

Contourboslandbouw: De mogelijkheden van agroforestry op greppel- berm structuren in erosiegevoelig gebied



Rapport opgesteld in het kader van het project crEAG-tief:
*“Contourboslandbouw als een rendabele en effectieve aanpak van vergroening:
toekomstgericht, inpasbaar en met een ecologisch-economische focus”.*

Januari 2020

Auteurs: Bert Reubens, Paul Pardon & Laura Van Vooren

Met steun van de Vlaamse Overheid – Departement Omgeving en het Agentschap Natuur en Bos

Auteurs:

Bert Reubens

Paul Pardon

Laura Van Vooren

Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)

Met dank aan:

Rik Delhaye (landbouwer), Paul Merlevede (landbouwer), Emile Dumon (landbouwer), Stéphanie De Caluwé (landbouwer), Isabelle van der Zanden (studente UGent), Jeroen Watté (Wervel), Pierre Hubau (ANB), Dirk Cuvelier (Regionaal Landschap Westhoek), Kristine Vander Mijnsbrugge (INBO).

Foto's ©: Bert Reubens (ILVO) tenzij anders vermeld

Contact en Informatie

Voor meer informatie over contourboslandbouw of agroforestry algemeen:
bert.reubens@ilvo.vlaanderen.be – www.agroforestryvlaanderen.be

Teksten mogen worden overgenomen, mits duidelijke bronvermelding:

Reubens, B., Pardon, P., Van Vooren, L. 2020. Contourboslandbouw: de mogelijkheden van agroforestry op greppel-berm structuren in erosiegevoelig gebied. Deskstudie uitgevoerd in het kader van het LNE AGNABIO project crEAG-tief. Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO), Merelbeke, België. 38 p.

Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen het ILVO en zijn medewerkers, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie. In geen geval zullen het ILVO en zijn medewerkers aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

Inhoud

Inhoud	3
Contourboslandbouw: definitie en concept	4
Aanleg en onderhoud	6
De eerste check: zijn swales een geschikte techniek voor een specifieke situatie?	6
Ruimtelijke schikking: aantal swales, positie en dimensies	6
Bepalen van de contourlijnen	8
Uitgraven van de greppels en afwerking van greppel en berm	9
Productie en teeltkeuze	10
Veeteelt	10
Teelt tussen twee swales: invloed van de aanwezigheid van de swale zelf	10
Teelt tussen twee swales: invloed van de bomen.....	11
Invloed van de swales op de waterhuishouding	11
Teelt op de bermen zelf	12
Aquacultuur?	13
Invloed op ecosystemendiensten.....	14
Erosie	14
Overige ecosystemendiensten	15
Regulatie van de waterhuishouding en het microklimaat	16
Koolstofvastlegging	16
Buffering tegen schadelijke emissies	17
Culturele en landschappelijke waarde	17
Biodiversiteit.....	18
Kosten-baten analyse	19
Aanleg en onderhoud.....	19
Teelten op en tussen de swales: productie en rendabiliteit	21
Beleid en regelgeving	22
Aanplant van houtige vegetatie op een landbouwperceel	22
Reliëfwijziging.....	23
Erosiereglementering	23
Enkele inspirerende cases in Vlaanderen.....	24
Rik Delhaye (Heuvelland)	24
ANB (Heuvelland)	28
Taco Blom – Samenland (Sint-Truiden).....	30
Emile Dumon – Natuurlijk Fruit (Heverlee)	30
Referenties	33

Contourboslandbouw: definitie en concept

We gebruiken hier de term “contourboslandbouw” om te verwijzen naar systemen waarbij aan agroforestry (boslandbouw) gedaan wordt volgens een lijnvormig ontwerp, en waarbij de lijnen de contouren van het landschap of het perceel volgen. Een toepassing hiervan kan interessant zijn in situaties waarbij het van belang is om neerslagwater gelijkmatig te verspreiden en te laten infiltreren, zodat het niet via zijn eigen afwateringspatroon van het terrein af loopt. Met andere woorden denken we hier met name aan hellende, vaak erosiegevoelige landbouwpercelen. De basis voor dit systeem wordt gevormd door de aanleg van zogenaamde ‘swales’ of greppel-berm structuren op het perceel. Een swale bestaat uit een greppel om water te verzamelen, gevolgd door een kleine berm of aardwal heuvelafwaarts er direct naast. Bij contourboslandbouw wordt dan op die berm een meerjarige, houtige vegetatie aangeplant. We herhalen: cruciaal hierbij is dat de swales aangelegd worden parallel met de hoogtelijnen.

In de greppel wordt het afstromende water opgevangen, waarna het kan infiltreren in de bodem (zie **Figuur 1**). Ook het sediment en de nutriënten die aanwezig zijn in het water kunnen op die manier infiltreren en komen niet in het oppervlaktewater terecht, waar ze kunnen leiden tot eutrofiëring. Stroomafwaarts van een swale zal het debiet van afstromend water lager zijn, waardoor er minder erosie is. De greppels kunnen ook zodanig zijn aangelegd dat het teveel aan water wordt weggeleid naar een reservoir, waar het beschikbaar blijft voor later gebruik (Dautrebande 2003, Shepard 2013).



Figuur 1. Links: Werkingsprincipe van een swale of greppel-berm structuur. Rechts: opvang van water, sediment en nutriënten in een pas aangelegde swale in Westouter (Heuvelland).

In de swales, waar altijd gras in groeit, vindt het water allerlei poriën tussen bodemdeeltjes, holen van knaagdieren, gangen van wormen en kevers. Het water krijgt de tijd om te infiltreren (Shepard 2013). De aanplanting van de bomen op de berm fixeert de constructie en zorgt ervoor dat het water vastgehouden en benut wordt. Ook kunnen de wortels van de vegetatie op de berm zorgen voor een ‘hydraulische redistributie’ van water: tijdens drogere periodes zorgen de wortels voor een herverdeling van het grondwater vanuit de diepere, vochtige grondlagen naar de droge, oppervlakkige bodemlagen en na een regenbui zullen de wortels ervoor zorgen dat het water opnieuw zijn weg vindt naar de diepere grondlagen (Burgess et al. 1998). Ook op die manier wordt er dus een watervoorraad opgebouwd die een bufferende werking kan hebben tijdens langdurig droge periodes.

Op langere termijn kan de aanwezigheid van de swales ervoor zorgen dat de hellingsgraad van de stroken tussen twee swales afneemt, doordat er stroomopwaarts bodempartikels worden meegevoerd en stroomafwaarts (voor de swale) bodempartikels worden afgezet (Dautrebande 2003).

Deze praktijk wordt wereldwijd toegepast onder verschillende vormen en namen (bv Fanya juu of Fanya chini in Kiswahili, Fossés-tallus in het Frans, ...), maar ze blijft relatief ongekend als erosiebestrijdende maatregel in de context van gematigde streken.

Er bestaan diverse varianten van swales. Zo spreekt men van spreader swales wanneer niet alleen water opgevangen wordt, maar de swales ook gebruikt worden om water weg te leiden van natte plekken op het terrein, naar droge stukken toe. Anderzijds spreekt men van collector swales wanneer ze worden gebruikt om water van een wat groter stuk land te verzamelen in een poel. In beide gevallen gaat het om zeer nauwkeurig uitgemeten greppels die nagenoeg exact één procent afhellen. Bij dergelijke kleine hellingsgraad stroomt het water zeer langzaam, waardoor er geen erosie plaatsvindt.

De term “swales” werd geïntroduceerd door de Australiërs Bill Mollison and Geoff Lawton, die het concept ook kenbaar maakten binnen de permacultuur. Het concept is sterk geïnspireerd door het werk van P.A. Yeomans, de uitvinder van de “Keyline design”. Dit is een holistische aanpak om snel en zonder grote kosten een levende bodem te creëren. Een sleutelement is dat water sterk vertraagd door het landschap geleid wordt (Yeomans 2008).



Figuur 2. Swales met fruitbomen op de percelen van Rik Delhaye, pionier contourboslandbouw in Westouter (foto: Jeroen Watté, Wervel 2014 CC BY-SA).

Aanleg en onderhoud

De eerste check: zijn swales een geschikte techniek voor een specifieke situatie?

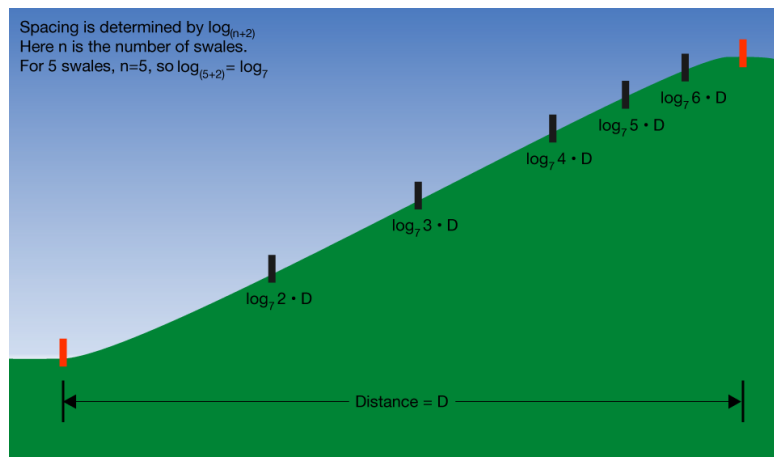
Bijzonder belangrijk is altijd de eerste stap: je moet beginnen met de situatie zoals die nu is en bepalen wat er nodig is om die te verbeteren. Het perceel waarop je werkt, ligt op een bepaalde locatie en die kun je niet veranderen. Alvorens dus aan de slag te gaan met de aanleg van swales, is het van groot belang om na te gaan of de swales wel wenselijk zijn en een geschikte techniek vormen voor jouw specifieke situatie. Soms leiden ze tot ongewenste effecten. Een aantal basisprincipes en aandachtspunten (Permaculture Research Institute 2015):

- Vertrek je van een zeer poreus perceel of van een perceel waar al heel wat bomen staan, dan hebben swales wellicht geen meerwaarde en is de energie om ze te installeren verloren.
- Als het water dat wordt weggeleid niet wordt opgevangen in een reservoir, kan het lokaal voor overlast zorgen.
- Wanneer de helling steiler is dan 15 à 20%, dan vormen swales geen geschikt systeem, omdat het risico op grondverschuivingen door de hogere infiltratie te groot wordt. Een beplanting met bomen is dan een betere optie.
- Hou er rekening mee dat het perceel hellingafwaarts van de swales steeds een hoger bodemvochtgehalte zal hebben. Is dat om een bepaalde reden niet wenselijk (bv fruitboomgaard), dan zijn swales geen geschikte techniek.
- Hou rekening met geldende reglementering. In vele situaties is een vergunning benodigd voor grondverzet en/of voor het afleiden van water. Zie verderop.
- Samengevat: als de concrete situatie op een helling van minder dan 20% ligt, met stabiele bodem, zonder bebossing, en zonder risico op het veroorzaken van waterverzadigingsproblemen stroomafwaarts, dan kunnen swales een geschikte techniek vormen.

Ruimtelijke schikking: aantal swales, positie en dimensies

Het aantal swales dat wordt aangelegd en waar deze komen te liggen op het perceel, is in beperkte mate vrij te kiezen. Wel is het belangrijk om hierbij rekening te houden met een aantal aspecten op vlak van logistiek maar ook effectiviteit. Zo moet de afstand tussen de swales toelaten dat eventuele landbouwwerktuigen efficiënt kunnen passeren. Bovendien wordt bij de positionering van de swales best gezocht naar de zogenaamde “schakelpunten” of buigpunten: dat zijn de posities op de helling waar de helling overgaat van bol naar hol of omgekeerd. Leg je daar een structuur aan voor waterbeheer, dan zal dat een groter effect hebben op de waterkringloop van de hele lageregelegen helling. Ook andere redenen kunnen in de praktijk bepalen waar exact de swales komen te liggen, denk aan obstakels op het perceel, een bestaand pad of gebouw, etc.

