeder: 15 euro / ton en 683 kg voer per dierplaats per jaar (gemiddelde van 2015-2019)
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar		

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg N	22,8	€/kg N	27,6

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Dezelfde opmerkingen gelden voor de andere voedermaatrregelen, spijts feit dat ze als bronmaatregel te verkiezen zijn, zullen ze over-ruled worden door AEA en luchtwasser

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	minder NH3 in de stallucht als brongerichte maatregel
Waterkwaliteit	-?	meer ammoniumstikstof in de mest, dus risico op verschuiving van probleem
Geurhinder	?	
Dierenwelzijn	+	darmgezondheid verbetert
Handhaving		wordt moeilijker geacht om te handhaven dan technische maatregelen, anderzijds zou dit kunnen gecontroleerd worden op basis van aankoopfacturen

8- Aannames

Kostprijsverhoging van het voeder is een experteninschatting. Het relatieve reductie-effect op de N-balans (namelijk 8,7%) is lineait doorgetrokken als effect op de ammoniakemissie

Voedermaatregelen verlaagd REinput + benzoëzuur vleesvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

combinatie van de beide voedermaatregelen samen. de effecten op ammoniakreductie zijn NIET ADDITIEF, de kosten echter wel! Hierdoor wordt verwacht dat de kost-effecten ratio tussen deze van beide maatregelen zal vallen, zie ook bij de zeugen

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	23	combinatie van 9.57% en 91.43% van 15%
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	3	Emissiefactoren zeugen in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,7	per vleesvarkenplaats

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	13,12	meerkost van het voeder en benzoëzuur
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar		

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg N	18,9	€/kg N	23,0

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

kost-effecten ratio ligt tussen deze van de twee aparte maatregelen

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	minder NH3 in de stallucht als brongerichte maatregel
Waterkwaliteit	-?	verschuiving van probleem naar uitrijden mest mogelijk wegens meer ammonium stikstof in de mest
dierenwelzijn	+	betere darmgezondheid
Geurhinder	?	
Handhaving	?	wordt moeilijker geacht om te handhaven dan technische maatregelen, anderzijds zou dit kunnen gecontroleerd worden op basis van aankoopfacturen

8- Aannames

Voedermaatregelen integraal vleesvarkens (RE-input vermindering+benzoëzuur+verbeterde prestaties)

1 - Beschrijving van de maatregel

over benzoëzuur wordt tevens gerapporteerd dat het gunstige gevolgen heeft op de darmgezondheid, en daardoor zowel de groeisnelheid als de voederconversie bevordert. Indien de prestatie-verbetering , gerapporteerd door Praktijkbedrijf Raalte 'zie bron ieronder), dan wordt deze maatregel zelf kostenneutraal. onderstaande simulaties zijn gebeurd met een voorzichtige inschatting van prestaties:groeisnelheid wordt met 20 gram per dag versneld, en de voederconversie verbetert met .05 (telkens de helft van de waarden in het Raalte rapport)

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	25	de verbeterde technische prestaties leiden tevens tot een lichte verlaging van de stikstofbalans
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	3	Emissiefactoren vleesvarkens in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,8	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	2,73	meerkost van het voeder en benzoëzuur, maar gecorrigeerd met toegenome voederwinst, die 10,4 euro per dierplaat bedraagt. BRON: van der Peet-Schwering, C, Verdoes N. & Plagge, J. (1998). Invloed van benzoëzuur in voer op de technische resultaten en urine-pH van vleesvarkens. Raalte , Proefverslag Praktijkonderzoek varkens
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar		

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg N	3,6	€/kg N	4,4

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Dezelfde opmerkingen gelden voor de andere voedermaatrregelen, spijts feit dat ze als bronmaatregel te verkiezen zijn, zullen ze over-ruled worden door AEA en luchtwasser

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	minder NH3 in de stallucht als brongerichte maatregel
Waterkwaliteit	-?	meer ammoniumstikstof in de mest, dus risico op verschuiving van probleem
Geurhinder	?	
Dierenwelzijn	+	darmgezondheid verbetert
Handhaving		wordt moeilijker geacht om te handhaven dan technische maatregelen, anderzijds zou dit kunnen gecontroleerd worden op basis van aankoopfacturen

8- Aannames

Kostprijsverhoging van het voeder is een experteninschatting. Het relatieve reductie-effect op de N-balans (namelijk 8,7%) is lineait doorgetrokken als effect op de ammoniakemissie

Afbouw veestapel vleesvarkens

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van afbouw van vleesvarkens.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	3	Assumpties in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	3,0	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	55,82	Bruto saldo in € per gemiddeld aanwezig vleesvarken. Gemiddelde 2015-2019
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	56	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0,00%	0,00%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg NH3	18,6	€/kg N	22,6

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Bruto saldo is het verschil tussen de opbrengsten en de totale variabele kosten, m.a.w. de opbrengsten die gebruikt worden om vaste kosten en eigen arbeid te vergoeden.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
Voedselproductie	-	Minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Eventuele geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

Afbouw veestapel vleesvarkens 25p

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van afbouw van vleesvarkens van het 25-percentiel minst rendabele bedrijven.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	3	Assumpties in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	3,0	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dp		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dp/jaar	19,46	Bruto saldo in € per gemiddeld aanwezig vleesvarken. Gemiddelde van 25percentiel minst rendabele bedrijven 2015-2019
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dp/jaar	19	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0,00%	0,00%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	6,5	€/kg N	7,9	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
Voedselproductie	-	Minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

We nemen aan dat de emissiereductie dezelfde is als bij een gemiddelde zeug. in werkelijkheid zal het 25-percentiel iets minder efficiente vleesvarkens bevatten waardoor het impact op emissiereductie in werkelijkheid iets hoger zal liggen dan hier in de berekeningen verondersteld.
We gaan er eenvoudigheidshalve vanuit dat dit geldt voor 25% van de veestapel, hetgeen een overschatting is. Afgaande op de gemiddelde bedrijfsgrootte van bedrijven in deze groep in 2019 en de vergelijking in andere groepen, zal dit eerder in de buurt van 16,5% van de dieren zijn die in dit 25-percentiel van de bedrijven zit.

AEA-stallen legkippen

1 - Beschrijving van de maatregel

Sinds 2004 is het voor alle nieuwe en te renoveren stallen voor leghennen, opfokpoeljen en ouderdieren verplicht een systeem toe te passen dat voorkomt op de 'lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen'. Deze bij nieuwbouw toegelaten stalsystemen hebben gemeen dat de eraan toegekende emissiefactor gereduceerd wordt. Het versneld invoeren van deze stalsystemen en kiezen voor systemen met een hoger rendement zijn maatregelen die bijdragen aan de doelstelling van de PAS. (Departement Landbouw en Visserij, 2019)
Voor leghennen gaan we uit van een grondhuisvestingssysteem, incl. AEA maatregelen. (met beluchting onder gedeeltelijk verhoogde roosters (perfosysteem)).
Gezien bestaande niet AEA stallen vooral uit grondleg-systemen bestaan en er een trend is naar meer grondleg-systemen is deze aanname gemaakt.
De meerkost die is doorgerekend betreft het versneld invoeren van nieuwbouw en renovatie.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	50	AEA-lijst in kader van MB 31 mei 2011. Standaard rendement verondersteld bij AEA stallen
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	0,17	Emissiefactor legkippen grondhuisvesting EMAV 2,0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,09	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	Standaard levensduur stallen
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	7,2	Investeringskost in nieuwbouw grondleg-systeem incl. AEA. Meerkost is de versnelde invoering van een nieuwbouw gedurende 9 jaar.
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats/jaar	0,17	Operationele meerkost AEA stal (energie) versus conventionele stal legkippen (KWIN 2020-2021)
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats/jaar	nvt	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	83,14 %	91 %	91 %	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	11,9	€/kg N	14,5	KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende vervroeging van 11 jaar + operationele meerkost per jaar / effect gedurende 1 jaar

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Naast ammoniak kunnen emissies van methaan verminderen. Ook de productie van fijn stof zou dalen. Deels is dit ook afhankelijk vand e nabehandeling van de mest na afvoer uit de stal.
Dierenwelzijn	+	Doordat het stalklimaat verbetert zal dit zich deels vertalen in een betere gezondheid en groei van de dieren.
Geurhinder	+	Veroorzaakt in principe minder geur
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water...

8- Aannames

Een nieuwbouwstal (Grondhuisvesting van legrassen) vergt een investering van 35,00 €/dierplaats. (KWIN 2020/2021) De meerkost van de AEA-maatregelen bedraagt 2,9€/dierplaats. Bijkomende operationele kosten voor AEA bedragen 0,17€ per dierplaats per jaar.

Luchtwassers legkippen

1 - Beschrijving van de maatregel

Sinds 2004 is het voor alle nieuwe en te renoveren stallen voor leghennen, opfokpoeljen en ouderdieren verplicht een systeem toe te passen dat voorkomt op de 'lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen'. Deze bij nieuwbouw toegelaten stalsystemen hebben gemeen dat de eraan toegekende emissiefactor gereduceerd wordt. Het versneld invoeren van deze stalsystemen en kiezen voor systemen met een hoger rendement zijn maatregelen die bijdragen aan de doelstelling van de PAS. (Departement Landbouw en Visserij, 2019)
Voor leghennen gaan we uit van een grondhuisvestingssysteem. Gezien bestaande niet AEA stallen vooral uit grondleg-systemen bestaan en er een trend is naar meer grondleg-systemen is deze aanname gemaakt.
Luchtwassers (chemisch of biologisch) zijn technieken die een hoger rendement halen dan standaard AEA stallen. In praktijk wordt de techniek echter nauwelijks toegepast voor kippen. In Nederland gebeurt de toepassing al wel frequenter. Kostencijfers zijn ook opgenomen in de KWIN.
De meerkost die is doorgerekend betreft het versneld invoeren van nieuwbouw en renovatie en de operationele meerkost.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	80	Rendementen luchtwassers verondersteld in luchtbeleidsplan
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	0,17	Emissiefactoren legkippen grondhuisvesting in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,14	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	Standaard levensduur verondersteld voor bouwwerken (investering nieuwbouw, levensduur luchtwasser is 10 jaar).
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	7,5	Investeringskost in nieuwbouw grondleg-systeem incl. gemiddelde kostprijs chemische luchtwassers 70% en 95% KWIN 2020-2021. Meerkost is voor het vervroegd investeren in nieuwbouw gedurende gemiddeld 9 jaar.
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats/jaar	0,655	Operationele kosten chemische luchtwasser
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats/jaar	nvt	Totale jaarlijkse kost wordt niet berekend bij vervroegd investeren. Dit wordt rechtstreeks verwerkt in de KE-ratio.