Wanneer het prioritair is om afstromend water beschikbaar te houden op het perceel, wordt er gesuggereerd om voor de plaatsing van de greppels een logaritmische verdeling te hanteren, waarbij de afstand tussen de greppels stroomopwaarts afneemt. Dit is geïllustreerd in **Figuur 3**, waarbij vijf greppels worden aangelegd overheen een afstand D . De redenering achter deze logaritmische verdeling is dat bovenaan de helling de bodemvochtigheid lager is dan aan de voet. Door bovenaan de helling meer greppels te voorzien, zou de infiltratiecapaciteit daar stijgen en dus ook het bodemvochtgehalte (Barnes 2015).



Figuur 3. Logaritmische verdeling van de afstand tussen swales op een hellend perceel, naar Barnes (2015).

Douglas Barnes, auteur van “The Permaculture Earthworks Handbook”, heeft voor de concrete dimensionering van de greppels een rekentool ter beschikking gesteld (<https://www.permaculturereflections.com/swale-calculator/>). In deze tool wordt de afstand tussen de greppels, het volume per greppel en de greppeldoorsnede berekend op basis van:

- het gekozen aantal greppels
- de totale lengte van het perceel
- de maximale neerslaghoeveelheid
- de lengte van de greppel
- de helling
- de afstromingscoëfficiënt.

Het vereiste volume van de greppel is afhankelijk van **a)** de oppervlakte A tussen de betreffende greppel en de eerstvolgende stroomopwaarts gelegen greppel, **b)** de afstromingscoëfficiënt C van de beschouwde oppervlakte A en **c)** de maximale neerslaghoeveelheid V_{regen} die dient opgevangen te worden. Een typische afstromingscoëfficiënt voor grasland bedraagt 0.10 tot 0.25, voor akkerland varieert dit van 0.20 tot 0.75. V_{regen} kan bijvoorbeeld ingeschat worden op basis van lokale meteorologische data. De maximale afstromende hoeveelheid water R die de greppel dient te kunnen bergen bedraagt dan $R = C \times A \times V_{\text{regen}}$. Op basis van deze waarde en de eerder bepaalde greppellengte kan vervolgens de greppeldoorsnede bepaald worden. Hoewel niet strikt bepaald, wordt voor de uiteindelijke hoogte-breedte verhouding van de greppel vaak uitgegaan van een 1:3 verhouding. De greppels en bermen die bovenaan de helling worden aangelegd, zijn groter dan de greppels en bermen die meer stroomafwaarts worden aangelegd.

De resultaten van de rekentool kunnen richtinggevend zijn voor het uiteindelijke plan, maar het blijft belangrijk om ook de lokale situatie mee te nemen tijdens het ontwerp. Zo kan een variatie van de helling een andere spreiding van de greppels vereisen, en zullen hoogstwaarschijnlijk ook niet alle greppels even lang zijn (Barnes 2015).

Wegens het optreden van infiltratie in de greppel zal de waterbergende capaciteit hoger zijn dan louter het greppelvolume.

Wanneer de greppels niet verbonden zijn met een reservoir, wordt er aangeraden om één of meerdere **overlopen** of ‘spillways’ in de bermen te voorzien. Hierbij worden deze bermen op bepaalde punten (ongeveer om de 15 m) en over een kleine lengte (bv een afstand gelijk aan de breedte van de greppel) beperkt verlaagd. Dit om doorbreken van de bermstructuur bij perioden van uitzonderlijke regenval of

storm te vermijden. Om erosie van de overloopstructuur te vermijden wordt deze best beschermd door middel van bijvoorbeeld stenen of plastic. Het overstromende water kan afgeleid worden naar een weiland of beek, of indien mogelijk kan er een bassin geconstrueerd worden aansluitend op het overlooppunt. Om het overtollige water bij overstroming gelijkmatig over het perceel te verdelen, is het belangrijk om de overlopen op de verschillende bermen geschrinkt uit te graven (Permaculture Research Institute 2015).

Bepalen van de contourlijnen

Belangrijk voor klassieke swales is dat deze perfect volgens de contourlijnen (hoogtelijnen) van het reliëf lopen. Een eenvoudige methode om deze contourlijnen op terrein te bepalen is het gebruik van een A-frame. De naam verwijst naar de vorm van dit frame dat bestaat uit twee benen van gelijke lengte, die halverwege met elkaar verbonden worden door een kortere derde staaf. Vervolgens wordt op deze derde staaf een waterpas gemonteerd. Het frame wordt op terrein geplaatst en één van de benen wordt verplaatst tot de waterpas een horizontale stand aangeeft. Vervolgens wordt de locatie van beide benen van het frame gemarkeerd. Hierna wordt het frame opgeschoven, waarbij één been in één van de gemarkeerde punten wordt geplaatst (Figuur 4). Het andere been wordt opnieuw gerooteerd tot de waterpas een horizontale stand aangeeft. Deze stappen worden herhaald tot de volledige lengte van de uiteindelijke greppel is uitgezet. Als alternatief voor een waterpas kan tevens gebruik gemaakt worden van een schietlood dat in het bovenste punt van het frame gemonteerd wordt. Op de kortere staaf die beide benen verbindt dient hierbij exact in het midden een aanduiding gemaakt te worden. Het frame staat dan horizontaal wanneer het schietlood perfect ter hoogte van deze aanduiding hangt (Barnes 2007). Men dient steeds rekening te houden met microreliëf op het perceel. Komt één van de poten bv tijdens het roteren terecht in een verzakking, een ploegvoor of andere oneffenheid, dan dient men manueel te corrigeren.



Figuur 4. Gebruik van een A-frame om de hoogtelijnen af te bakenen. (Foto rechts Jeroen Watté, Wervel 2014 CC BY-SA).

Daarnaast kan ook gebruik gemaakt worden van een laser om de contourlijnen uit te zetten. Dit systeem is duurder dan het A-frame, maar het is sneller en eenvoudiger om te doen met één persoon. Het lasersysteem bestaat uit twee delen: vanaf een driepoot wordt een lasersignaal uitgestuurd en dit wordt opgevangen door een lezer op een meetstaaf. De lezer op de meetstaaf bevindt zich op dezelfde hoogte als de bron van het lasersignaal. Het is belangrijk om de driepoot perfect horizontaal te plaatsen, hiervoor is een afzonderlijke indicator (meestal een waterpas) voorzien. Wanneer de lezer op precies dezelfde hoogtelijn (en dus hoogte) als de bron van het signaal staat, klinkt een signaal.

Door de driepoot en de staaf met elkaar te verbinden, wordt de contourlijn uitgestippeld (Good Life Permaculture 2014).

Uitgraven van de greppels en afwerking van greppel en berm

Er wordt aangeraden om te starten met de aanleg van de bovenste greppel en berm. Hierbij moet nauwkeurig de uitgezette contourlijn gevolgd worden.

Met een graafmachine schraap je best eerst de graszode van de bodem, zodat deze niet in de swale terecht komt. Daarna kan je graven naar gewenste diepte, waarbij de uitgegraven grond wordt gebruikt om stroomafwaarts van de greppel de berm aan te leggen. Het graven gebeurt langs de berm naar de greppel toe; de zijkanten van de swale zijn afhellend. Belangrijk hierbij is dat de greppel overal even diep is zodat het opgevangen water gelijkmatig verspreid wordt. De afwerking van de bodem kan gebeuren met een schop. Als de greppel niet verbonden is met een reservoir, moet de bodem van de greppel ook vlak zijn. Dit kan eventueel opnieuw met behulp van het A-frame of de laser gecontroleerd worden. Als de greppel wel verbonden is met een reservoir, moet de greppel licht (helling van max 1 %) dalen in de richting van het reservoir.

De bodem van de greppel kan met een spit- of woelvork wat losgemaakt worden om de compactheid te temperen. Het is namelijk belangrijk dat het water de kans krijgt om te infiltreren.

Wanneer de berm wordt aangelegd, is het belangrijk om de grond daar niet te hard aan te duwen zodat infiltratie van het water maximaal mogelijk is. Om erosie van de berm zelf te vermijden is het belangrijk dat er een mulch aanwezig is en dat de top van de berm afgevlakt is. Na aanleg van de berm mag er niet te lang gewacht worden met beplanten, ook om erosie van de berm tegen te gaan. Ook zullen de wortels van de vegetatie een bufferend effect hebben op de watervoorraad in de berm (Burgess et al. 1998). Eventueel kan de berm bedekt worden met organisch materiaal (mulchen), bijvoorbeeld een combinatie van gehakseld hout als bulkmateriaal en stro als afdekking om het verteringsproces van het hout te stimuleren. Mulchen verhoogt de wateropslagcapaciteit en beperkt opnieuw erosie van de berm (Permaculture Research Institute 2015, Barnes 2007).

Ook in de greppel zelf kan gemulched worden. Hiervoor kan je bulkmateriaal toevoegen (rot en sponzig hout). Het hout zal verder rotten en voedingsstoffen leveren. Bovenop die bulkmateriaal kan je eveneens stro of ander afdek materiaal toevoegen; dit helpt om het vocht in het hout te houden.

Men kan de greppels en bermen ook met minder zwaar en ingrijpend materieel aanleggen; denk hierbij bv. aan een greppel- of sleuvenfrees aan de hand waarvan men kleinere swales kan aanleggen. Een model dat maalt en de opgehaalde aarde wegspuwt, is wellicht erg geschikt. Belangrijk is wel dat men de juiste contouren (vaak grillig) kan blijven volgen.

In de voorgaande paragrafen werd met name de aanleg van de swales zelf beschreven. Verderop in dit rapport worden ook de mogelijkheden voor en aandachtspunten bij de **bepanting van de bermen** besproken.

Productie en teeltkeuze

Als we het hebben over de productie op een perceel met contourboslandbouw, dan maken we een onderscheid tussen twee grote componenten: enerzijds de teelt in de zone tussen de swales, en anderzijds de productie die op (of zelfs in) de swale zelf gerealiseerd kan worden. Ten opzichte van een regulier perceel, is er een potentieel effect te merken van (1) de swale structuur zelf (soms grillige vorm met mogelijks teelttechnische gevolgen), (2) de invloed van die swales op de water- en nutriëntenhuishouding, (3) de beplanting op de swales. Er bestaan eindeloos veel varianten en niet alle effecten zijn even nauwkeurig gekend en bestudeerd, maar hierna proberen we een aantal grote trends, teeltkeuzes en aandachtspunten mee te geven.

Veeteelt

In de zone tussen twee swales kunnen dieren gehouden worden op een weiland. De mogelijkheden worden hier doorgaans niet beperkt of gewijzigd door de aanwezigheid van de swales, maar een goede afscherming van de swales is cruciaal, zeker als op de swales zelf bomen en/of andere gewassen staan. Wanneer runderen of ander vee in de gracht of op de berm lopen, compacteren ze de bodem wat de infiltratie bemoeilijkt. Bovendien kunnen ze de jonge bomen en andere beplanting beschadigen. De noodzakelijke afscherming kan een serieuze investering betekenen; swales in combinatie met runderen op weiland wordt dus niet als een evidentie beschouwd. Anderzijds biedt dit ook mogelijkheden tot bv een omweidingsysteem waarbij de dieren regelmatig van zone veranderen, met de swales zelf als een afbakening van die zones.



Figuur 5. In combinatie met beweiding is een goede afscherming van de swales cruciaal (Heuvelland 2017).

Teelt tussen twee swales: invloed van de aanwezigheid van de swale zelf

Het aanleggen van greppels en bermen heeft vanzelfsprekend op perceelsniveau een impact op de productie van het gewas. Er zal immer op het perceel minder oppervlakte beschikbaar zijn voor de teelt van het reguliere landbouwgewas. Als we bijvoorbeeld uitgaan van een afstand van 25 m tussen de swales en een breedte van de swale van 3 m, komt dit bijvoorbeeld overeen met een daling van het areaal voor het reguliere landbouwgewas van ca. 12%.

Daarnaast is het ook zo dat deze swales vaak een grillige vorm zullen hebben, net omdat ze de contouren volgen. Het verlies aan ruimte kan dus zeker een belangrijk aandachtspunt zijn en al naar gelang de context een betekenisvolle impact op de bedrijfsvoering hebben. Vandaar dat alternatieve keyline design technieken (met gebruik van een keyline ploeg) ook moeten bekeken worden, al naargelang de context. Dit vergt ook een kleinere investering in infrastructuurwerken (Perkins 2016).

Afhankelijk van de teelt, de bedrijfsvoering en de gebruikte machines voor perceelsbewerking, kan daar op verschillende manieren mee omgegaan worden. Zo bijvoorbeeld kan de teelt van bepaalde

gewassen, bomen en struiken op de swales (een deel van) het ruimte- en opbrengstverlies compenseren. Zie verderop. Op kleinschaliger groentenbedrijven, zeker in situaties met bv zelfpluk (CSA bv), stellen we vast dat dit niet noodzakelijk een probleem vormt, maar ingepast kan worden in de perceelsindeling, bv met een pad langsheen de swale. Aan de ene kant is er dan de swale met bv meerjarige gewassen, kleinfruit, bomen, ... en aan de andere kant liggen dan bv groentenbedden. Naargelang de oriëntatie van het perceel en de swales, kan dergelijk pad ook al de grootste schaduwimpact opvangen. Ook op grotere perceelsblokken met akkerbouw of grootschaliger groentenproductie, kan de zone naast de swales soms dienen als toegangsweg of keerpunt voor machines.



Figuur 6. Blokken met groentenbedden (genummerd) en oogstpaden (groen) volgen de recent aangelegde swales (bruin) op een hellend perceel van Den Halsberg in Gavere (2018).

Teelt tussen twee swales: invloed van de bomen

Als (hogere) bomen geplant worden op de berm van de swales, kunnen deze, net zoals in klassieke agroforestry (alley cropping) systemen, een invloed hebben op de groei en –ontwikkeling van de andere gewassen op en naast de berm. Dit gebeurt via invloed op beschikbaarheid van licht, water en nutriënten. Voor klassieke alley cropping systemen is daar reeds heel wat onderzoek naar verricht, internationaal maar ook in eigen land. We bespreken dit hier niet in detail, maar verwijzen naar [deze set projectrapporten](#) op de website van Agroforestry Vlaanderen. In klassieke akkerbouwrotaties ontstaat doorgaans lichtcompetitie, waardoor de gewasopbrengst afneemt nabij de bomenrijen. Dit effect is substantieel groter voor zomergewassen (denk aan maïs of bieten) dan voor wintergewassen (denk aan wintergerst of –tarwe bv). Wintergewassen hebben het voordeel dat ze reeds een groot deel van hun groeicyclus voltooien voor de kruinen van de bomen het beschikbare licht al te sterk gaan verminderen. De gewaskeuze zal vooral belangrijk worden naarmate de bomen groter worden. Pardon et al. (2018) toonden aan dat wanneer de bomen hun kapbare leeftijd bereiken, het opbrengstverlies van wintergranen over het algemeen kleiner blijkt te zijn dan 10 % verlies (in de zone tot 30 m in het perceel). Voor maïs en aardappel daarentegen bedragen deze op dat moment 20 tot 25 %. Deze reducties werden toegewezen aan de competitie voor licht en water tussen bomen en gewas.

Invloed van de swales op de waterhuishouding

Zoals eerder gesteld, dient men er rekening mee te houden dat het perceel helling afwaarts van de swales steeds een hoger bodemvochtgehalte zal hebben dan voorheen. Dat kan voor vele teelten en bij regelmatig terugkeren van langdurige droogteperiodes een belangrijke troef zijn en ook de gewasproductie en –kwaliteit ten goede komen. Anderzijds, indien een hoger bodemvochtgehalte om een bepaalde reden niet wenselijk is (bv fruitboomgaard of bepaalde tuinbouwgewassen), dan zijn swales geen geschikte techniek. Teelt van tuinbouwgewassen op verhoogde bedden kan een oplossing bieden.

Maar doorgaans is de invloed op waterhuishouding en –verdeling dus positief, aangezien men net swales zal aanleggen in die situaties waarbij het van belang is om neerslagwater gelijkmatig te verspreiden en te laten infiltreren. Ook het sediment en de nutriënten die aanwezig zijn in het water kunnen op die manier infiltreren en komen niet in het oppervlaktewater terecht. Stroomafwaarts van een swale zal het debiet van afstromend water lager zijn, waardoor er minder erosie is.

Teelt op de bermen zelf

Beplanting van de berm wordt sterk aangeraden om erosie tegen te gaan (zie boven), maar kan tegelijkertijd ook bijdragen aan de opbrengst op het perceel. Een belangrijke meerwaarde van de gecreëerde structuur is immers het productiepotentieel van de berm. De berm bestaat voornamelijk uit vruchtbare bodem afkomstig van de toplaag en ook het vochtgehalte in de bodem is er meestal vrij hoog dankzij de aanwezigheid van de greppel. Dit resulteert in goede groeiomstandigheden (Permaculture Research Institute 2015). Er zijn tal van opties wat betreft gewaskeuze op de bermen, maar doorgaans kiest men hier voor meerjarige teelten, struiken en bomen.

Voor de houtige beplanting kan geselecteerd worden voor vruchtdragende, houtproducerende of dubbeldoelbomen. Om competitie met het landbouwgewas zoveel mogelijk te beperken worden daarbij best boomsoorten gebruikt met een lichtdoorlatende kroon, een goede strooiselkwaliteit en een kort groeiseizoen zoals bijv. walnoot (*Juglans regia*), populier (*Populus spp.*) of zoete kers (*Prunus avium*) (Reisner et al 2007). Bij de aanplant van fruitbomen moet rekening gehouden worden met de bodemcondities. Fruitbomen groeien het beste op een waterdoorlatende, kalkrijke grond. De meeste fruitbomen verdragen geen stilstaand water (Wildemeersch 2016). Op zeer natte plekken kan het daarom beter zijn om fruitbomen enkel aan te planten op de bermen die meer bovenaan de helling liggen, waar het meestal iets droger is. Op zeer natte bodems onderaan de helling kunnen waterminnende bomen zoals Es (*Fraxinus excelsior*) een geschikte soort zijn.

Om compactie van de berm te vermijden, is het beter om de bomen manueel aan te planten.

Merk op dat de (hoogste posities op) de bermen niet altijd de meest ideale plek vormen om bomen te planten. De grond dient voldoende compact te zijn, zodat de wortels niet bloot komen te liggen (bij bv sterke wind). Het beheer en uiteindelijk de eventuele kap van de bomen bovenop de bermen kan potentieel een invloed hebben op de stabiliteit van de fysieke structuur. Daarom wordt soms aangeraden om (hogere) bomen te planten aan de onderzijde van de heuvel van de swale.

Tussen of in de plaats van deze eerder hoogstammige bomen, kan ook gekozen worden voor vruchtproducerende struikachtigen, denk bijvoorbeeld aan hazelaar (*Corylus avellana*) of kleinfruitsoorten zoals framboos (*Rubus idaeus*), bosbes (*Vaccinium myrtillus*), veenbes (*Vaccinium macrocarpon*) etc. De meeste kleinfruitsoorten zijn bosrandplanten, wat betekent dat ze vrij goed gedijen in halfschaduw. Kleinfruit vereist ook een vochtige bodem met een hoog gehalte aan organisch materiaal, en aan deze voorwaarden wordt op de meeste bermen voldaan. Kleinfruit groeit het beste op een lichtzure grond, waardoor de combinatie met bepaalde fruitbomen minder evident is, wanneer deze een eerder kalkrijke bodem nodig hebben. Anderzijds zijn combinaties met bv perzik, pruim of kers zeker geschikt, gezien deze soorten ook op lichtzure grond kunnen gedijen.

Op de bermen kunnen ook niet-houtige, meerjarige gewassen aangeplant worden, al dan niet onder de houtige component. Welke gewassen hiervoor in aanmerking komen, zal afhangen van de hoogte van de houtige component, het bodemtype, de afmetingen van de berm etc. Voorbeelden van meerjarige gewassen die kunnen geteeld worden op de bermen zijn rabarber (*Rheum rhabarbarum*), aardbei (*Fragaria spp.*), artisjok (*Cynara cardunculus scolymus*) en aardpeer (*Helianthus tuberosus*).

Ook schaduwtolerante kruiden en planten zoals munt (*Mentha* spp.), wilde marjolein (*Origanum vulgare*), daslook (*Allium ursinum*) en kruipbraam (*Rubus chamaemorus*) kunnen goed gedijen op de bermen.

Voor een optimale invulling moet altijd rekening gehouden worden met de lokale context. Zo is munt een plant die goed gedijt in natte omstandigheden, waardoor het deel van de berm net naast de greppel een geschikte standplaats is. Daslook heeft een voorkeur voor neutrale tot licht kalkrijke bodems, dus kan bijvoorbeeld niet gecombineerd worden met het meeste kleinfruit (Crawford 2010). Een goede opvulling van de berm vereist dus een doordachte aanpak, maar kan tegelijkertijd een brede waaier aan mogelijkheden bieden. De hierboven vermelde soorten maken immers maar een fractie uit van de gewassen die op de berm kunnen geteeld worden. Naast de abiotische en biotische kenmerken van de swales moet bij de uiteindelijke selectie van de gewassen ook rekening gehouden worden met afzetmogelijkheden, oogstbaarheid etc.



Figuur 7. Artisjok, rabarber en aardpeer: enkele van de vele mogelijke teeltkeuzes op de bermen (Heuvelland 2017).

Aquacultuur?

Bij bepaalde varianten van swales (bv collector swales, zie hiervoor) wordt water via een licht hellende greppel afgevoerd en verzameld in een poel. De aanwezigheid van deze poelen kan hierdoor de mogelijkheid bieden om aan aquacultuur te doen. Het water dat door de greppels wordt aangevoerd is rijk aan nutriënten wat een geschikte voedingsbodem biedt voor de ontwikkeling van een gevarieerde microfauna. Deze kan op zijn beurt als voedingsbron dienen voor de kweek van rivierkreeften of eventueel karpers of snoekbaars (Watté & Worms, 2014). Echter, de mogelijkheden hiervoor dienen grondig bestudeerd te worden. Eén van de belangrijkste randvoorwaarden voor aquacultuur is net een goede waterkwaliteit. Bij gebruik van run-off water kan het opgeloste sediment een probleem vormen, evenals eventueel (te) hoge concentraties N en P. Een (deel van) de oplossing voor de sedimentproblematiek kan zijn om via sifonwerking of installatie van een pomp dit water te “verplaatsen” naar een elders gelegen poel. Indien men daarbij dan ook nog eens het water van enige hoogte in de poel kan laten instromen, dan verhoogt men hierbij het zuurstofgehalte in het water, wat opnieuw belangrijk is bij aquacultuur. Doorgaans is in het geval van swales echter geen spraken van run-off. Zelfs bij correct aangelegde collector swales is een helling maximaal 1% waardoor eventueel sediment al in de swale naar de bodem zakt.