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	0,00%	0,00%	0,00%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	11,2	€/kg N	13,6	KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende vervroeging van 11 jaar + operationele meerkost per jaar / effect gedurende 1 jaar

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Het toepassen van luchtwassers op kippestallen is nog niet gangbaar omdat er andere AEA-systemen beschikbaar zijn met hoge reductiepercentages en omdat deze systemen moeilijker te bedrijven zijn in deze stofrijke stalomgeving.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+/-	biologische wassers kunnen lachgas produceren; op termijn zou methaanemissiereductie mogelijk kunnen worden met aangepaste luchtwassers
Waterkwaliteit	-	Spuiwater bij chemische luchtwassers bevat ammoniumsulfaat (chemische) (40 l per vleesvarken per jaar of 125 l per zeug) of nitraten (biologische). Beide spuiwaters kunnen als meststof gebruikt worden. Uitspoeling van sulfaat naar grond- en oppervlaktewater mogelijk.
Dierenwelzijn	-	De luchtkwaliteit in de stal wordt niet gewijzigd. Het binnenklimaat blijft dus niet optimaal voor dier en landbouwer. Bovendien daalt de investering per dier naarmate er meer dieren worden gehouden. Vraag is of schaalvergroting vanuit standpunt dierenwelzijn wenselijk is. Ook ruimtelijk kan dit niet gewenst zijn.
Energiegebruik	-	De luchtwasser verbruiken tamelijk veel energie en water. De werking hangt af van de juiste inbouw en instellingen.
Innovatie	+/-	Luchtwassers zijn bij pluimvee niet evident vanwege stofbelasting. Opleggen van deze maatregel kan innovatie naar andere brongerichte maatregelen of systeemverandering in de weg staan.
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water...

8- Aannames

Een nieuwbouwstal (Grondhuisvesting van legrassen) vergt een investering van 35,00 €/dierplaats. (KWIN 2020/2021) De meerkost van de luchtwasser bedraagt 4,1€/dierplaats (gemiddelde 70%-95% rendement). Bijkomende operationele kosten voor AEA bedragen 0,655€ per dierplaats per jaar.

Afbouw veestapel legkippen

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van afbouw van legkippen.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	0,1	Emissiefactoren legkippen in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,10	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dier	0	
Directe kosten: Variable OPEX	€/100dieren/jaar	610,79	Bruto saldo in € per 100 gemiddeld aanwezige leghennen. Gemiddelde 2015-2019. Departement Landbouw en Visserij, 2021
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dier/jaar	6,11	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0,00%	0,00%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg NH3	61,1	€/kg N	74,2

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
Waterkwaliteit	+	
Voedselproductie	-	Minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Eventuele geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

Bruto saldo is het verschil tussen de opbrengsten en de totale variabele kosten, m.a.w. de opbrengsten die gebruikt worden om vaste kosten en eigen arbeid te
In tegenstelling tot bij varkens en runderen wordt er geen spreiding op bruto saldi gerapporteerd voor pluimvee. De spreiding hierop is vermoedelijk ook beperkter.

AEA-stallen vleeskippen

1 - Beschrijving van de maatregel

Sinds 2004 is het voor alle nieuwe stallen voor leghennen, opfokpoeljen en ouderdieren verplicht een systeem toe te passen dat voorkomt op de 'lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen'. Sinds 2011 geldt de verplichting ook voor vleeskippen en opfokpoeljen van vleeskippenouderdieren. Deze bij nieuwbouw toegelaten stalsystemen hebben gemeen dat de eraan toegekende emissiefactor gereduceerd wordt. Het versneld invoeren van deze stalsystemen en kiezen voor systemen met een hoger rendement zijn maatregelen die bijdragen aan de doelstelling van de PAS. (Departement Landbouw en Visserij, 2019)
Voor vleeskippen gaan we uit van P-6.4.Warmtewisselaar met luchtmengsysteem voor droging strooisellaag.
De meerkost die is doorgerekend betreft het versneld invoeren van nieuwbouw en renovatie van een vleeskippen-stal (grondhuisvesting) aan 2,5% intrestvoet per jaar.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	50	AEA-lijst in kader van MB 31 mei 2011. Standaard rendement verondersteld bij AEA stallen bij emissie-berekeningen
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	0,08	
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,04	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	3,1	KWIN 2020-2021, Nieuwbouwkost grondhuisvesting voor 90,000 vleeskuikens, luchtmengsysteem voor strooiseldroging en warmtewisselaar. Meerkost is voor vervroeging investering in nieuwbouw gedurende 8 jaar.
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats/jaar	-0,15	Variabele kosten zijn besparing op energiekosten. Door warmtewisselaar dalen variabele kosten in AEA stal tov klassieke stal.
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats/jaar	0,00	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	23,28 %	60 %	60 %	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	5,6	€/kg N	6,8	vervroeging van 11 jaar + operationele meerkost per jaar / effect gedurende 1 jaar

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Naast ammoniak emissies worden ook emissies van methaan verminderd. Ook de productie van fijn stof zou dalen. Deels is dit ook afhankelijk vand e nabehandeling van de mest na afvoer uit de stal.
Dierenwelzijn	+	Doordat het stalklimaat verbetert omwille van minder geur en minder fijn stof en minder ammoniak en methaanemissie, zal dit zich deels vertalen in een betere gezondheid en groei van de dieren.
Geurhinder	+	Veroorzaakt minder geur door de gescheiden opvang van urine en mest, afhankelijk van de oplsag vande mest
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water...

8- Aannames

Een nieuwbouwstal voor vleeskippen (Grondhuisvest ing van legrassen) vergt een investering van 15,75 €/dierplaats en een jaarlijkse energiekost van 0,5€/dierplaats/jaar. (KWIN 2020/2021). Het AEA stalsyteem vergt een bijkomende investering van 1 € per dierplaats, maar geeft ook een besparing op jaarlijkse energiekosten van 0,15€ t.o.v. een klassiek stalsysteem. De operationele kosten van een conventioneel systeem zijn geen meerkosten omwille van de PAS.

Luchtwassers vleeskippen 70%

1 - Beschrijving van de maatregel

Sinds 2004 is het voor alle nieuwe stallen voor leghennen, opfokpoeljen en ouderdieren verplicht een systeem toe te passen dat voorkomt op de 'lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen'. Sinds 2011 geldt de verplichting ook voor vleeskippen en opfokpoeljen van vleeskippenouderdieren. Deze bij nieuwbouw toegelaten stalsystemen hebben gemeen dat de eraan toegekende emissiefactor gereduceerd wordt. Het versneld invoeren van deze stalsystemen en kiezen voor systemen met een hoger rendement zijn maatregelen die bijdragen aan de doelstelling van de PAS. (Departement Landbouw en Visserij, 2019)
De meerkost die is doorgerekend betreft het versneld invoeren van nieuwbouw en renovatie van een vleeskippen-stal (grondhuisvesting) aan 2,5% intrestvoet per jaar. Luchtwassers (chemisch of biologisch) zijn technieken die een hoger rendement halen dan klassieke AEA stallen. In praktijk wordt de techniek echter nauwelijks toegepast voor kippen. In Nederland gebeurt de toepassing al wel frequenter. Kostencijfers zijn ook opgenomen in de KWIN

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	80	Rendementen verondersteld in luchtbeleidsplan
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	0,08	Emissiefactoren in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,06	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	3,6	KWIN 2020-2021, Nieuwbouwkost grondhuisvesting voor 90,000 vleeskuikens + chemische luchtwasser. Gemiddelde kostprijzen chemische luchtwassers 70% en 95% KWIN 2020-2021
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	0,55	Operationele meerkost chemische luchtwasser
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	nvt	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	0,00%	0%	0%	referentie luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	15,6	€/kg N	18,9	KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Het toepassen van luchtwassers op kippestallen is nog niet gangbaar omdat er andere AEA-systemen beschikbaar zijn met hoge reductiepercentages en omdat deze systemen moeilijker te bedrijven zijn in deze stofrijke stalomgeving.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+/-	biologische wassers kunnen lachgas produceren; op termijn zou methaanemissiereductie mogelijk kunnen worden met aangepaste luchtwassers
Waterkwaliteit	-	Spuiwater bij chemische luchtwassers bevat ammoniumsulfaat (chemische) (40 l per vleesvarken per jaar of 125 l per zeug) of nitraten (biologische). Beide spuiwaters kunnen als meststof gebruikt worden. Uitspoeling van sulfaat naar grond- en oppervlaktewater mogelijk.
Dierenwelzijn	-	De luchtkwaliteit in de stal wordt niet gewijzigd. Het binnenklimaat blijft dus niet optimaal voor dier en landbouwer. Bovendien daalt de investering per dier naarmate er meer dieren worden gehouden. Vraag is of schaalvergroting vanuit standpunt dierenwelzijn wenselijk is. Ook ruimtelijk kan dit niet gewenst zijn.
Energiegebruik	-	De luchtwasser verbruiken tamelijk veel energie en water. De werking hangt af van de juiste inbouw en instellingen.
Innovatie	+/-	Luchtwassers zijn bij pluimvee niet evident vanwege stofbelasting. Opleggen van deze maatregel kan innovatie naar andere brongerichte maatregelen of systeemverandering in de weg staan.
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water...

8- Aannames

Een nieuwbouwstal voor vleeskippen (Grondhuisvest ing van legrassen) vergt een investering van 15,75 €/dierplaats en een jaarlijkse energiekost van 0,5€/dierplaats/jaar. (KWIN 2020/2021). Een chemische luchtwasser vergt een bijkomende investering van 4,225€ per dierplaats (gemiddelde 70%, 95% rendement). De operationele meerkosten van een luchtwasser bedragen 0,55€ per dierplaats per jaar.

Voorgedroogde ingekuilde snijmaissilage als strooisel (vleeskippen)

1 - Beschrijving van de maatregel

De daling in ammoniakemissie wordt behaald door het gebruik van voorgedroogde ingekuilde snijmaissilage als strooisel. Dit strooiselmateriaal heeft een lagere pH dan de traditioneel gebruikte strooiselmaterialen waardoor de vorming van ammoniak wordt geremd. (PAS-lijst)

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	40	PAS-lijst
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	0,08	Emissiefactoren in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,03	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	0	
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	0,09	7,45 rondes * 0,8kg/m² * 0,34€/kg = 2,03€/m² stal. We veronderstellen 21,5 vleeskippen per m² (conform assumpties in KWIN 2020/2021)
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	0,09	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	0,00%	0%	0%	Het is eigenlijk niet goed gekend in welke mate dit geïmplementeerd is. Er wordt in de emissieberekening geen rendement hiervoor voorzien.

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg NH3	3,0	€/kg N	3,6

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Het rendement voor deze maatregel zoals opgenomen in de bestaande PAS-lijst wordt niet bevestigd door metingen. Beschikbare meetresultaten tonen aan dat er weinig effect is door deze maatregel. (Departement Landbouw en Visserij, persoonlijke communicatie)

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*

8- Aannames

Afbouw veestapel vleeskippen

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van afbouw van vleeskippen.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	0,08	Emissiefactoren in EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,08	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dier	0	
Directe kosten: Variable OPEX	€/100dieren /jaar	348,75	Bruto saldo in € per 100 gemiddeld aanwezige vleeskippen. Gemiddelde 2015-2019
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dier/jaar	3,49	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0,00%	0,00%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg NH3	43,6	€/kg N	52,9

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
Waterkwaliteit	+	
Voedselproductie	-	Minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Eventuele geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

Bruto saldo is het verschil tussen de opbrengsten en de totale variabele kosten, m.a.w. de opbrengsten die gebruikt worden om vaste kosten en eigen arbeid te vergoeden.

In tegenstelling tot bij varkens en runderen wordt er geen spreiding op bruto saldi gerapporteerd voor pluimvee. De spreiding hierop is vermoedelijk ook beperkter.

Mestschuif- of robot melkvee

1 - Beschrijving van de maatregel

Door frequent verwijderen van de mest en urine van de loopvloer wordt de ammoniakemissie op vloerniveau gereduceerd. Er wordt vanuit gegaan dat de mestschuif- of robot hoogfrequent wordt ingezet (minimum 10x per dag) en jaarlijks wordt onderhouden.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	15	PAS-lijst
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	9,5	Emissiefactor melkvee EMAV2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	1,43	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	10	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	130	13000€ investering voor 100 plaatsen per stal (KWIN 2020-2021)
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	9,75	7,5% onderhoud en verzekering (KWIN 2020-2021)
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	24,60	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	0,00%	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan In werkelijkheid komt een mestschuif of mestrobot frequent voor. Belangrijk is de hoge frequentie en het jaarlijkse onderhoud.

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	17,3	€/kg N	21,0	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Mestschuif of mestrobot is ook belangrijke besparing in arbeid.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit		
Dierenwelzijn		
Geurhinder		

8- Aannames

Er wordt vanuit gegaan dat mestschuif of robot nog niet geïmplementeerd is in de berekening van de bestaande emissies maar in realiteit is dit standaardpraktijk. De hoge frequentie en het onderhoud is geen standaard praktijk.

Emissie-arme vloer melkvee

1 - Beschrijving van de maatregel

Het aandeel van de ammoniakemissie op de vloer is vrij groot, de urine en vaste mest komen er samen en de urease uit de vaste mest doet zijn werk om het ureum om te zetten tot ammoniak. De omzetting naar ammoniak is een proces dat zeer snel gebeurt zodat het ingrijpen op de stalvloer of op de mest die op de stalvloer komt een aanzienlijke ammoniakreductie teweegbrengt. (Departement Landbouw & Visserij, 2020) Principes die bij deze vloeren worden toegepast zijn een snelle reiniging met mestrobot of -schuif, gecombineerd met sproeien, profilering van de vloer en/of afsluiten van roostervloer met schuiven. Verschillende systemen zijn op de markt, maar rendementen liggen in dezelfde orde-grootte. De kosten kunnen wel ver uit elkaar liggen. We baseren ons in de berekening op een relatief goedkoop systeem.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	25	Departement Landbouw & Visserij, 2020. Vloer voorzien van perforaties en hellende profilering en mestschuif
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	9,5	Emissiefactor melkvee EMAV2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	2,38	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	30	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	166	hellende vloer , profilering. KWIN 2020-2021
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	0	hellende vloer , profilering. KWIN 2020-2021
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	32,53	kostprijs mestschuif toegevoegd in de berekening

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	0,00%	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg NH3	13,7	€/kg N	16,6

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Mestschuif is ook een besparing op arbeid. Bestaande vloeren retrofitten is niet altijd evident. Er bestaan ook systemen die makkelijker retrofit toelaten. In departement Landbouw & Visserij, 2016 wordt gerekend met rendementen van 54% voor emissie-arme vloeren, maar deze rendementen liggen lager in andere documenten zoals de PAS-Lijst. Kostprijzen liggen in dezelfde orde-grootte (150€/m²). Er wordt wel aangegeven dat er ook vloeren bestaan aan 75 €/m².
Er staan verschillende vloersystemen op de PAS-lijst met verschillende reductiepercentages (10-30%). 25% is maar van toepassing op enkele vloeren en al vrij hoog.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit		
Dierenwelzijn		
Geurhinder	+	veroorzaakt minder geur door de gescheiden opvang van urine en mest, afhankelijk van de oplsag van de mest
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water...

8- Aannames

Naast de kosten voor de vloer zijn ook de kosten voor de mestschuif opgenomen. We gaan er vanuit dat de stal geretrofit kan worden.
Gezien het voorzien van emissie-arme vloeren geen verplichting is, rekenen we de volledige kost door als meerkost.

Beweiding in groep 4 maanden 10u per dag (1400 uren) melkvee

1 - Beschrijving van de maatregel

"Beweiden in groep" beperkt de emissie uit de stal door voor de dieren weidegang toe te passen. In een weide is de oppervlakte waarop de dieren mesten en urineren veel groter. De kans dat mest en urine op dezelfde plaats worden uitgescheiden is veel kleiner dan in een stal, waardoor er minder NH3 gevormd wordt. In de stal zelf wordt gedurende de weide-uren geen verse mest geproduceerd. Hoeveel reductie hierdoor verkregen wordt is afhankelijk van het aantal weide-uren en het vloertype in de stal.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	10	PAS-lijst, beweiden van 1400 uren versus 0-beweiding in stal met open vloer
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	9,5	
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	0,95	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	-95	eigen doorrekeningen met ILVO rantsoenmodel en met kostprijzen uit LMN-boekhoudingen leren dat beweiding intrinsiek goedkoper is. zie punt 8: verborgen kosten.
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	-95,00	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	100%	100%	100%	EMAV 2,0 berekeningen gaan uit van 146 weidedagen voor melkvee (+/- 1400 uren)

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg N	-100,0	€/kg N	-121,4	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

In de standaard berekening van emissies wordt al een vrij groot aandeel beweiding verondersteld voor melkvee (146 weidedagen), hetgeen een overschatting is van de realiteit. Het bijkomend effect tov de referentiesituatie is dus vermoedelijk veel beperkter als 10%.
Schaalvergroting melkveehouderij heeft geleid tot minder beweiding omwille van de efficientere grasbenutting. Anderzijds geeft beweiding uitzicht op prijspremium weidemelk.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+/-	Minder ammoniakemissies door scheiding van urine en mest. Er komt minder mest in de mestopslag (dus
Waterkwaliteit	-	risico op nitraatuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater neemt toe
Dierenwelzijn	+	betere klauwgezondheid en minder uierontstekingen
imago	+	positief imago van de sector omdat koeien in de weide als zeer positief worden ervaren.
Kosten	+/-	Enkele voordelen zijn lagere loonwerkkosten, besparing op krachtvoer. ets minder grasopbrengst en kosten voor afrastering en kavelpaden. De melkopbrengst kan ook wat lager zijn.

8- Aannames

Voor de berekeningen gaan we er vanuit als referentie dat er een evenwichtig basisrantsoen is maiskuil-grasvoordroogkuil (6,95;6,95) aangevuld met perspulp (1,54), en krachtvoeders/granen/bijproducten (5,348), alle cijfers in kg DS/dag
Naarmate meer vers gras via beweiding wordt opgenomen worden bovenstaande componenten deels vermeden, uiteraard vooral bij grasvoordroogkuil.
Voor een paar varianten werden wat simulaties uitgevoerd. 6 uur – 12 uur, 70 dagen -140 dagen. Bij 6 uur beweiden is de DS opname 4 tot 6 kg (variatie is weersafhankelijk, we geven gewicht 2/3 aan goed graasweer). Kosten berekend per gemiddeld aanwezige melkkoe per jaar bij nulbeweiding: 1171 euro; beweiding 840 uur: - 97 euro; beweiding 1680 uur: -164 euro. Op basis van de cijfers zou dit een besparing betekenen ipv een kost. Er zijn echter heel wat verborgen kosten en beperkingen zoals de tijdsinvestering van de landbouwer (koeien uit de weide halen bij groepsbeweiding), het voldoende beschikbaar hebben van een huiskavel en de moeilijke combineerbaarheid met melkrobotten (toch wel de standaard in melkvee intussen).
Voor een aantal individuele bedrijven kan beweiding wel een oplossing zijn. De maatregel is ook goed te borgen. Zie ook lastenboek weidemelk.