Anderzijds kunnen deze poelen tal van andere waardevolle functies vervullen. Denk daarbij aan drinkplaatsen voor vee of aantrek van amfibieën die nuttig kunnen zijn om op een natuurlijke wijze slakken en andere plagen te bestrijden. Dit brengt ons bij het volgende aspect, namelijk de mogelijke effecten van contourboslandbouwsystemen op de levering van ecosysteemdiensten.

Invloed op ecosysteemdiensten

Erosie

Eén van de hoofdredenen om met swales en contourboslandbouw aan de slag te gaan, is het beperken van run-off en erosie op percelen die hieraan onderhevig zijn. Met run-off wordt verwezen naar de oppervlakkige afvoer van water, die ontstaat tijdens en vlak na een regenbui, wanneer het water onvoldoende snel in de bodem kan infiltreren. Bodemerosie is het proces waarbij bodemdeeltjes, nutriënten en eventuele bestrijdingsmiddelen worden losgemaakt, opgenomen en getransporteerd door – in dit geval – water. Watererosie kan zowel lokaal als stroomafwaarts grote maatschappelijke, landbouwkundige en milieukundige negatieve gevolgen. Modderoverlast is ongetwijfeld het meest visuele nadelige effect van erosie (Reubens et al. 2010; Gomeros 2019).

Erosie wordt beïnvloed door tal van factoren. Op sommige factoren heeft de landbouwer geen invloed. Het gaat hierbij om klimaat (hoeveelheid en intensiteit van de neerslag), bodemtextuur, helling van het perceel en de grootte en vorm van het toestroomgebied. Andere factoren kan de landbouwer wel sterk beïnvloeden om erosie brongericht aan te pakken. Men kan onderscheid maken tussen (1) acties die de bodem meer weerbaar maken tegen erosie (bv verhogen van organisch koolstofgehalte om sterkere bodemaggregaten te hebben) en (2) acties die de kracht van regen en stromend water breken (bv via een ruw bodemoppervlak en een grote bodembedekking). Dit vertaalt zich concreet in enkele vuistregels die de landbouwer kan hanteren om erosie te beperken (Gomeros 2019):

- Organisch stofgehalte op peil houden
- Kiezen voor gewassen met een goede (en snelle) bodembedekking
- Meer kluiten in het zaaibed
- Gewasresten/resten groenbedekker aan de oppervlakte houden door niet te ploegen

Hoewel de aanleg van swales op zich het ontstaan van run-off en erosie niet kan voorkomen en dus eigenlijk niet als een brongerichte aanpak beschouwd kan worden, zijn ze wel in staat om het afgevoerde water, de bodemdeeltjes en nutriënten op het perceel zelf op te vangen. Ze vormen dus eerder een erosiebestrijdingsmaatregel (eerder dan preventiemaatregel) en zijn in die zin enigszins vergelijkbaar met maatregelen zoals een bufferstrook, erosiepoel of bufferbekken. Bij regenval wordt het water tegengehouden door de greppel, en krijgt het de tijd te infiltreren en het grondwater te herladen, hetgeen in langdurig drogere periodes dan weer van pas komt. Erosiebestrijdingsmaatregelen, die nu vaak als een bedreiging worden ervaren door de sector, kunnen zo op een productieve manier ingevuld worden en bijdragen aan de kwaliteit en kwantiteit van het oppervlakte- en grondwater. Al naargelang het type swales, zal het water ter plekke infiltreren of afgeleid worden naar drogere stukken of een poel.

Concreet en betrouwbaar cijfermateriaal ontbreekt op heden, maar mits een nauwkeurig ontwerp van de swales, kan nagenoeg alle afstromende water en materiaal opgevangen worden. Dabney et al. (2012) noteerden bijvoorbeeld dat wanneer door ploegen een eenvoudige greppel plus berm wordt gevormd stroomopwaarts van een houtkant, bij normale regenval meer dan 85% van het afstromend oppervlaktewater in deze greppel-berm wordt opgevangen en bij hevige regenval meer dan 55% van het afstromend oppervlaktewater. De berm zorgt er dus voor dat bij normale regenval minder dan 15% van het afstromend oppervlaktewater door de houtkant passeert. Bij een vergelijkbare situatie zonder berm stroomt 95% van het afstromend oppervlaktewater door de houtkant.



Figuur 8. Opvang en infiltratie van afstromend water en sediment in een pas aangelegde swale (Heuvelland 2019).

Tot dusver hadden we het enkel over het effect van de fysieke structuur van de swale. De beplanting op de berm van de swale speelt natuurlijk ook een betekenisvolle rol in de bijdrage aan erosiebestrijding. Zo bevorderen de wortels van de bomen of andere vegetatie de infiltratie van het water, en versterken ze de structuur van de berm. Een dicht beplante berm zal, net als bij andere types bufferstroken, een bijkomend vertragend effect hebben op het afstromend water en daardoor erosie verder reduceren.

Samengevat: zowel de greppel als de permanente vegetatie op de berm zorgen er dus voor dat het afstromend oppervlaktewater en de daarin opgeloste bodemdeeltjes en nutriënten worden opgevangen en infiltreren in de bodem. Op die manier draagt het systeem bij tot de vermindering van erosie en tot een verhoogde waterkwaliteit. Kwantificering van het totale effect is voor zover geweten nog niet gebeurd en het uiteindelijke effect zal wellicht afhankelijk zijn van onder meer perceelskenmerken, bodemtype, klimaat etc.

Overige ecosysteemdiensten

Dergelijke “contourboslandbouw” systemen zijn – met name door de combinatie van de swales met beplanting van meerjarige, houtige vegetatie op de bermen - in staat ook verschillende andere ecosystemen te beïnvloeden en te versterken, al naar gelang de lokale context, ontwerp en invulling. Deze zijn vaak van eenzelfde aard als de ecosysteemdiensten die geassocieerd worden met klassieke vormen van agroforestry (alley cropping). We overlopen ze hier kort, maar verwijzen verder naar bestaande literatuur (bv reviewartikel van Torralba et al. 2016) en de portaalwebsite www.agroforestryvlaanderen.be.

Een eerste en belangrijke dienst is de productie van biomassa op de bermen, met mogelijke toepassingen op vlak van bv houtproductie, vrucht- en/of notenproductie of biomassaproductie als grondstof voor bodemverbeteraars, stalstrooisel of energie. Daartegenover staat een potentieel verlies aan ruimte voor de klassieke, eenjarige teelten. Kenmerkend is de verhoogde diversificatie. Zie voorgaande paragraaf rond productie en teeltkeuze.

Daarnaast is er een te verwachten effect op een aantal regulerende ecosysteemdiensten en op biodiversiteit. Denk hierbij aan:

- Regulatie van de waterhuishouding en het microklimaat
- Koolstofvastlegging
- Buffering tegen schadelijke (landbouw)emissies

- Biodiversiteit en landschapskwaliteit (bv ecologische corridor in het landschap)
- Pollinatie en natuurlijke plaagbestrijding
- ...

Dit lijstje is niet-exhaustief maar omvat wel de belangrijkste te verwachten effecten. Het systeem kan steeds verfijnd worden, al naar gelang de beoogde functionaliteit die context specifiek is, bv door een gelaagdheid in de vegetatie te creëren (struiklaag, bodembedekking, noten- en vruchtenproducerende heesters, etc.).

Regulatie van de waterhuishouding en het microklimaat

Bij de introductie van swales, denkt men snel aan het opvangen en bufferen van hevige regens en dus de buffering tegen wateroverlast en erosie. Daarnaast kan contourboslandbouw potentieel een belangrijke rol spelen in de context van **weerstand tegen en veerkracht na droogte**. Klimaatmodellen (bv. FORBIO Climate 2018) voorspellen een sterke toename in frequentie en intensiteit van zomerdroogtes in Vlaanderen, met verstrekende gevolgen voor de landbouw. Dat de swales afstromend water opvangen en zo de waterbeschikbaarheid op het perceel kunnen verbeteren is uit voorgaande tekst reeds duidelijk. Ook de aanwezigheid van de bomen heeft in deze context een invloed. Die invloed van bomen is vrij complex. Enerzijds is er het potentieel om de effecten van droogte te verzachten door vermindering van evapotranspiratie op het veld via de creatie van gunstige microklimatologische condities (milderende invloed op licht en temperatuur). Anderzijds verdampen bomen significante volumes water en hoewel nog onvoldoend onderzocht, wordt verwacht dat er een zeker omslagpunt in boomgrootte is waarbij de positieve microklimatologische effecten teniet gedaan worden door het waterverbruik van de bomen (Coussement et al. 2018a & b).

Naast deze lokale impact beïnvloedt de hoeveelheid bomen op een regionale schaal mogelijks ook de regenval (Bennett & Barton 2018).

Een volledige begrip van deze processen en factoren is er momenteel nog niet.

Een bedenking die soms gemaakt wordt bij de aanleg van contourboslandbouwsystemen, is dat er voor de (vruchtdragende) bomen verhoogde kans op **vorstschade** zou zijn door stil hangende lucht ter hoogte van de bermen. De lucht moet namelijk kunnen bewegen over de ganse helling en in die zin wordt soms beweerd dat een te dense of te hoge vegetatie te mijden is. Andere ervaringsdeskundigen beweren dan weer dat de aanwezigheid van het (warmere) water in de greppels ertoe leidt dat de koude lucht wat opwarmt en zo weer verder kan.

Koolstofvastlegging

Een belangrijke dienst is de toegenomen opslag van koolstof in de houtige vegetatiecomponent en in de bodem. In het bijzonder in het kader van de klimaatwijziging wordt wereldwijd door tal van auteurs het potentieel van boslandbouw voor koolstofvastlegging onderstreept (Nair et al. 2009, Oelbermann et al. 2004, Schoeneberger 2009). In de biomassa (zowel boven- als ondergronds) van verschillende boslandbouwsystemen werden toenames van koolstofopslag opgetekend tussen de 0.29 en 15.21 ton ha⁻¹ jaar⁻¹ (Nair et al. 2009). Oelbermann et al. (2006) hebben op een boslandbouwperceel met populieren van 13 jaar oud een jaarlijkse koolstofvastlegging van ca. 0.4 ton ha⁻¹ opgemeten in de bovenste 0-40 cm laag van de bodem. Peichl et al. (2006) berekenden dat in het totale boslandbouwsysteem (biomassa en bodem) van akkerbouwgewassen in combinatie met populieren (13 jaar oud), jaarlijks 13.2 ton C ha⁻¹ wordt opgeslagen, terwijl in een reïncultuur van akkerbouwgewassen het totale koolstofgehalte in gangbare landbouwcontext jaarlijks afneemt. Ook Pardon et al. (2018) namen in Vlaamse context significant hogere concentraties aan organische

bodemkoolstof en bodemnutriënten waar naast bomenrijen op akkerbouwpercelen. Zo werd in de zone tot 30m in het perceel naast populierenrijen ca 5 ton koolstof per hectare extra vastgelegd in de bouwvoor in vergelijking met percelen zonder bomen.

De opslag van koolstof in de bodem is niet alleen belangrijk in het kader van klimaat wijziging, maar het draagt ook bij tot een goede bodemvruchtbaarheid. Door bodembewerking, afvoer van de biomassa (en dus koolstof) en een beperkte aanvoer van koolstof, leiden landbouwpraktijken vaak tot koolstofverlies in de bodem. Door de input van organisch materiaal via bladval en worteldecompositie kan boslandbouw bijgevolg één van de methodes zijn om deze trend om te keren (Cools & Van Gossum 2014).

Buffering tegen schadelijke emissies

Hoewel kwantitatieve data zeer beperkt en sterk situatieafhankelijk zijn, blijkt uit modelvoorspellingen en aanwijzingen uit empirisch onderzoek dat (houtige) landschapselementen in staat zijn de verspreiding van (landbouw)emissies aanzienlijk te beïnvloeden. Voor fijn stof en NO_x is het reductiepotentieel van landschapselementen reeds uitvoerig (maar slechts beperkt kwantitatief) beschreven, maar het aantal studies dat een kwantitatieve inschatting maakt van de reductie van ammoniak is beperkt. Er wordt echter aangenomen dat de achterliggende principes voor de reductie van NO_x en fijn stof gelijkaardig zijn aan deze voor ammoniak (Brusselman et al. 2016; Cecelja et al. 2019).