Luchtwassers melkvee

1 - Beschrijving van de maatregel

De ammoniakemissie naar de omgeving kan ook aangepakt worden met behulp van luchtzuiveringstechnieken. De stallucht wordt afgezogen en door een biologische of chemische luchtwasser geleid die de ammoniak er uit 'wast'. We gaan hier uit van een chemische luchtwasser in een natuurlijke geventileerde stal, waardoor ook het rendement lager ligt. (PAS-lijst en Departement Landbouw & Visserij, 2020) We gaan er vanuit dat bestaande stallen vervroegd volledig herbouwd moeten worden en vervroegd gedurende 15 jaar (helft levensduur stallen). Daarnaast wordt de meerkost voor de luchtwasser (investering en operationeel) meegerekend.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	45	PAS-lijst en Departement Landbouw & Visserij, 2020. Chemisch luchtwassysteem in een mechanisch geventileerde stal
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	9,5	Standaard emissiefactor melkvee EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	4,28	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	10	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	1668,4	Ligboxenstal 140 melkkoeien, roostervloer 6 maanden mestopslag, KWIN 2020-2021 (5100-5680€/ligplaats). Kost is vervroeging gedurende 15 jaar.
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	648	Chemische luchtwasser, KWIN 2020-2021
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	80	Onderhoudspercentage afgeleid uit luchtwassers varkens, gezien niet opgenomen in de KWIN
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	154,16	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	0,00%	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	62,1	€/kg N	75,4	KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende vervroeging van 15 jaar + jaarlijkse meerkost luchtwasser per jaar / effect gedurende 1 jaar

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Nog niet toegepast in Vlaanderen. Technisch potentieel nog niet echt bewezen. Melkveestallen lenen zich minder tot het plaatsen van luchtwassers omwille van het open karakter van de de stallen. Vandaar wordt het rendement lager verondersteld. Het potentieel is echter groter (Departement Landbouw en Visserij, 2020). Er wordt daarnaast ook vanuit gegaan dat stallen vervroegd nieuw gebouwd of sterk gerenoveerd moeten worden.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+/-	biologische wassers kunnen lachgas produceren; op termijn zou methaanemissiereductie mogelijk kunnen worden met aangepaste luchtwassers
Waterkwaliteit	-	Spuiwater bij chemische luchtwassers bevat ammoniumsulfaat (chemische) (40 l per vleesvarken per jaar of 125 l per zeug) of nitraten (biologische). Beide spuiwaters kunnen als meststof gebruikt worden. Uitspoeling van sulfaat naar grond- en oppervlaktewater mogelijk.
Dierenwelzijn	-	De luchtkwaliteit in de stal wordt niet gewijzigd. Het binnenklimaat blijft dus niet optimaal voor dier en landbouwer. Bovendien daalt de investering per dier naarmate er meer dieren worden gehouden. Vraag is of schaalvergroting vanuit standpunt dierenwelzijn wenselijk is. Ook ruimtelijk kan dit niet gewenst zijn.
Energiegebruik	-	De luchtwasser verbruiken tamelijk veel energie en water. De werking hangt af van de juiste inbouw en instellingen.
Innovatie	+/-	De nadelen verbonden aan de luchtwassers kunnen door innovatie worden beperkt (bijv. kelderafzuiging ipv stalafzuiging...). Opleggen van deze maatregel kan innovatie naar andere brongerichte maatregelen of systeemverandering in de weg staan.
Investering	-	Opleggen van een technische maatregel kan leiden tot lock in waardoor de landbouwer omwille van grote investeringen geen andere maatregelen meer kan treffen bijv. In kader van klimaat, kaderrichtlijn water...

8- Aannames

Afbouw veestapel melkvee

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van afbouw van het aantal melkkoeien. De berekening gebeurt per gemiddeld aanwezige melkkoe, maar we gaan er hierbij vanuit dat ook het vervangingsvee zal afnemen.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	13,094	Emissiefactor melkvee en vervangingsvee EMAV 2.0 voor melkvee. We gaan op basis van de samenstelling van de bestaande veestapel uit van vervangingsvee < 1 j. van 0,38 per aanwezige koe en vervangingsvee (1-2 j.) van 0,48 per aanwezige koe.
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	13,09	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	0	
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	1414,08	Bruto saldo in € per gemiddeld aanwezige melkkoe. Gemiddelde 2015-2019
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	1414,08	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	108,0	€/kg N	131,1	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
Waterkwaliteit	+	Minder uitrijden van mest wat minder uitspoeling van stikstof naar water kan betekenen
voedselproductie	-	Minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Eventuele geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

Bruto saldo is het verschil tussen de opbrengsten en de totale variabele kosten, m.a.w. de opbrengsten die gebruikt worden om vaste kosten en eigen arbeid te vergoeden.

Afbouw veestapel melkvee

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van afbouw van het aantal melkkoeien.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	13,09	Emissiefactor melkvee en vervangingsvee EMAV 2.0 voor melkvee. We gaan op basis van de samenstelling van de bestaande veestapel uit van vervangingsvee < 1 j. van 0,38 per aanwezige koe en vervangingsvee (1-2 j.) van 0,48 per aanwezige koe.
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	13,09	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	0	
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	783,19	Bruto saldo in € per gemiddeld aanwezige melkkoe. Gemiddelde saldo 2015-2019 van 25 percentiel minst rendabele bedrijven.
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	783,19	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	59,8	€/kg N	72,6	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
Waterkwaliteit	+	
voedselproductie	-	mMnder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Eventuele geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

We gaan er eenvoudigheidshalve vanuit dat dit geldt voor 25% van de veestapel, hetgeen een overschatting is. Afgaande op de gemiddelde bedrijfsgrootte van bedrijven in deze groep in 2019 en de vergelijking in andere groepen, zal dit eerder in de buurt van 19% van de dieren zijn die in dit 25-percentiel van de bedrijven zit.

Voedermaatregelen vleesvee

verminderen van stikstofinput in voederranstoen

1 - Beschrijving van de maatregel

Bij vleesvee is nog verdere optimalisatie van RE% in het rantsoen mogelijk. De ILVO studie rapporteert een beduidende vermindering van ammoniakemissie tussen rantsoen dat van 16% RE naar 11,6 % RE gaat. deze proeven behoeven nog bevestiging en controle op neveneffecten. Voor de simulatie nemen we een voorzichtige terugval van 14% (grootte-orde huidige rantsoenen) naar 13 % RE (realistische daling). De maatregel is berekend voor dieren die stalrantsoen krijgen, we beperken ons tot de dieren die tussen 1-2 jaar zijn

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	20	Bron: ILVO studie; we nemen reductie tussen voeder met 14% RE en 13% RE
Emissies door bron	kg NH3/dier/j	4,4	
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dier/j	0,88	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dier		
Directe kosten: Variable OPEX	€/dier/jaar	-2,79	op basis van eigen kostprijsberekeningen van de rantsoenen uit de ILVO studie: 0,5% goedkoper voeder, toegepast op voederkosten LMN boekhoudingen vleesstieren (558 euro
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dier/jaar	-2,79	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren				referentie luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	-3,2	€/kg N	-3,8	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

twee kanttekeningen bij deze veelbelovende maatregel: (1) cijfer hierboven is een grove indicatie op basis van proeven met vaarzen, moet nog door vervolg proeven bevestigd worden. Of dit geldt voor vleesstieren is niet duidelijk. De simulatie hierboven betreffen evenwel een veilige range van daling RE-inpu van 14% naar 13 %; (2) de maatregel betreft stalrantsoenen, dus onduidelijk in hoeverre complementair aan beweiding, vandaar dat de simulaties het voorlopig enkel bij de "andere runderen 1-2 jaar". om het potentieel volledig in kaart te brengen zal een verdere verduideling van de diercategorien (EMAV-model) en complementariteit beweiding nodig zijn

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit		
Dierenwelzijn		

8- Aannames

voorlopig is de simulatie enkel gebeurd op die diercategorie die met nulbeweiding in afmest zit

BRON: Goossens Karen, Curial Sabrina, Van Overbeke Philippe, Ampe Bart, Brusselman Eva, De Campeneere Sam (2018).Impact van een verlaging van het ruw eiwit en OEB-gehalte in het rantsoen van Belgisch Witblauwe vaarzen op de ammoniakemissies gemeten in een mechanisch geventileerde ingestrooide potstal. ILVO-Mededeling, 30p

Afbouw veestapel gesloten vleesveehouderij

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. Deze ratio's worden berekend per gemiddeld aanwezige zoogkoe, maar houden ook rekening met andere aanwezige runderen.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	14,61725	Emissiefactor zoogkoeien EMAV . Daarnaast gaan we op basis van bestaande cijfers uit van de aanwezigheid van 0,9125 runderen jonger dan 1 jaar, 0,83375 runderen van 1 tot 2 jaar en 0,22 Andere Runderen per zoogkoe in een dergelijk systeem.
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	14,62	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	0	
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	368,4	Bruto saldo gesloten vleesveehouderij in € per gemiddeld aanwezige zoogkoe, gecorrigeerd voor zoogkoeienpremie. Gemiddelde 2015-2019
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	368,40	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	25,2	€/kg N	30,6	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas).
Waterkwaliteit	+	
voedselproductie	-	Minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

Bruto saldo is het verschil tussen de opbrengsten en de totale variabele kosten, m.a.w. de opbrengsten die gebruikt worden om vaste kosten en eigen arbeid te vergoeden.

Afbouw veestapel gesloten vleesveehouderij 25p

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. Deze ratio's worden berekend per gemiddeld aanwezige zoogkoe, maar houden ook rekening met andere aanwezige runderen.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	14,61725	Emissiefactor zoogkoeien EMAV . Daarnaast gaan we op basis van bestaande cijfers uit van de aanwezigheid van 0,9125 runderen jonger dan 1 jaar, 0,83375 runderen van 1 tot 2 jaar en 0,22 Andere Runderen per zoogkoe in een dergelijk systeem.
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	14,62	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	0	
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	-214,309	Bruto saldo in € per gemiddeld aanwezige zoogkoe, gecorrigeerd voor zoogkoeienpremie. Gemiddelde 2015-2019 van 25-percentiel minst rendabele bedrijven. Gecorrigeerd voor zoogkoeienpremie.
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	-214,31	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	-14,7	€/kg N	-17,8	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
Waterkwaliteit	+	
voedselproductie	-	Minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

We gaan er eenvoudigheidshalve vanuit dat dit geldt voor 25% van de veestapel, hetgeen een overschatting is. Afgaande op de gemiddelde bedrijfsgrootte van bedrijven in deze groep in 2019 en de vergelijking in andere groepen, zal dit eerder in de buurt van 19,5% van de dieren zijn die in dit 25-percentiel van de bedrijven zit. De variatie op bedrijfsgrootte is minder uitgesproken als bij varkens en melkvee bijvoorbeeld.

Afbouw veestapel vleesstieren

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op het verkleinen van de veestapel. We gaan in deze fiche specifiek uit van afbouw van het aantal vleesstieren bij vleesvee.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	100	
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	4,15	Gemiddelde emissiefactor runderen van 0 tot 1 jaar en 1 tot 2 jaar EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	4,15	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	1	
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	0	
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	282	Bruto saldo in € per gemiddeld aanwezige vleesstier. Gemiddelde 2015-2019
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	282,00	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	nvt	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	68,0	€/kg N	82,5	

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Bijkomend positief effect op de uitstoot van broeikasgassen (koolstofdioxide, methaan, lachgas). Reductie op emissies van fijn stof.
Waterkwaliteit	+	
voedselproductie	-	Minder voedselproductie en opbrengsten in eigen land. De economische effecten van een krimpende sector op de regionale economie (afnemers en toeleveranciers) zijn bij een beperkte afname op te vangen. Kan leiden tot verplaatsing van de productie naar elders in de wereld met hoger landgebruik en hoge milieuimpact.
Geurhinder	+	Geurhinder in de buurt valt weg

8- Aannames

Bruto saldo is het verschil tussen de opbrengsten en de totale variabele kosten, m.a.w. de opbrengsten die gebruikt worden om vaste kosten en eigen arbeid te vergoeden.
In tegenstelling tot bij gesloten vleesveehouderij zijn er voor vleesstieren geen spreidingsgegevens per kwartiel beschikbaar.

Chemische luchtwassers mestkalveren

1 - Beschrijving van de maatregel

Voor vleeskalveren tot 8 maanden is enkel een chemische luchtwasser toegelaten als ammoniakemissie reducerend systeem. Deze luchtwasser moet uitgevoerd worden volgens systeem S-2 zoals beschreven in de lijst van ammoniakemissiearme stalsystemen (ministerieel besluit van 19 maart 2004). Dit betekent dat de luchtwasser moet voldoen aan de eisen van een luchtwasser die bijvoorbeeld op een nieuwe varkensstal wordt geplaatst. (Departement Landbouw & Visserij, 2020) We gaan er vanuit dat bestaande stallen vervroegd volledig herbouwd moeten worden en vervroegd gedurende 15 jaar (helft levensduur stallen). Daarnaast wordt de meerkost voor de luchtwasser (investering en operationeel) meegerekend.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NH3-emissies	%	80	Standaard rendement luchtwassers in luchtbeleidsplan 2030
Emissies door bron	kg NH3/dp/j	2,5	Emissiefactor EMAV 2.0
Reductie NH3-emissies	kg NH3/dp/j	2,00	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	10	Levensduur luchtwasser
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	408,6	Meerkost nieuwbouw, vervroegd investeren gedurende 15 jaar (KWIN 2020-2021)
Direct kosten: CAPEX	€/dierplaats	116,5	Meerkost luchtwassers. Gemiddelde chemische luchtwassers 70% en 95% KWIN 2020-2021
Directe kosten: Variable OPEX	€/dierplaats /jaar	16	Gemiddelde operationele kostprijzen chemische luchtwassers 70% en 95% KWIN 2020-2021
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/dierplaats /jaar	29,31	Meerkost luchtwassers

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van dieren	0,00%	0%	0%	Luchtbeleidsplan 2030 - bijlage aannames. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NH3	28,3	€/kg N	34,3	KE-ratio is meerkost vervroeging / totale effect gedurende vervroeging van 15 jaar + jaarlijkse meerkost luchtwasser per jaar / effect gedurende 1 jaar

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	biologische wassers kunnen lachgas produceren; op termijn zou methaanemissiereductie mogelijk kunnen worden met aangepaste luchtwassers
Waterkwaliteit	-	Spuiwater bij chemische luchtwassers bevat ammoniumsulfaat (chemische) (40 l per vleesvarken per jaar of 125 l per zeug) of nitraten (biologische). Beide spuiwaters kunnen als meststof gebruikt worden. Uitspoeling van sulfaat naar grond- en oppervlaktewater mogelijk.
Dierenwelzijn	-	De luchtkwaliteit in de stal wordt niet gewijzigd. Het binnenklimaat blijft dus niet optimaal voor dier en landbouwer. Bovendien daalt de investering per dier naarmate er meer dieren worden gehouden. Vraag is of schaalvergroting vanuit standpunt dierenwelzijn wenselijk is. Ook ruimtelijk kan dit niet gewenst zijn.
Energiegebruik	-	De luchtwasser verbruiken tamelijk veel energie en water. De werking hangt af van de juiste inbouw en instellingen.
Innovatie	+/-	De nadelen verbonden aan de luchtwassers kunnen door innovatie worden beperkt (bijv. kelderafzuiging ipv stalafzuiging...). Opleggen van deze maatregel kan innovatie naar andere brongerichte maatregelen of systeemverandering in de weg staan.

8- Aannames

De extra investering voor een nieuwbouwstal voor vleeskalveren bedraag 1320 per dierplaats. Bijkomend vergt een investering in een chemisch luchtwassysteem 112 tot 122 € per dierplaats (afhankelijk van het rendement). Daarnaast vergt een chemische luchtwasser nog een bijkomende operationele kost van 15 tot 17 € per dierplaats per jaar. (KWIN 2020-2021)

Walstroom zeevaart containerschepen

1 - Beschrijving van de maatregel

Tijdens hun verblijf in de haven wekken (binnenvaart)schepen met behulp van boordgeneratoren hun eigen elektriciteit op. Als een binnenvaartschip voor de wal ligt kan het ook gebruik maken van elektriciteit die door een walaansluiting wordt geleverd, in plaats van zelf aan boord de elektriciteit op te wekken. Er wordt dan van walstroom gesproken. De walstroom wordt door een elektriciteitscentrale opgewekt en via het reguliere elektriciteitsnet aan de schepen geleverd. Om hiervan gebruik te kunnen maken, moeten de (binnenvaart)schepen hiervoor uitgerust zijn en een aansluiting maken op hiervoor speciaal ingerichte aansluitingskasten die op de kade zijn geplaatst. Deze maatregel is enkel bekeken voor containerschepen omwille van de reeds aanwezige uitrustingsgraad voor walstroom.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NOx-emissies	%	40%	90% reductie ligemissies bij containerschepen, aan - en afkoppelen aan de walstroom zijn er nog ligemisses 10%; reductie% gebaseerd op geschatte gemiddelde uitrustingsgraad voor walstroom van de containerschepen met 27% (verschilt sterk bij verschillende grootte: van 20% bij kleine tot 74% mega).
Emissies door bron	gemiddelde ligemissies containerschepen haven Antwerpen containerterminals ton Nox	1860	nota HvA prognoses voor 2030 rekening houdend met groei, schaalvergroting en vergroening vloot. . Kan sterk variëren van terminal tot terminal afhankelijk van de verdeling vloot over de treminals (range van 205 tot 520 ton)
Reductie NOx-emissies	ton Nox	744,00	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	15	
Direct kosten: CAPEX			
Directe kosten: Variable OPEX			
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX			

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2019	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van containerschepen			nvt	nota HvA

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg N	15,0	€/kg N	49,3	prognoses 2030 voor de verschillende terminals in de HvA samen ligt in een range tussen 13 en 15 € kg Nox maar kan sterk variëren tussen terminals (zie rapport)

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Mogelijke terugvloeiing van kosten via verkoop van elektriciteit
Momentum: na Vancouver en LA, zijn er ook in China en de rest van Europa projecten opgestart worden om containerterminals uit te rusten. Beschikbaarheid van de infrastructuur aan landzijde verhoogt druk op scheepvaart om meer schepen te voorzien van een gebruiksklare aansluiting. En schaalvergroting verlaagt in de toekomst de CAPEX investeringen.
Momenteel is er voor heel wat scheepstypes nog een lage uitrustingsgraad voor walstroom. De containerschepen kennen in verhouding een relatief hoge uitrustingsgraad. Als er een 'Public Push' komt bijv. verplichting vanuit Europees beleid, zal de uitrustingsgraad toenemen.
Electriciteitsvraag van een containerschip is erg hoog. Op uurbasis vragen ze het verbruik dat nodig is om 4000 tot 8000 huishoudens voor een uur van electricitiet te voorzien (OFGEM, 2020). Mogelijk moeten hiervoor aanpassingen aan het netwerk gebeuren.
Invloed van de brandstofprijzen op de rendabiliteit is groot. Verwacht wordt dat deze sterk gaan stijgen, waardoor het gebruik van walstroom interessanter kan worden.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	Andere emissies worden ook vermeden: CO2 (73%), PM (87%), SOx (89%) % gebaseerd op Belgische energie mix
Geluid	+	Geluidshinder van de draaiende motoren voor bemanning en omgeving daalt

8- Aannames

- Er wordt verondersteld dat slechts een zeker % van de containerschepen gaat uitgerust zijn met een walstroomuitrusting. Het reductiepotentieel gaat toenemen indien de bezettingsgraad van de installaties hoger gaat liggen.
- De investeringskosten en operationele kosten voor de schepen zijn niet meegenomen in deze berekening.

Versnelde vergroening binnenvaart

1 - Beschrijving van de maatregel

Deze maatregel heeft betrekking op een versnelde invoering van fase V-motoren. Fase V is al een verplichting bij nieuwe motoren of hermotorisering. Eerste motoren fase V zijn sinds begin 2021 op de markt. Onder meer door de Green Deal Continue On-Board Analyse en Diagnose emissies binnenvaart (COBALD) zal het in de toekomst mogelijk zijn dat er met een bestaande verbrandingsmotor, door de binnenvaartondernemer zelf, kan voldaan worden aan de Stage V emissie-eisen. De binnenvaartondernemer past op zijn bestaande motor een of meerdere technieken toe die een emissiebeperkend effect hebben. Voor NOx gaat het vnl. over de installatie van een SCR katalysator en roetfilter .