Houtige landschapselementen vormen een fysieke barrière en door het vertragen van de windsnelheid en gedeeltelijk afvangen en filteren van de emissies kan de ongewenste verspreiding van luchtverontreinigingscomponenten worden tegengegaan. De filterende werking van de vegetatie treedt op wanneer er gasuitwisseling is tussen het blad en de atmosfeer, en een optimale gasuitwisseling vereist turbulentie rond het blad. In dit opzicht heeft boslandbouw een zeer geschikte structuur, aangezien de kruin van de bomen genoeg openheid heeft om turbulentie mogelijk te maken (van Dijk et al. 2004).

Uit modelberekeningen van Wesseling et al. (2004) bleek dat groenelementen met een open structuur bij normale weersomstandigheden maximaal tussen de 15 en de 20% van het fijn stof en maximaal 10% van de concentratie van NO₂ reduceren. Dragosits et al. (2006) berekenden dat de aanwezigheid van een bomenrij van 50 m en 200 m breed de depositie van ammoniak kan reduceren met respectievelijk 9% en 21%.

De aanwezigheid van houtige landschapselementen kan in het bijzonder waardevol zijn in combinatie met beweiding. Waar vee graast onder bomen, wordt verwacht dat deze bomen een substantiële hoeveelheid van de geëmitteerde ammoniak (tot 60%) terug zullen opvangen (Bealy et al. 2014, Sutton et al. 2004).

Culturele en landschappelijke waarde

Naast een duidelijke productieve rol, zal een landbouwlandschap vaak ook een aantal andere rollen vervullen. In een studie uit Nederland, waar het landbouwlandschap grote gelijkenissen vertoont met Vlaanderen, werden de esthetische schoonheid, het potentieel voor recreatie en de culturele erfgoedwaarde genoemd als de belangrijkste niet-materiële voordelen van het landbouwlandschap voor de mens. Bovendien gaven de respondenten aan dat een complex landschap met veel (half)natuurlijke elementen het meest verkozen landschapstype is en vooral de combinatie van bosfragmenten en houtkanten werd hoog gewaardeerd (van Berkel & Verburg 2014). De introductie van (contour)boslandbouw in het landschap heeft dankzij zijn complexe structuur het potentieel om

de meeste landbouwlandschappen aantrekkelijk(er) te maken voor de verschillende gebruikers van het landschap.



Figuur 9. Contourboslandbouw als corridor en visueel aantrekkingspunt in het complexe natuur-, landbouw- en belevingslandschap te Heuvelland (2020).

Biodiversiteit

Sinds de jaren 50 heeft de intensivering van de Europese landbouw geleid tot een verhoogd gebruik van chemische bemestings- en bestrijdingsmiddelen, tot de homogenisering van het landschap en tot een daling van het aantal geteelde soorten, wat op zijn beurt geresulteerd heeft in een afname van de biodiversiteit en dit in het bijzonder op het platteland (Kleijn et al. 2011, Stoate et al. 2001, Donald et al. 2001, Cormont et al. 2016).

Verscheidene auteurs hebben reeds de meerwaarde van agroforestry aangeduid ter behoud en/of herstel van de aanwezige biodiversiteit (Burgess 1999, Tsonkova et al. 2012). De boomcomponent in het boslandbouwsysteem creëert een extra habitat voor tal van dier- en plantensoorten en ook de continuïteit van en relatief beperkte verstoring in de boomstroken is een meerwaarde voor veel soorten, bijvoorbeeld als overwinteringshabitat. Bomen in het landbouwlandschap bieden nest- en foeragemogelijkheden voor vogels (Thevathasan & Gordon 2004). Een hogere diversiteit aan kleine zoogdieren werd waargenomen door Klaa et al. (2005) op boslandbouwpercelen, zowel in vergelijking met reïncultuurpercelen als met bossen. Onder andere Stamps et al. (2002), Thevathasan & Gordon (2004) en Pardon et al. (2018) vonden een hogere diversiteit aan arthropoden terug op boslandbouwpercelen dan op percelen zonder bomen.

Het contourboslandbouwsysteem bestaat niet alleen uit een boomcomponent, maar ook uit een greppel en een berm, elk met typische biotische en abiotische eigenschappen. Aangezien algemeen is aangetoond dat de biodiversiteit toeneemt naarmate de complexiteit van het landschap stijgt (Chaplin-Kramer et al. 2011, Fahrig et al. 2011, Tscharrntke et al. 2005), wordt er dus verwacht dat het contourboslandbouwsysteem een positief effect zal hebben op de biodiversiteit in het landbouwlandschap.

Tenslotte kunnen (half)natuurlijke elementen ook functioneren als een corridor tussen geïsoleerde habitats. Lijnvormige, houtige elementen zoals bomenrijen laten bijvoorbeeld toe dat planten en dieren die typisch voorkomen in bossen zich verplaatsen tussen de verschillende bosfragmenten, wat zorgt voor sterkere en gezondere populaties. Ook gebruiken insecten, vogels en vleermuizen lijnvormige (half) natuurlijke elementen om zich te verplaatsen doorheen het landschap (Hinsley & Bellamy 2000, Van Geert et al. 2009, Verboom & Huitema 1997). Greppels en grachten kunnen dan weer gebruikt worden door amfibieën om zich te verplaatsen naar geschikte broed- of overwinteringsplaatsen (Mazerolle 2005). Hier kunnen collector swales en de eraan gekoppelde poelen zeker ook een belangrijke functie vervullen.

Kosten-baten analyse

Aanleg en onderhoud

Het aanleggen van swales en daaropvolgende de beplanting op de bermen kan een aanzienlijke tijds- en financiële investering met zich meebrengen. De grootteorde van die investering zal onder meer afhangen van de mate waarin de werken door de landbouwer zelf kunnen uitgevoerd worden, het gebruikte materieel, de omvang van het perceel en dus de lengte en dimensies van de swales. Voor de beplanting, hangt veel af van de gekozen soorten en mogelijke steunmaatregelen. Denk bij dit laatste bv aan de subsidie voor aanleg van boslandbouwpercelen.

In Tabel 1 wordt een overzicht gegeven van de voornaamste werkzaamheden en aankopen, samen met een inschatting van de belangrijkste kosten.

Zoals vermeld hierboven, is de eerste stap het uittekenen van de contourlijnen. Het A-frame kan eenvoudig zelf gemaakt worden, een laser moet gehuurd of aangekocht worden. De lijnen zelf kunnen met kalk of wit zand op de grond aangeduid worden. Als het graven van de greppel wordt uitbesteed, dan is een extra medewerker en een graafmachine (of greppelfrees) nodig. De uitgegraven grond moet als een berm hellingafwaarts van de greppel aangebracht worden. De berm zelf kan bedekt worden met mulch.

Op de berm worden dan eerst de boompjes aangeplant en beschermd. De kosten van het plantgoed zullen sterk afhangen van de soorten die worden gekozen. In de meeste gevallen zullen de bomen moeten opgesnoeid worden. Voor standaardprijzen gerelateerd aan plantgoed, boompalen en boombescherming, wordt verwezen naar de [kennisfiche rond kosten voor het opzetten van een agroforestry systeem](#).

Afhankelijk van de erosiesnelheid moet de greppel onderhouden worden door het ingestroomde sediment opnieuw uit te scheppen.

Bepaalde materiaalkosten kunnen erg duur uitkomen als men effectief zelf nieuwe toestellen aankoopt. Echter, het uitmeten van de hoogtepunten en uitzetten van de contourlijnen kan tegen een relatief beperkte kost, als je het benodigde materiaal kan huren en eventueel ook (een deel van) het werk zelf uitvoert. Belangrijk voor een goed resultaat is wel dat je heel nauwkeurig te werk gaat.



Figuur 10. Links: pas aangelegde swale met de markeringspaaltjes van de uitgezette hoogtelijnen nog zichtbaar. Rechts: aanplant van de bomen op de berm (Heuvelland 2019).

Tabel 1. Overzicht van de voornaamste werkzaamheden en benodigd materiaal

Activiteit	Duiding	Benodigd materiaal	Inschatting kostprijs	Gerelateerde tijdsbesteding (inschatting obv praktijkervaring)
Opmaak en opvolging omgevingsaanvraag voor vergunning grondverzet	In de meeste gevallen moet voor een reliefwijziging een stedenbouwkundige vergunning of een omgevingsvergunning voor stedenbouwkundige handelingen verkregen worden.			1 à 2 dagen
Uitmeten en materialiseren hoogtepunten	Eerste stap is het uitmeten van de hoogtepunten waarop een swale dient aangelegd te worden, en deze markeren. Het uitmeten kan met een hoogtemeter of precisie-GPS. Belangrijk is dat het gebruikte toestel nauwkeurig meet. Voorbereiding kan via geopunt.be. Dit gaat snel en is gratis, maar is minder accuraat.	Online uitmeten via geopunt.be	Geen kost	
		Handheld Precisie-GPS hoge nauwkeurigheid	Aankoop: 7.000-10.000 euro	
		Hoogtemeter	30-100 euro	± 20 min per hoogtepunt
Uitzetten contourlijnen	Het uitzetten van de contourlijnen kan gebeuren met een roterende laser of met een A-frame. Het markeren kan met kalk, wit zand of markeringspaaltjes.	Markeringspaaltjes	0,5 euro per paaltje	
		Online uitmeten via geopunt.be	Geen kost	
		Roterende laser	Huur laser: 65 euro per dag; Aankoop laser: 500-1.700 euro	
		A-frame met waterpas of schietlood	waterpas: 15-100 euro; schietlood: 5-20 euro	± 10 min per 100m
		Markeringspaaltjes	0,5 euro per paaltje	
		Kalk of wit zand	0,07-0,70 euro per kg	
Graven en profileren van de greppels (gemiddeld 150 cm breed, 50 cm diep)	We veronderstellen hier het gebruik van een graafmachine. Alternatieven (bv. greppelfrees) zijn wellicht mogelijk maar hier is nog geen praktijkervaring mee. Tijdsbesteding sterk afhankelijk van diepte.	Hydraulische graafmachine + bestuuerder	Per 100 m: 70 (zandbodem) tot 80 (kleibodem) euro	± 30 min tot 1 uur per 100m
Berm mulchen	Mulchen kan met verschillende types organisch materiaal, gaande van houtsnippers of -schors tot miscanthus of hennepvezel. Vaak voorziet men lokaal beschikbare grondstoffen. De berm inzaaien met een groenbemester of bodembedekker is eveneens een optie.	Aan- en afvoeren van de graafmachine	Afhankelijk van de afstand	
Bomen planten		Mulchmateriaal - kostprijs bij aankoop sterk afhankelijk van type materiaal.	0,05-0,20 euro per L	
Boompalen plaatsen		Bosplantsoen - kostprijs naar gelang boomsoort en type plantgoed.	0,50 - 2,50 euro per boompje	
Aanbrengen boomband		Palen 2-50 m	8,5 euro per paal	
Aanbrengen wilgaaskoker		Boomband	0,50 euro per m band	
		Wilgaaskoker	1,50 euro per koker	

Teelten op en tussen de swales: productie en rendabiliteit

Zoals hiervoor beschreven onder “productie en teeltkeuze” kan de productiviteit van het landbouwgewas op perceelsniveau lager zijn dan in een reïncultuur zonder swales, enerzijds door de negatieve impact van de bomen op de gewasopbrengst en anderzijds doordat er minder oppervlakte beschikbaar is om te verbouwen. Hierbij is geen rekening gehouden met de extra productie op de bermen, waar zowel bomen als andere gewassen kunnen geteeld worden.

Voor boslandbouwsystemen of andere gemengde systemen wordt de productiviteit op perceelsniveau vaak beschreven aan de hand van de ‘Land Equivalentie Ratio’ (LER). Om de LER te berekenen, wordt voor elke component van het systeem de biomassa opbrengst in het gemengde systeem gedeeld door de biomassa opbrengst van datzelfde gewas in een reïncultuur. De LER bestaat dan uit de optelsom van die verhouding voor elke component (zie Vergelijking 1) en is dus de ratio van de hoeveelheid land die nodig is om en bepaalde biomassa van alle componenten afzonderlijk te telen tot de hoeveelheid land die nodig is om diezelfde biomassa in een gemengd systeem. Een LER groter dan 1 geeft aan dat de biomassa productie in een gemengd systeem hoger is dan in een systeem met afzonderlijke componenten. Een LER van 1.15 betekent bijvoorbeeld dat er 15% meer land nodig is om dezelfde hoeveelheid biomassa te produceren in een systeem met afzonderlijke componenten in vergelijking met een systeem waarbij de componenten gecombineerd worden.

Vergelijking 1:

$$LER = \frac{\text{biomassa component 1 gemengd systeem}}{\text{biomassa component 1 reïncultuur}} + \frac{\text{biomassa component 2 gemengd systeem}}{\text{biomassa component 2 reïncultuur}} + \dots$$

In boslandbouwsystemen kunnen hogere biomassa opbrengsten gerealiseerd worden dan op een perceel met reïncultuur (Graves et al. 2007; Tallieu 2011; van der Werf et al. 2007). Zo werd aangetoond, weliswaar in buitenlandse situaties, dat de LER van boslandbouw met 50 bomen per hectare kan variëren tussen de 1.2 en 1.8 (Graves et al. 2007; Talbot 2011). Meer recente berekeningen in Vlaamse context werden uitgevoerd door Pardon et al. (2018) op basis van een uitgebreide veldcampagne, en tonen een LER van 1,01 tot 1,16 aan voor boslandbouwsystemen met populierenrijen met een tussenafstand van 60 m tussen de bomenrijen.

Hoewel de totale biomassaproductie in boslandbouwsystemen hoger kan liggen dan in een reïncultuur, zal de economische rendabiliteit van het systeem afhangen van veel factoren. Zo zullen de marktprijs van de geteelde producten, de investeringen en kosten, eventuele subsidies etc. ook een grote rol spelen. Bij wijze van voorbeeld berekenden we dit voor een virtueel typisch Vlaams akkerbouwbedrijf van 45 ha waarbij boslandbouw met populier wordt aangelegd op 5% van het totale areaal, en dit in een klassieke akkerbouwrotatie. Zonder subsidies blijkt de ‘netto huidige waarde’ (dit is een indicator voor de economische rendabiliteit van het systeem) 2 % lager te liggen dan wanneer geen boslandbouw wordt toegepast. Wanneer de bestaande subsidies wél in rekening gebracht worden, ligt de netto huidige waarde dan weer 8% hoger dan in het scenario zonder boslandbouw (Van Vooren et al. 2016). Let wel: dit gebeurde zonder rekening te houden met indirecte voordelen zoals biodiversiteit, bodemkwaliteit of erosiereductie, alsook zonder rekening te houden met eventuele optimalisatie van de teeltrotatie en –keuze.

Voor contourboslandbouwsystemen werd tot nu toe geen economische doorrekening gedaan. De aanwezigheid van de greppel-berm structuur zal ervoor zorgen dat er minder oppervlakte beschikbaar is voor de teelt van het landbouwgewas en de bomen kunnen een negatieve impact hebben op de opbrengst van het gewas, maar zowel de bomen als de vegetatie op de bermen kunnen dan weer zorgen voor een extra bron van inkomsten voor de landbouwer.

Beleid en regelgeving

De belangrijkste aandachtspunten op vlak van beleid en regelgeving bij de start met contourboslandbouw, zijn gerelateerd met (1) de aanplant van bomen en struiken, (2) de reliëfwijziging op het perceel, (3) de erosiereglementering.

Aanplant van houtige vegetatie op een landbouwperceel

Als men start met de aanplant van houtige vegetatie op een landbouwperceel, zijn een aantal wetteksten van belang. Sommigen daarvan geven aanleiding tot onzekerheden en hindernissen, vooral voor in relatie tot de uiteindelijke kap van de bomen. Denk daarbij aan reglementering in het kader van het Bosdecreet, het Natuurdecreet, het veldwetboek, de Codex Ruimtelijke Ordening, de Pachtwet en het Onroerend Erfgoeddecreet. In de context van agroforestry, zijn de afgelopen jaren heel wat inspanningen geleverd om de wetgeving aan te passen met het oog op een meer stimulerend beleid. Toch blijft de wetgeving onderhevig aan verandering. Op het [kennisloket](#) van Agroforestry Vlaanderen wordt steeds de meest actuele situatie omschreven, maar het is sowieso nuttig om bij twijfel contact op te nemen via info@agroforestryvlaanderen.be. Kort samengevat kan men stellen:

- Het Bosdecreet en het Veldwetboek vormen geen probleem meer voor de aanleg van een agroforestry-systeem of het kappen van de bomen, wel moet je de afstandsregels respecteren.
- In beschermde – en erfgoedlandschappen moet je voor het planten en kappen van bomen, als er geen andere vergunning nodig is, een toelating vragen aan het Instituut Onroerend Erfgoed.
- In kader van de Pachtwet moet de pachter een schriftelijke toestemming krijgen van de verpachter voor het planten van bomen en kan de verpachter in de eerste negen jaar na terugneming van zijn grond in principe geen bomen planten indien de opzeg eenzijdig is gebeurd. Bij pachtbeëindiging voor de aanplanting de leeftijd van 18 jaar bereikt heeft en deze geleid heeft tot een waardevermeerdering, moet de verpachter een vergoeding betalen aan de pachter. Bij waardevermindering is het omgekeerde waar.
- De Codex Ruimtelijke Ordening vormt niet langer een probleem want bomen die deel uit maken van een boslandbouwsysteem worden vrijgesteld van stedenbouwkundige vergunning voor het kappen.
- Het Natuurdecreet maakt de kap en in sommige gevallen de aanplanting van bomen in een agroforestry-systeem vergunningsplichtig. Wanneer een vergunning gevraagd wordt voor het verwijderen van agroforestry, kan deze geweigerd worden of toegestaan worden mits voorwaarden (vb. heraanplanting). Stoppen met agroforestry en terug overschakelen op gangbare landbouw kan in dat geval niet.

Voor de aanplant van een meerjarige, houtige teelt op de bermen kan een aanplantsubsidie aangevraagd worden, als de teelt voldoet aan de boslandbouw- subsidievoorwaarden. Alle details zijn terug te vinden op de website van het [Departement Landbouw & Visserij](#) en op de website van [Agroforestry Vlaanderen](#). De belangrijkste criteria om in aanmerking te komen, zijn (1) dat de beplantingsdichtheid tussen de 30 en de 200 bomen per ha ligt, (2) dat de aanplant minstens 0.5 ha groot moet zijn, (3) dat de bomen homogeen verspreid moeten zijn over het perceel (homogeen verspreide swales voldoen) en (4) dat de bomen minstens 10 jaar blijven staan. De aanplant van laagstamfruitbomen, halfstamfruitbomen, naaldbomen, Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*), Amerikaanse eik (*Quercus rubra*) en Valse acacia (*Robinia pseudoacacia*) is niet toegelaten. Als aan die voorwaarden is voldaan, kan tot 80% van de aanplantkosten gesubsidieerd worden.

Reliëfwijziging

In de meeste gevallen moet voor een reliëfwijziging een stedenbouwkundige vergunning of een omgevingsvergunning voor stedenbouwkundige handelingen verkregen worden. Een vergunning is nodig (Departement Omgeving 2018):

- Als het terrein gelegen is in ruimtelijk kwetsbaar, erosiegevoelig of mogelijk of effectief overstromingsgevoelig gebied;
- Als de aard of de functie van het terrein wijzigt;
- Als het volume van de reliëfwijziging groter is dan 30 m³;
- Als de hoogte of diepte van de reliëfwijziging op minstens één punt groter is dan 0.5 m

Erosiereglementering

De erosiewetgeving werd vervat in de randvoorwaarden waaraan de Vlaamse landbouwer moet voldoen om recht te hebben op inkomenssteun. Deze wetgeving stimuleert een brongerichte aanpak van erosie op de meest erosiegevoelige paarse en rode percelen. Dit betekent dat de maatregelen er op gericht zijn om erosie te voorkomen op het perceel zelf, eerder dan afgespoelde grond op te vangen in buffers, grasstroken of in de context van dit rapport bv ook swales. Op deze manier wordt het productiepotentieel van de landbouwgrond behouden. Een brongerichte aanpak van erosie vraagt een zo volledig mogelijke bedekking van de bodem tussen teelten, maar ook tijdens de teelt zelf.

Erosie is een proces dat het hele jaar even sterk doorgaat. In Vlaanderen is erosie het sterkst in de periode van mei tot september omwille van de hogere frequentie van korte, maar intense buien. Vooral maïs en een groot aantal groenten worden laat in het voorjaar gezaaid of geplant en bieden in het late voorjaar/vroege zomer weinig bodembedekking. De randvoorwaarden sturen aan op het behoud van zoveel mogelijk gewasresten van vorige teelten en groenbedekker aan het bodemoppervlak, om erosie te vermijden.

De uitwerking van de randvoorwaarden is momenteel aan een herziening onderhevig. Voor de meest recente informatie over de randvoorwaarden kan u terecht op de website van het Departement [Landbouw & Visserij](#).

Op de website van het project Gomerios (www.gomerios.be) staat op een bevattelijke manier aan de hand van [schema's](#) weergegeven welke opties of verplichtingen de landbouwer heeft, naargelang de context (rode of paarse percelen, inzaai voor of na 1 januari, ...).

Contourboslandbouw kan in principe erkend worden als een erosiebestrijdingsmaatregel, maar dit wordt wel best voorafgaand aan de aanleg doorgesproken met de regionale erosiecoördinator, want die kan er een attest voor afleveren als aan enkele voorwaarden is voldaan. Een terreinbezoek met de [erosiecoördinator van uw gemeente](#) wordt aanbevolen.

Enkele inspirerende cases in Vlaanderen

Rik Delhaye (Heuvelland)

DE SITUATIE

De vruchtbare en licht (1-5%) tot sterk (15% en meer) hellende leemgronden in de gemeente Heuvelland zijn vaak erosiegevoelig. Die erosie heeft een hoge maatschappelijke kost, onder andere door verlies van de vruchtbare bodemlaag, het zaaigoed en de fytosanitaire producten, door sedimentatie in waterlopen en rioleringen, en door modderstromen in de dorpskernen. Bovendien wordt het gros van deze percelen gangbaar bewerkt, en is de bewerkingsrichting met de helling mee, wat erosie nog in de hand werkt.