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NOx-emissies	%	80	70 tot 90% lager dan een CCR-II op basis van https://vergroeningbinnenvaart.be/waarom-vergroenen/regelgeving/
Emissies door bron	kg Nox/tonkm	0,00027	EF berekend op basis van totale emissies binnenvaart scenario LP2030 en totaal verwachte tonkm in 2030 (zonder modal shift). CE-Delft hanteert een iets hogere emissiefactor.
Reductie NOx-emissies	kg Nox/tonkm	0,00022	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	10	levensduur van een SCR. Motorvervanging kan veel langer duren (tot 20-30 jaar)
Direct kosten: CAPEX	€/tonkm	0,015	PBL, 2020. Gemiddelde extra investeringskost voor retrofit met SCR en roetfilter is 170000€ per schip. Ook de vervanging van een motor met een Fase V motor ligt in dezelfde grootteorde. Omzetting naar tonkm op basis aantal schepen Europese vloot en tonkm afgelegd in 2016-2017. Beschikbaar op: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl_analyse_stikstofbronmaatregelen_2
Directe kosten: Variable OPEX	€/tonkm	0,00085	PBL, 2020. De extra onderhoudskosten zijn door TNO geschat op circa 5000 euro per schip per jaar en de kosten voor Adblue op 4300 euro per schip per jaar. Omzetting naar tonkm op basis aantal schepen Europese vloot en tonkm afgelegd in 2016-2017. Beschikbaar op: https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl_analyse_stikstofbronmaatregelen_2
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/tonkm	0,0026	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van schepen	0,00%	13%	13%	referentie luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg N	12,1	€/kg N	39,9

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Stage V voor de binnenvaart slaat op de emissie-eisen van de binnenvaartmotoren die uitgewerkt zijn in bijlage II van de EU verordening 2016/1628EU verordening 2016/1628. Per 1 januari 2019 moeten nieuw aangeschafte hoofd- en hulpmotoren in de binnenvaart met een vermogen onder de 300 kW voldoen aan fase V. Voor nieuwe hoofd- en hulpmotoren met een vermogen boven de 300 kW gaan de fase V emissie-eisen per 1 januari 2020 in. De EU verordening 2016/1628 geldt voor alle nieuw te plaatsen binnenvaartmotoren voor nieuwbouw als voor hermotorisering.
Om de beoogde extra emissiedalingen te hebben moet het % Stage V motor stijgen tot minstens 40%

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+	retrofit kan leiden tot een bijkomende verlaging van fijn stof. Motorvervanging kan naast dalen van fijn stof ook leiden tot minder CO en HC uitstoot omwille van minder brandstofgebruik. De SCR katalysator kan mogelijk een NH3-slip hebben. Door de relatief hoge NOx-uitstoot uit de motor en de minder dynamische belasting van de motor in de binnenvaart is dit probleem van ammoniakslip bij binnenvaart mogelijk een stuk kleiner dan bij vrachtauto's.
Technologie	-	Een stimuleringsregeling voor retrofit of motorvervanging brengt het risico met zich mee dat de mogelijkheden voor uitrol van (semi-)elektrische aandrijving op langere termijn worden beperkt

8- Aannames

- De berekening van de kosten per tonkm is gebeurd met gemiddelde tonkm per schip op basis van Europese schepen en de totale tonkm afgelegd in 2016. Belgische cijfers laten niet toe om het onderscheid te maken tussen tonkm vervoerd door Belgische en buitenlandse schepen. Dit is uiteraard sterk afhankelijk van het type schip en het aantal ladingen. Zie ook: https://www.itb-info.be/nl/gp_statistisch-overzicht_216.aspx. In totaal werden 147 miljard tonkm vervoerd door 13.220 schepen of 11 miljoen tonkm per schip per jaar.
- Voor de gemiddelde investeringskost en operationele kosten is uitgegaan van een gemiddeld schip en van een aandeel van 50 procent van de schepen waarin zowel een SCRkatalysator als een roetfilter wordt geïnstalleerd. Stage-V motoren zijn circa 10 procent efficiënter dan eerdere generaties, waardoor bij motorvervanging wordt bespaard op de brandstofkosten. Hierdoor zouden de operationele kosten lager liggen.

Snelheidsverlaging 120->90km/u

1 - Beschrijving van de maatregel

De maatregel houdt een verlaging in van de maximum snelheid op bepaalde delen van de autosnelwegen van 120 km/u naar 90 km/u. De wijze waarop een dergelijke maatregel wordt geïmplementeerd en wordt afgedwongen kan verschillende vormen aannemen, zoals bv. trajectcontrole of andere vormen van controle. Dat zal een invloed hebben op de implementatie- en handhavingskosten. Deze kosten beschouwen we hier niet. We beschouwen in de berekening vooral de kosten van de tijdsvertraging, de baten in brandstofverbruik (excl. taksen) versus het reducerend effect op de emissies.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NOx-emissies	%	32	Berekeningen met emissiemodel FastRace
Emissies door bron	kg NOx/100vkm lichte voertuigen	0,0163	FASTRACE S2VKP_CPT2017_2030 emissieberekeningen voor luchtbeleidsplan2030 lichte voertuigen, enkel snelweg
Reductie NOx-emissies	kg NOx/100vkm lichte	0,005216	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	nvt	
Direct kosten: CAPEX	€/km	/	
Directe kosten: Variable OPEX	€/100vkm	2,98	eigen berekening op basis van methode Mayeres 2015, prijspeil 2020. er wordt gerekend met een tijdsreductie van 15 min per 100vkm en een waarde voor verloren uur van 13€/u. Als brandstofprijs wordt een gemiddelde van 1,48€/l incl. BTW gehanteerd. Daarnaast wordt ook rekening gehouden met de lagere ontvangsten taxen en kosten distortieve belastingen van 1,2€/100vkm
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/100vkm	2,98	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van km	0,00%	0%	0%	referentie luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio	€/kg NOx	571,3	€/kg N	1877,2

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Enkel op snelwegen mogelijk. Een daling van de snelheidslimiet van 70 naar 50 op lokale wegen veroorzaakt hogere emissies.
Recente studies op de ringen rond Antwerpen, Brussel en Gent met een microsimulatiemodel waarbij ook doorstroom kan meegenomen worden, wijzen op lagere NOx emissiereductie%: max. 15%
De snelheidsbeperking is niet voldoende om de gewenste reductiepercentages in de scenario's te behalen omdat dit enkel effect heeft op snelwegen. Er wordt 24 tot 63% van de gewenste reductie voor transport in de S-scenario's gerealiseerd zoals verwacht in de scenario's.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	++	Naast NOx emissies, zullen ook emissies van andere polluenten dalen o.a. CO2, NMVOS, SO2 en PM2.5
Congestie	+/-	De snelheidsbepreking kan een positief of negatief effect hebben op de doorstroom van wagens
Ongevalrisico	+	Lagere snelheden zorgen voor een lager ongevalrisico
Geluid	+	Het geluid van de motoren is lager. Minder overlast in de buurt.
Modal shift	+	Een verandering van de transportvraag en de modale keuze (onder invloed van de verandering van de gegeneraliseerde kost door de hogere tijdskost en lagere brandstofkosten)

8- Aannames

Er wordt geen rekening gehouden met de volgende effecten:
- een verandering van de transportvraag en de modale keuze (onder invloed van de verandering van de gegeneraliseerde kost door de hogere tijdskost en lagere brandstofkosten);
-de impact op de congestie en de ermee gepaard gaande effecten op het verkeerssysteem;dit vereist de inzet van een microsimulatiemodel voor de verkeersafwikkeling, wat gegeven de beschikbare tijd niet kan berekend worden;
- de impact op geluidshinder;
- de kosten en opbrengsten van de implementatie en handhaving van de snelheidsbeperking;
- we gaan er ook vanuit dat in de huidige situatie de gemiddelde werkelijk gereden snelheid bij limiet 120 km/u 110 km/u is en de gemiddelde werkelijk gereden snelheid bij limiet 90km/u 80 km/u is.
- een eventuele impact op de kosten van wegonderhoud.
- verschuiving van verkeersstromen door verandering van snelheidslimieten

Versnelde vergroening wagenpark (elektrificatie benzine-wagens)

1 - Beschrijving van de maatregel

Een snellere elktrificatie van het wagenpark verlaagt emissies. Door de geleidelijke daling van de prijs van elektrische auto's wordt deze shift interessanter. Momenteel is de totale cost of ownership (voor gemiddeld 15000 km per jaar en na 10 jaar vervangen) in de klasse "stadswagens" en "kleine middenklasse" voor sommige merken reeds kleiner voor een elektrische wagen in vgl met een benzine. Voor de meeste middenklasse-wagens is de total cost of ownership voorlopig nog altijd hoger. Als we echter corrigeren voor taksen en subsidies (op aankoop, onderhoud en brandstof) blijft elektrisch rijden duurder op dit moment voor alle voertuigtypes. We illustreren dit aan de hand van een berekening voor een kleine stadswagen benzine versus elektrisch.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NOx-emissies	%	100	Elektrificatie van lichte voertuigen (zero emission vehicles). We gaan er hierbij wel vanuit dat de productie van elektriciteit voor deze voertuigen geen NOxemissies veroorzaakt.
Emissies door bron	kg NOx/100vkm LV	0,015	FASTRACE scenario voor luchtbeleidsplan 2030 S2VKP_CPT2017_2030 EF enkel lichte voertuigen, alle wegen
Reductie NOx-emissies	kg NOx/100km/j	0,015	

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar	10	Voor een berekening van de total cost of ownership kan verwezen worden naar: https://www.milieuvriendelijkevoertuigen.be/sites/default/files/tco-tool/ We zijn in deze berekeningen eenvoudigheidshalve uitgegaan van een Renault Twingo elektrisch versus benzine. We gaan uit van een gebruik gedurende 10 jaar en een jaarlijks verplaatsingsgedrag van 15.000km.
Direct kosten: CAPEX	€/km	4.136	5004€ meerprijs voor een elektrische wagen, excl. btw
Directe kosten: Variable OPEX	€/100km/jaar	-306,688	De besparingen zijn gecorrigeerd voor taksen en subsidies. We gaan er vanuit dat 44% van de brandstofprijs bestaat uit taksen op basis van Delhaeye et al., 2016.
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	TCO tov Petrol/100vkm.jaar	165,83	

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van km	0,07%	0,38%	15,11%	referentie luchtbeleidsplan

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag
KE-ratio P-E	€/kg NOx	74	€kg N	242,2

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

We gaan uit van stadswagens als gemiddelde. De scenario's veronderstellen ook verlaging van emissies van vrachtverkeer e.d.
Het is de verwachting dat elektrische voertuigen goedkoper zullen worden in de toekomst, waardoor de bijkomende investering zal afnemen. Bovendien zal in de toekomst dit ook samenhangen met de hele energie-mix bij huishoudens en kunnen slimme combinaties met zonnepanelen, slimme toestellen, etc. (batterijen wagens om dag-nacht verschillen op te vangen) die balans doen omslaan.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	+/-	Naast NOx emissies, zullen ook emissies van andere polluenten dalen o.a. CO2, NMVOS, SO2 en PM2.5. Anderzijds kan je een verschuiving hebben van de emissies van de weg naar electriciteitscentrales. Dit zal afhankelijk zijn van hoe de electriteit wordt geproduceerd.
Ongevalrisico	+/-	Elektrische wagens zijn stiller en kunnen fietsers en voetgangers doen schrikken omdat ze de wagen niet horen aankomen.
Geluid	+	Het geluid van de motoren is lager.
Innovatie	+/-	Beperkingen met betrekking tot de batterij moeten worden opgelost. Ze zijn nog te duur, de capaciteit is te laag en het laden duurt te lang.
Onderhoud en reparatie	+/-	Andere kennis en vaardigheden in onderhoud en reparatie, maar EV's zijn in zekere zin minder complex, bevatten minder onderdelen (en minder slijtagedelen)

8- Aannames

Dit is een simulatie voor stadswagens. Hierbij is uitgegaan van een Renault Twingo elektrisch versus benzine. Levensduur 10 jaar en verplaatsing van 15,000km per jaar. Berekeningen zijn gecorrigeerd voor taksen en subsidies.

SCR/SNCR op stookinstallaties

1 - Beschrijving van de maatregel

Selectieve katalytische reductie (SCR) is een nageschakelde techniek waarbij NOx onder toevoeging van NH3 of ureum wordt gereduceerd tot N2 en H2O in aanwezigheid van een katalysator. Bij selectieve niet-katalytische reductie (SNCR) wordt een reducerend reagens geïnjecteerd in de rookgassen van een verbrandingsproces. Voor nieuwe projecten worden deze technieken meer en meer toegepast maar ook voor bestaande installaties zijn er mogelijkheden al dient de technische en economische haalbaarheid steeds geval per geval geëvalueerd te worden.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NOx-emissies	%	90	Beste Beschikbare Technieken (BBT) voor nieuwe, kleine en middelgrote stookinstallaties, stationaire motoren en gasturbines gestookt met fossiele brandstoffen 80-95% (VITO, 2011)
Emissies door bron	kg NOx/stookinstallatie		
Reductie NOx-emissies	kg NOx/stookinstallatie	4130	Kosteneffectieve maatregelen industrie (vmm, 2021)

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/jaar		
Directe kosten: Variable OPEX	€/jaar		
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/jaar		

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van stookinstallaties				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NOx	5,0	€/kg N	16,4	Kosteneffectieve maatregelen industrie (vmm, 2021), Onderzoek Kosteneffectiviteit in de NeR (DHV, 2010)

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Technische haalbaarheid dient geval per geval bestudeerd te worden. Er is nog technisch potentieel voor verdere reducties van industriële emissies maar de kost-effect ratio kan sterk variëren.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	-	Mogelijke NH3-emissies als gevolg van niet optimale procesvoering (https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/techniekfiches/selectieve-katalytische-reductie). Als bijproduct kan lachgas worden gevormd.
Afval	-	Productie van vliegassen en verbruikte katalysator
Ruimtegebruik	-	SCR systemen nemen relatief veel ruimte in beslag dus niet zomaar overal te plaatsen.

8- Aannames

Er wordt uitgegaan van een gemiddelde KE-ratio van 5 euro/kg NOx. De KE-ratio per installatie zal afhankelijk zijn van de installatie waardoor de KE-ratio per installatie sterk kan variëren (tussen < 5 en 20 euro/kg Nox)

SCR op industriële puntbronnen

1 - Beschrijving van de maatregel

Selectieve katalytische reductie (SCR) is een nageschakelde techniek waarbij NOx onder toevoeging van NH3 of ureum wordt gereduceerd tot N2 en H2O in aanwezigheid van een katalysator. Voor nieuwe projecten worden deze technieken meer en meer toegepast maar ook voor bestaande installaties zijn er mogelijkheden al dient de technische en economische haalbaarheid steeds geval per geval geëvalueerd te worden.

2 - Effect

Parameters	Eenheid	Effect	Bronnen
Reductiepercentage NOx-emissies	%	50	BREF afvalwater en afgasbehandeling (IPPC, 2016) 25-80%
Emissies door bron	kg NOx/puntbron		
Reductie NOx-emissies	kg NOx/puntbron		

3 - Kosten

Parameters	Eenheid	Bedrag	Bronnen
Technische levensduur	jaar		
Direct kosten: CAPEX	€/jaar		
Directe kosten: Variable OPEX	€/jaar		
Totale jaarlijkse kosten: CAPEX/jaar + OPEX	€/jaar		

4 - Implementatiegraad

Parameters	Eenheid	2015	BAU2030	LP2030	Bronnen
Implementatiegraad Vlaanderen	% van puntbronnen				

5 - Kost per ton N-reductie

Parameters	Eenheid	Bedrag	Eenheid	Bedrag	
KE-ratio	€/kg NOx	20,0	€/kg N	65,7	Kosteneffectieve maatregelen industrie (vmm, 2021), Onderzoek Kosteneffectiviteit in de NeR (DHV, 2010)

6 - Kansen en bedreigingen voor implementatie

Technische haalbaarheid dient geval per geval bestudeerd te worden. Er is nog technisch potentieel voor verdere reducties van industriële emissies maar de kost-effect ratio kan sterk variëren.

7 - Bijkomende effecten

Effecten	*+/-*	*Omschrijving*
Luchtkwaliteit	-	Mogelijke NH3-emissies als gevolg van niet optimale procesvoering (https://emis.vito.be/nl/bbt/bbt-tools/techniekfiches/selectieve-katalytische-reductie)
Afval	-	Productie van vliegassen en verbruikte katalysator
Ruimtegebruik	-	SCR systemen nemen relatief veel ruimte in beslag dus niet zomaar overal te plaatsen.

8- Aannames

Er wordt uitgegaan van een gemiddelde KE-ratio van 20 euro/kg NOx. De KE-ratio per installatie zal afhankelijk zijn van de installatie waardoor de KE-ratio per installatie sterk kan variëren (tussen < 5 en > 20 euro/kg Nox).

LITERATUURLIJST

Adviescollege Stikstofproblematiek. (2020). Niet alles kan overal. Eindadvies over structurele aanpak.
https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/rapporten/2020/06/08/niet-alles-kan-overal/niet+alles+kan+overal.pdf

Backes, A. M., Aulinger, A., Bieser, J., Matthias, V., & Quante, M. (2016). Ammonia emissions in Europe, part II: How ammonia emission abatement strategies affect secondary aerosols. Atmospheric Environment, 126, 153–161. https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.11.039

Bell, M. J., Hinton, N. J., Cloy, J. M., Topp, C. F. E., Rees, R. M., Williams, J. R., Misselbrook, T. H., & Chadwick, D. R. (2016). How do emission rates and emission factors for nitrous oxide and ammonia vary with manure type and time of application in a Scottish farmland? Geoderma, 264, 81–93. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.10.007

Berkhout, P., & De Puister, L., 2021. Sociaal-economische gevolgen van diverse beleidsinstrumenten voor de agrarische sector, Wageningen.Bleeker, A., 2021. Cijfermatige onderbouwing RIVM Langetermijn Verkenning Stikstofproblematiek. RIVM (briefrapport 2021-0020), Bilthoven.

Brouwer, R., De Blois, C., 2008. Integrated modelling of risk and uncertainty underlying the cost and effectiveness of water quality measures. Environmental Modelling & Software 23, 922-937.

College van rijksadviseurs. (2020). New deal tussen boer en maatschappij. Advies over de transitie naar landschapsinclusieve landbouw, gevoed door drie regionale pilots.

Coopmans, I., Bijttebier, J., Marchand, F., Mathijs, E., Messely, L., Rogge, E., Sanders, A., & Wauters, E. (2021). COVID-19 impacts on Flemish food supply chains and lessons for agri-food system resilience. Agricultural Systems, 190(March), 103136. https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103136

D'Hose, T., & Ruysschaert, G. (2017). Mogelijkheden voor koolstofopslag onder gras- en akkerland in Vlaanderen. ILVO Mededeling 231.

De Keersmaeker, L., Adriaens, D., Anselin, A., De Becker, P., Belpaire, C., De Blust, G., Decleer, K., De Knijf, G., Demolder, H., Denys, L., Devos, K., Gyselings, R., Leyssen, A., Maes, D., Oosterlynck, P., Packet, J., Paelinckx, D., Provoost, S., Speybroeck, J., … Hoffmann, M. (2018). Herstelstrategieën tegen de effecten van atmosferische depositie van stikstof op Natura2000 habitat in Vlaanderen.

De Pue, D., Kerselaers, E., Mettepenningen, E., & Buysse, J. (2020). A farmers' perspective on farm relocation: lessons learnt from relocated farmers in Belgium and The Netherlands. Journal of Environmental Planning and Management. https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1830043

De Vries, J. W., & Melse, R. W. (2017). Comparing environmental impact of air scrubbers for ammonia abatement at pig houses: A life cycle assessment. Biosystems Engineering, 161, 53–61. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.06.010

Departement Landbouw & Visserij. (2021). Landbouwrapport 2020.

Departement Landbouw en Visserij, 2016. Scenario's voor een NH_3-emissiereductie in de landbouw in Vlaanderen.

Departement landbouw en visserij, 2020. Resultatenrekening 2009-2019 veehouderij.