Ook landschappelijk is de situatie bijzonder te noemen. Buiten zijn bedrijf, laat Rik zijn runderen grazen in begrazingsblokken van Natuurpunt vzw, op percelen van ANB en in Provinciaal Domein de Palingbeek. Een aanzienlijk deel van die percelen ligt in agrarisch gebied met ecologisch belang en in bosgebied. Het bedrijf van Rik ligt ook vlak bij het Habitatrictlijngebied "West-Vlaams Heuvelland", dat deel uitmaakt van het ruimere Europese Natura2000 netwerk. De nadruk in deze regio op vlak van natuurdoelen ligt vooral op bosuitbreiding. Niet alleen de ruimtelijke impact, maar ook de gevolgen op vlak van vergunningenbeleid, brengen de nodige uitdagingen en spanningen met zich mee. Denk bij dat laatste ook aan het ganse PAS (Programmatische Aanpak Stikstof) gebeuren, waarbij in Heuvelland het aandeel van de veehouderij in de ammoniakdepositie in nabijgelegen natuurgebied substantieel te noemen is. Eén van de zaken die Rik dus intrigeert is de vraag of, en in welke mate, houtkanten, heggen, hagen, bomenrijen en dus ook agroforestry percelen enerzijds als verbindingselement tussen bosfragmenten en anderzijds ook als buffer kunnen fungeren om een deel van de schadelijke landbouwemissies af te vangen.

Rik: "Ik streef naar een aanpak waarbij het initiatief van de boeren zélf komt. Ik ben er van overtuigd dat we natuurdoelstellingen kunnen realiseren én verder kunnen boeren op deze kwaliteitsvolle gronden. Vele percelen hier liggen op Klasse I leemgronden, en omdat de bodem ook rijk is aan silicium, heeft ze voor voedselproductie een hoge waarde. Ik noem het dus onverantwoord om op deze productieve leemgronden geen voedsel meer te produceren, net zoals het onverantwoord is om geen aandacht te besteden aan ons landschap en de biodiversiteit die ze herbergt. De manier waarop we die synergie aanpakken, is bepalend voor het uiteindelijke resultaat. Een belangrijk principe is dat we niet lukraak kunnen beslissen hoe en waar we de natuur vorm willen geven. We kunnen de natuur niet forceren, maar moeten meewerken mét de natuur en ín de natuur. Evalueer voor elk stukje grond wat de reële mogelijkheden zijn, en werk daar naar toe, dan boek je veel sneller resultaat. Dat past ook perfect binnen de principes van permacultuur."

Het is vanuit die gedachte van het verenigen van landbouw, natuur en landschap dat Rik zich op agroforestry is gaan focussen. Zo goed als alle weilanden en akkers van Rik zijn op dit moment reeds met meidoornhagen omgeven. Voor aanleg en onderhoud werkte vzw 't Boerenlandschap ook samen met het Regionaal Landschap Westvlaamse Heuvels. Een aantal van de oudste hagen groeide door tot windscherm.

In het voorjaar van 2014 zette Rik een volgende stap naar de aanleg van agroforestry op swales. Zo werd hij pionier op vlak van contourboslandbouw. Geïnspireerd door wat hij hier en daar hoorde en zag, besefte Rik namelijk dat de situatie op licht hellend land zich hier ideaal leende tot het toepassen van deze techniek als ecologische infrastructuur. Bij hevige regenval wordt het water tegengehouden door de greppel, en krijgt het de tijd te infiltreren en het grondwater te herladen. Deze infiltratie zal

vlotter plaatsvinden indien op de berm bomen worden aangeplant, omdat hun wortelstelsel de infiltratie bevordert. Dergelijke aanpak biedt kansen om erosiebestrijdingsmaatregelen, die nu vaak als een bedreiging worden ervaren door de sector, op een productieve manier in te vullen. Het probleem waterafstroming wordt omgebogen tot een opportuniteit om productief gebruik te maken van water als energiedrager, hulpbron en grondstof.

SPECIFIEKE PROJECTKENMERKEN



Figuur 11. De pas aangelegde swales met een dikke mulchlaag op het perceel van Rik Delhaye. Situatie 2015.

Landbouwkundige productie

Biologisch gemengd bedrijf, percelen momenteel ingevuld als tijdelijk grasland. Bemesting gebeurt met boerderijcompost.

Aanplant op de bermen

Aanplant 2014 (bermen F1 tem F3 op **Figuur 12**. Contourboslandbouw op het bedrijf van Rik Delhaye. Links overzicht van de swales. Rechts: beeld van de aanplant van fruitbomen en onderetage met artisjok en rabarber op swale F3. **Figuur 12**): mix van fruitboomvariëteiten (appel, peer, pruim en kers). In elke rij vind je om de 10m een hoogstam fruitboom, met daartussen telkens twee halfstam fruitbomen. In de onderlaag zijn op de swales ook rabarber, artisjok, engelwortel, moerasspirea en tal van andere kruiden aangeplant en/of spontaan gevestigd. In 2018 werden de onderste twee bermen (F1 en F2) wegens grote uitval ingeboet met (halfstam) fruitbomen alsook kweeper, mispel en hazelaar.

Aanplant 2015 (bermen ANB1 tem ANB3 op **Figuur 12**): mix van houtproducerende soorten waaronder boskers, zwarte els, lijsterbes en (verschillende variëteiten) olm, aangelegd in samenwerking met ANB.



Figuur 12. Contourboslandbouw op het bedrijf van Rik Delhaye. Links overzicht van de swales. Rechts: beeld van de aanplant van fruitbomen en onderetage met artisjok en rabarber op swale F3.

Valorisatie

Op termijn zullen de bomen fruit opleveren. Momenteel brengt vooral de onderetage reeds een economisch betekenisvolle productie voort: zo worden jaarlijks honderden kg rabarber geoogst en verkocht, en worden ook theemengelingen of siropen aangeboden, bv van moerasspirea. Ook de oogst van de aardpeer leverde al iets op.

Verder is de landschappelijke waarde en het functioneren als corridor van groot belang.



Figuur 13. Productie van aardpeer (links) en rabarber, artisjok en een mix van kruidachtigen (rechts) op de bermen van het contourboslandbouwsysteem bij Rik Delhaye.

Aanvullende informatie

De afgelopen jaren zijn heel wat bomen afgestorven en telkens vervangen. Enerzijds was er schade door vee wegens niet-afdoende bescherming. Anderzijds vormden de extreem natte periodes afgewisseld met langdurige droogtes een grote uitdaging.

Wat de techniek van de swales betreft, experimenteert Rik volop verder met andere varianten. Zo onder meer met een systeem waarbij een soort opvangbekken wordt aangelegd onder de vorm van een verbreding van de greppel op plaatsen waar de hoogtelijn “bol” staat: hier wordt de berm zelf verlegd naar de benedenzijde. Zo wordt de waterhuishouding nog beter geregeld.

Op de vraag wat hij sinds de eerste ervaringen anders aanpakt, antwoordt Rik dat hij nu zou suggereren om het minder gecompliceerd aan te pakken: minder grote bermen te maken (zachtere helling) en geen echte greppel meer te graven. Eerder stelt hij voor om een kleine toplaag van de bodem aan de benedenzijde af te schrapen en dit als kleine berm op te werpen. Dit kan aangevuld worden met mulch, compost en op termijn ook aarde door de beweging van de schijveneg langsheen de contour. Geleidelijk ontstaat zo een plateau. De zachtere helling zorgt ervoor dat de berm nog met een klepelmaaier gemaaid kan worden. Een alternatief voor de aanleg van een beperkte greppel, is eventueel ook het gebruik van een greppelfrees in plaats van een kraantje voor het graafwerk. Daarnaast zoekt Rik vooral hoe de bermen nog meer benut kunnen worden als geleidingsroute voor het roterende vee (stootbegrazing). Waar het vee zich van het ene naar het andere perceel verplaatst, zou dit via de bermen kunnen verlopen. Een idee daarbij is om op de bermen meer hazelaars (als voederbomen) te planten.



Figuur 14. Verbreding van de greppels op de plaatsen waar de hoogtelijn “bol” staat.

Rik kijkt vooruit: “Vroeger moest ik de grond regelmatig beregenen zoals bijvoorbeeld voor de opkomst van jonge wortelen. Nu zal dat niet meer nodig zijn want het vocht blijft nu dankzij de contourgreppels en de capillaire werking langer in de bodem. De humusrijke bodem is ook makkelijker bewerkbaar waardoor ik geen zware en dure machines meer moet gebruiken. Dat maakt een groot verschil want grote machines drukken de aarde samen waardoor de grond geen water meer kan opslorpen. Het water loopt dan sneller weg en sleurt de bovenste laag vruchtbare aarde mee. Op de bermen staan jonge fruitboompjes die de komende jaren niet alleen fruit zullen dragen maar er ook voor zullen zorgen dat het water makkelijker in de grond sijpelt. En heb je al gehoord van mycorrhizae? Dat zijn schimmels die zich rond de wortels van planten en bomen vormen en voor een verbinding tussen wortel en bodemdeeltjes zorgen. Deze schimmels ontvangen van de plantenwortel voedingsstoffen om te groeien en geven in ruil minerale voedingsstoffen af die essentieel zijn voor het plantenleven. Dankzij de boomwortels zal die symbiose tussen schimmels en planten een boost krijgen.”

ANB (Heuvelland)

DE SITUATIE

Op de flanken van de Rodeberg werden initiatieven genomen om erosie tegen te gaan en de biodiversiteit en de landschappelijke waarde te verhogen, met respect voor het landbouwkundig gebruik. In een unieke samenwerking tussen ANB, enkele landbouwers en een hele reeks andere actoren waaronder ILVO, INBO en Regionaal Landschap Westhoek, werden langs en op landbouwpercelen greppels gegraven, die beplant werden met houtproducerende bomen en waar de natuur nu haar gang kan gaan. Men liet zich hierbij inspireren door het werk van pionierlandbouwer Rik Delhaye, die als eerste in Heuvelland met deze bijzondere vorm van boslandbouw aan de slag ging. De grachten en bermen bij contourboslandbouw zorgen ervoor dat er minder water en bodem wegspoelt. Op die manier kan men ook verdroging op de landbouwpercelen verminderen. Bovendien kunnen de bomen naast de biodiversiteits- en landschappelijke waarde ook een productiefunctie hebben. Een heuse win-win dus voor landbouw én natuur.



Figuur 15. Contourboslandbouw op de percelen van ANB in Heuvelland. De swales liggen op 2,5 m hoogteverschil van elkaar. Op het bovenste gedeelte wordt tussen de swales reguliere landbouw toegepast, het onderste gedeelte werd tussen de swales bebost met bomen en struiken. Situatie juli 2019.

WAAROM AGROFORESTRY?

Agroforestry en meer specifiek contourboslandbouw, kan in de hierboven omschreven context van Heuvelland (zie Rik Delhaye) fungeren als bruggenbouwer, tussen mensen, tussen organisaties, tussen doelstellingen, tussen landschapsfragmenten. Dergelijke “contourboslandbouw” systemen leveren ook verschillende ecosysteemdiensten: als buffer tegen schadelijke landbouwemissies, erosie en verdroging, maar evenzeer als corridor in het landschap, bv tussen bosfragmenten. Landbouwkundige voordelen: alle land blijft produceren, maar met diversificatie: vrucht- en/of houtproductie worden toegevoegd aan vee- en/of akkerbouw dat plaatsvindt op het areaal tussen twee swales. In dit specifieke project vormen biodiversiteit en milieu de hoofddoelen.

SPECIFIEKE PROJECTKENMERKEN: Een ongewone combinatie van conventionele akkerbouw met bos- en natuurontwikkeling

Perceelscontext

Zandleem bodem met een bodemdikte tussen de 20 en 40 cm. Matige helling (5 tot 10%). Erosiegevoelige grond, agrarisch gebied met ecologische waarde. Ligt in een Speciale Beschermingszone (SBZ Westvlaams Heuvelland).

Omvang en historiek

Twee percelen zitten vervat in agroforestry. Een eerste perceel van 2,2 ha werd aangelegd in 2016, waarbij de bomenrijen loodrecht op de helling staan, van boven naar beneden.



Figuur 16. Agroforestry op de percelen van ANB in Heuvelland. Links: perceel 1 met een klassiek alley cropping patroon van parallelle bomenrijen die hellingafwaarts aangeplant zijn. Rechts: perceel 2 met toepassing van contourboslandbouw.