Departement Omgeving, 2021. Luchtverontreiniging: actieplannen. Luchtbeleidsplan 2030. Beschikbaar op: https://omgeving.vlaanderen.be/luchtverontreiniging-actieplannen#luchtbeleidsplan

Haven van Antwerpen 2021 Nota in kader van PAS-inschatting kosten-effectiviteit walstroom

ILVO, 2021. Ammoniak-emissiereducerende maatregelen en technieken (PAS) https://ilvo.vlaanderen.be/nl/pas-lijst

Ingenium, 2013. Eindrapport Haalbaarheid Walstroom Zeebrugge. Studie in opdracht van MBZ en de POM West-Vlaanderen in het kader van het Interreg IVA-project ECO2PROFIT (Grensregio Vlaanderen-Nederland)

Kerselaers, E., Rogge, E., Vanempten, E., Lauwers, L., & Van Huylenbroeck, G. (2013). Changing land use in the countryside: Stakeholders' perception of the ongoing rural planning processes in Flanders. Land Use Policy, 32, 197–206. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2012.10.016

Kerselaers, E., Vanempten, E., Rogge, E., Wauters, E., Crivits, M., & De Pue, D. (2019). ILVO-discussienota. Bedrijfsreconversie als flankerend beleid. Succes- en faalfactoren.

Kremen, C. (2015). Reframing the land-sparing/land-sharing debate for biodiversity conservation. Annals of the New York Academy of Sciences, 1355(1), 52–76. https://doi.org/10.1111/nyas.12845

Lefebvre W. en Viaene P., 2021. Potenties en potentiëlen in het kader van PAS, 2021/RMA/R/2480.

Lefebvre W., Hens M., Jeroen B., 2022. Kerncijfers emissies, depositie en sectorbijdragen. Programmatische Aanpak Stikstof Vlaanderen.

LNE, 2008. Milieubeleidskosten - Begrippen en berekeningsmethoden (Brussel; Vlaamse Overheid, Departement Leefmilieu, Natuur en Energie, LNE) https://archief-algemeen.omgeving.vlaanderen.be/xmlui/bitstream/handle/acd/230051/Milieubeleidskosten%20-%20begrippen%20en%20berekeningsmethoden.pdf

Maes, D., & Van Passel, S. (2017). An agent-based model of farmer behaviour to explain the limited adaptability of Flemish agriculture. Environmental Innovation and Societal Transitions, 22, 63–77. https://doi.org/10.1016/j.eist.2016.06.001

Maes Jo 2020 Maatschappelijke kosten en baten van een verlaging van de maximumsnelheid op snelwegen in België

Mayeres I, 2015. De maatschappelijke kosten van NOx reducties in de transportsector in het kader van PAS. 2015/RMA/R/22

Mazzucato, M. (2018). Mission-oriented innovation policies: Challenges and opportunities. Industrial and Corporate Change, 27(5), 803–815. https://doi.org/10.1093/icc/dty034

Messely, L., Prové, C., & Sanders, A. (2020). ILVO-nota 2020.01. Naar een geïntegreerde aanpak voor welbevinden in de Vlaamse land- en tuinbouw.

Nederlands Ministerie van Financiën, 2020. Rapport Werkgroep discontovoet 2020. Beschikbaar op: https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2020/11/10/rapport-werkgroep-discontovoet-2020/rapport-werkgroep-discontovoet-2020.pdf

Oxera, 2021. A formula for success: reviewing the social discount rate. Beschikbaar op: https://www.oxera.com/insights/agenda/articles/a-formula-for-success-reviewing-the-social-discount-rate/

PBL, 2020. Analyse stikstofbronmaatregelen, Analyse op verzoek van het kabinet van zestien maatregelen om de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland te beperken (Den Haag, Planbureau voor de Leefomgeving PBL)

PBL in samenwerking met TNO, CE Delft, RIVM, 2020. Analyse stikstofbronmaatregelen.

Rebel en Mint, 2013. Standaardmethodiek voor MKBA van transportinfrastructuurprojecten – Algemene leidraad in opdracht van de Vlaamse Overheid, Departement Mobiliteit en Openbare Werken Afdeling Haven- en Waterbeleid.

Raad voor Vergunningsbetwistingen. (2021). Arrest van 25 februari met nummer RvVb-A-2021-0697 in de zaak met rolnummer 1920-RvVb-0151-A.

Raworth, K. (2017). Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist. Random House Business Books.

Rebel, 2018. Sociale discontovoet en koopkrachtgroei. Nota opgesteld door Rebel voor deze studie. Document nummer 20181119.

Renson, I. (2020). Onderzoeksreeks de veefabrieken. “Die megastallen maken alles kapot wat ons dierbaar is”. 01.12.20. De Standaard. https://www.standaard.be/cnt/dmf20201130_05007015

Rijksoverheid. (2020). Kabinet stimuleert innovatie en verduurzaming stallen: subsidieregeling (Sbv) opent op 25 mei. https://www.rijksoverheid.nl/actueel/nieuws/2020/05/19/kabinet-stimuleert-innovatie-en-verduurzaming-stallen-subsidieregeling-sbv-opent-op-25-mei

Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., de Wit, C. a., Hughes, T., van der Leeuw, S., Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., … Foley, J. (2009). Planetary boundaries: Exploring the safe operating space for humanity. Nature, 461, 472–475. https://doi.org/10.1038/461472a

Ruysschaert, G., Vandecasteele, B., Willekens, K., Van Waes, J., & Van Laecke, K. (2014). Bodem, nutriënten, compost: onderzoek voor een duurzame landbouw. ILVO mededeling nr 171 (Issue 171).

Sardans J. et al. 2021, Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 50 (2021) 125611

Schader, C., Muller, A., El-Hage Scialabba, N., Hecht, J., Isensee, A., Erb, K. H., Smith, P., Makkar, H. P. S., Klocke, P., Leiber, F., Schwegler, P., Stolze, M., & Niggli, U. (2015). Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. Journal of the Royal Society Interface, 12(113). https://doi.org/10.1098/rsif.2015.0891

Schoukens, H. (2021). An inconvenient truth: de Vlaamse Programmatische Aanpak Stikstof. Natuur.Focus.

Stevens R., 2018. Luchtwassers in melkveestal: effectief maar omstreden in Melkvee100Plus

Timmermans M., 2020. Onshore power supply for large container vessels: a way to significantly reduce emissions in major ports –lessons from the Port of Antwerp. Master thesis for obtaining the degree of Science in Maritime Management.

Tessier, L. (2021). The pursuit of agroecological principles by Flemish beef farmers: advancing towards a body of thought for sustainable food systems. PhD thesis. l'Université catholique de Louvain (UCL).

Van der Heyden, C., Demeyer, P., & Volcke, E. I. P. (2015). Mitigating emissions from pig and poultry housing facilities through air scrubbers and biofilters: State-of-the-art and perspectives. Biosystems Engineering, 134(0), 74–93. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2015.04.002

van der Ploeg, J. D. (2020). Farmers' upheaval, climate crisis and populism. Journal of Peasant Studies, 47(3), 589–605. https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1725490

Van der Straeten, B. (2012). Lessons learnt from the application of tradable permits in the Flemish animal production sector. In PhD Thesis.

Van Hulsel Marlies, 2019. Achtergrondinformatie FASTRACE bij luchtbeleidsplan V2-ronde 2.

Van Zanten, H. H. E., Herrero, M., Van Hal, O., Röös, E., Muller, A., Garnett, T., Gerber, P. J., Schader, C., & De Boer, I. J. M. (2018). Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. Global Change Biology, 24(9), 4185–4194. https://doi.org/10.1111/gcb.14321

Verhoeve, A., Dewaelheyns, V., Kerselaers, E., Rogge, E., & Gullinck, H. (2015). Virtual farmland: Grasping the occupation of agricultural land by non-agricultural land uses. Land Use Policy, 42, 547–556.

VILT. (2015). Boeren uit protest met de tractor naar Gent-Wevelgem, 26.03.2015. Vlaams Infocentrum Land- En Tuinbouw. http://www.vilt.be/boeren-uit-protest-met-de-tractor-naar-gent-wevelgem

VILT. (2020). Bijna helft Belgen eet minder vlees, 20.02.20. Vlaams Infocentrum Land- En Tuinbouw.

VILT. (2021a). Nieuw arrest Raad van State bedreigt grondwaterwinning door landbouw. 02.04.21. Vlaams Infocentrum Land- En Tuinbouw.

VILT. (2021b). Van Limburg tot West-Vlaanderen vragen jonge boeren aandacht voor hun toekomst, 16.04.2021. Vlaams Infocentrum Land- En Tuinbouw. https://vilt.be/nl/nieuws/van-limburg-tot-west-vlaanderen-vragen-jonge-boeren-aandacht-voor-hun-toekomst

VILT. (2021c). Wereldwijde consumptie kippenvlees in stijgende lijn. 11.01.21. Vlaams Infocentrum Land- En Tuinbouw.

Vlaamse Landmaatschappij. (2017a). Programmatische aanpak stikstof: Herstructureringsprogramma voor de landbouwbedrijven met een impactscore die hoger of gelijk is aan 50% ten opzichte van een habitat. https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/PAS/Brochure PAS - maatregelen.pdf

Vlaamse Landmaatschappij. (2017b). Programmatische Aanpak Stikstof: Herstructureringsprogramma voor de landbouwbedrijven met een impactscore van 5% of meer en minder dan 50%. https://www.vlm.be/nl/SiteCollectionDocuments/PAS/BROCHURE PAS ORANJE juni2017.pdf

Vlaamse Landmaatschappij. (2020). Mestrapport 2020.

VLM, 2021. Lijst van ammoniak-emissiearme stalsystemen (AEA-lijst) in kader van MB 31 mei 2011 (B.S. 8.07.11). https://www.vlm.be/nl/themas/Mestbank/mest/emissiearme%20stallen/Paginas/default.aspx

Vlaanderen Departement Omgeving. (2018). Luchtbeleidsplan 2030: maatregelen voor de verbetering van de luchtkwaliteit in Vlaanderen.

VMM, 2021. Achtergrondinformatie bij de selectie van maatregelen uit het Luchtbeleidsplan 2030. Technisch economische haalbaarheid en effectiviteit van bijkomende N-emissiereducerende maatregelen. Nota voor het expertenpanel PAS 8 februari 2021

Wageningen Universiteit, 2020. Kwantitatieve Informatie Veehouderij 2020-2021 (KWIN)