Een tweede perceel van 6,15 ha werd in 2019 aangeplant, waarbij contourboslandbouw werd toegepast. De swales liggen hier telkens op 2,5 m hoogteverschil van elkaar, dwz ongeveer 25 m. De hoogste gracht ligt op de 87,5m hoogtelijn, de laagste op de 70m hoogtelijn. Op het bovenste gedeelte van 1,4 ha wordt tussen de swales reguliere landbouw toegepast, het onderste gedeelte van 4,05 ha werd tussen de swales kunstmatig bebost met 7000 bomen en struiken. Tussen de swales en de beboste gedeeltes ligt telkens een boomloze strook van 6 meter breed die op heden jaarlijks ingezaaid wordt met granen en akkerkruiden, als voedsel voor overwinterende akkervogels. In een latere fase (> 20 jaar) zal deze strook gebruikt worden als sleepstap bij houtexploitatie. De afstand tussen de bomen op de swales bedraagt telkens 8 à 10 meter.

Landbouwkundige productie

Gangbare akkerbouwrotatie in combinatie met bomenrijen. Enkel stikstof en kalk worden toegevoegd, geen fosfor. Doordat jaarlijks gewassen worden geoogst, zal het aandeel fosfor in de bodem verminderen zodat de gronden op termijn geschikt kunnen worden voor de ontwikkeling van een bosflora. Men kan dit als het ware beschouwen als een natuurlijke vorm van uitmijning.

Boomsoorten

Perceel 1: mix van houtproducerende soorten, namelijk boskers, zwarte els, lijsterbes en (verschillende variëteiten) olm. Rijafstanden liggen op 25m van elkaar.

Perceel 2: mix van zwarte populier, wintereik, fladderiep en Spaanse aak op de swales, en winterlinde, haagbeuk, boskers, zomereik, ruwe berk, schietwilg, meidoorn, lijsterbes, hazelaar, sleedoorn en vuilboom als belangrijkste soorten tussen de bermen.

Valorisatie

Het hout van de aangeplante bomen zal dienen als industriehout. Verder is de landschappelijke waarde en het functioneren als corridor van groot belang.

Aanvullende technische informatie

In de eerste jaren werden afgestorven bomen vervangen. Extreem natte periodes afgewisseld met langdurige droogtes vormden initieel een grote uitdaging. Vormsnoei werd toegepast. Op regelmatige basis wordt door het INBO de boomgroei opgevolgd.

Taco Blom – Samenland (Sint-Truiden)

DE SITUATIE

In 2008 begon Taco Blom samen met zijn partner Sonja Klagens op een perceel van 4,2 ha in eigendom van het kasteel Nieuwenhoven met biologische landbouw volgens de principes van permacultuur. Tot 2007 werd het bijna continu als maïsveld gebruikt. Het land heeft een lichte helling en bij hevige regenval stroomden het water en sediment langs de gecompacteerde bodem naar beneden, tot binnen de poort van het kasteel. Daarom is men begonnen met maatregelen voor waterbeheersing. Het belangrijkste hierbij was de aanleg van drie grote swales, volgens de hoogtelijnen van het land. Het water kreeg zo de tijd om in de grond te trekken. Bomen op de berm zorgden ervoor dat het water niet weer snel verdampt. Zo wordt een watervoorraad opgebouwd voor droge tijden. Daarnaast werden in 2009 twee poelen aangelegd, één aan de bovenkant en één aan de onderkant van de helling. Daarin vestigde zich heel wat nuttig leven zoals kikkers en padden die als natuurlijke plaagbestrijders optreden tegen de schadelijke insecten.

Het voedselbos is opgezet door middel van gelaagde stroken met houtachtige gewassen met daartussen smalle stroken gras. Bomen (van hoog naar laag), struiken, meerjarige planten en kruiden zijn allemaal geïntegreerd. Het streven is om op 70% meerjarige planten en 30% eenjarigen uit te komen. Het water, het land en het zonlicht zijn optimaal georganiseerd en de beplanting is zodanig aangelegd dat er efficiënt geoogst kan worden. Er is geen vee, maar wel een grote hoeveelheid aan in het wild levende planten en dieren. Taco en Sonja houden zelf ook bijen.

Taco en Sonja produceren een veelheid aan verschillende groenten, fruit, bessen en noten. Ongeveer 80% van hun producten wordt verkocht aan lokale restaurants.

Samenland is een inspirerende voorbeeld van hoe een gepassioneerde boer zijn voedselbos beheert met zorg voor de natuur, bodem en biodiversiteit. De weg die op Samenland de afgelopen jaren werd bewandeld en de ervaringen die werden opgedaan, zijn steeds een inspiratiebron geweest voor velen die met permacultuur, voedselbossen en/of swales aan de slag zijn gegaan. Taco Blom is terecht een pionier te noemen.



Figuur 17. Het permacultuur systeem op Samenland. Links: aanleg van de swales in 2008. Rechts: situatie eind 2017 (beeld © Van Akker naar Bos).

Emile Dumon – Natuurlijk Fruit (Heverlee)

DE SITUATIE

Natuurlijk Fruit is een zelfoogst fruittuin die recent werd opgestart (2018) door Axel Wouters en Emile Dumon. Axel Wouters is praktijk- en theorieleerkracht in de Wijnpers. Emile Dumon was vier jaar geleden één van zijn leerlingen. Twee jaar nadat hij afstudeerde voelde hij de drang om iets in de praktijk te doen. Hij wou de leerstof van de lessen natuurbeheer toepassen bij het boeren. Hij ontdekte

een opleiding die bood wat hij zocht en schreef zich in bij Landwijzer, een biologisch en biodynamische landbouwopleiding. Hier verkreeg hij de nodige informatie over het runnen van een boerderij en leerde hij de teeltechnische aspecten van het boeren.

Axel zat al even met een plan om op een stuk grond een ecologisch verantwoord project op te starten. Axel en Emile kwamen terug in contact en zo ontstonden de eerste plannen. Ze stelden een plan op voor 1,4 ha.

KLEINFRUIT AANPLANT

Onderstaande figuur toont de verschillende teelten. Er zijn 6 fruitblokken opgedeeld van elk 0,15 ha (groen) en 3 groente blokken van elk 0,05 ha (rood). De onderste twee blokken zijn het natst. Het rechter blok bevat rode bes, zwarte bes, honingbes en rabarber. In het linker blok staan bramen en groenten (rode biet en komkommer). De bramen worden afwisselend gecombineerd met groenten (tussenafstand van braam tot braam is 6 meter) In de twee middelste blokken staan beginnende kruisbes en een enkele rij abrikoos. Op de bovenste helft van deze blokken staan frambozen met bomenrijen van perzik. De twee bovenste blokken bevatten bijna alleen frambozen, enkele uitzonderingen zijn josta bes en kruisbes.

Aan de koppen van de fruitrijen worden fruitbomen afgewisseld met zwarte en witte els. Ook zijn er enkele fruitlijnen aangeplant met fruitbomen (perzik, abrikoos, appel); deze rijen bevinden zich tussen het fruit.

Drie houtkanten zullen een gunstig klimaat creëren (fluo groen). Bovenaan het perceel is een talud aanwezig die een warm microklimaat creëert. Op die plaats wordt een klein voedselbos aangelegd met warmte minnende fruitsoorten waaronder vijg, kaki, amandel, perzik, abrikoos en druif.

Om erosie te vermijden, staan de fruitrijen oost-west georiënteerd. Op vlak van lichtcompetitie is deze oriëntatie natuurlijk niet ideaal. Daarom combineert men afwisselend steeds hoge fruitsoorten met lage fruitsoorten. Voorbeelden hiervan zijn herfstframboos gecombineerd met zomerframboos en braam gecombineerd met komkommer en rode biet.



Figuur 18.links. Opdeling zones Natuurlijk Fruit (Bron: <https://www.geopunt.be/>). Rechts. De aanleg van een swale.

SWALES

In het najaar van 2018 startte de aanplant van Natuurlijk Fruit. De eerste aanplant omvatte ongeveer een halve hectare. Alles was reeds geploegd en het geheel lag er braak bij. Gezien de vrij sterke

hellingsgraad (7-8%), zou erosie echter snel verschijnen op de kale grond. In die context werd ook de aanleg van swales mee in het plan opgenomen. Emile paste ze uit met een zelfgemaakt A-frame met waterpas, Axel groef ze uit met de kraan. Men koos ervoor om ondiepe swales aan te leggen met het oog op minimaal grondverzet. Kort na aanleg is het stevig beginnen regenen en deden de swales al dienst. Ze liepen langzaam vol, boden het water de mogelijkheid om te infiltreren en voerden het water pas af wanneer de swale vol was. De waddies moeten nog gegraven worden. Ze zullen ook dienst doen als poel voor de eenden.

SWALES ALS NATUURELEMENTEN

Buiten de functie als erosiebuffer dient de swale nog een andere zeer belangrijke functie. Het is een natuurelement dat dienst doet als corridor voor fauna en flora. Ook met het beheer van het perceel (extensief) zet men bij Natuurlijk Fruit in op een verhoogde natuurwaarde: weinig eisende fruitsoorten, tweejaarlijks maaien met de zeis, etc. Het is ook een zeer geschikte locatie voor wilde kruiden, zich wellicht ook goed handhaven binnen de swale. Wilde marjolein en wilde tijm trekken bijvoorbeeld heel wat vlinders en bijen aan.

De hoge kruidachtige begroeiing is ook een zeer goede habitat en schuilplaats voor nuttige organismen. Zweefvliegen, bestuivers, oormormen, amfibieën en tal van andere soorten zullen hiervan profiteren.



Figuur 19. Links. Zicht op de nieuwe aanplant en swale. Rechts. Zicht op de groenbemester met de swale die er door loopt.

PRODUCTIEVE SWALES

De swales zijn niet enkel een plaats voor de natuur, maar dienen ook voor opbrengst te zorgen. Bij Natuurlijk fruit gaat men op de swales de minder gekende wilde vruchten zetten die slechts tijdens een korte periode oogst geven. Op die manier worden de swales slechts beperkt betreden.

- De onderste swale wordt beplant met zwarte elzen en pruimen met in de onderetage munt.
- De middelste swale wordt beplant met zwarte els, gele kornoelje, krent en kruisbes met marjolein in de onderetage.
- De bovenste swale wordt enkel begroeid met artisjokken, omwille van de lichtconcurrentie worden op deze swale geen struiken of bomen aangeplant. Het zou schaduw kunnen geven aan de groentzone hierachter.

TOEKOMST

De perceeloppervlakte bedraagt 5,2 ha, wat betekent dat er nog heel wat uitbreidingsmogelijkheid is. Op de steile stukken van het perceel zullen nog extra swales aangelegd worden. Deze swales komen tussen toekomstige groentepercelen te liggen. Hier zal erosie sneller optreden en zullen ze een goede beheermaatregel vormen. Meer info: www.natuurlijkfruit.be.

Referenties

- Agroforestry in Vlaanderen (2016). Is het mogelijk om kleinfruit te kweken in de strook onder de bomenrij? Available at: <https://www.agroforestryvlaanderen.be/NL/Kennisloket/Praktischeaanpak/Aanleg/Kleinfruit/tabid/9713/language/nl-BE/Default.aspx> (consulted 05.11.2018)
- Barnes, D. (2007). Water Catchment Strategies for Drylands: Swales. Making brown turn green. Available at: <https://www.permaculturereflections.com/water-catchment-strategies-for-drylands-swales/> (consulted 30.10.2018)
- Barnes, D. (2015). Swale Calculator. Spacing Tool. Available at: <https://www.permaculturereflections.com/swale-calculator/> (consulted 30.10.2018)
- Bealy, W.J., Loubet, B., Braban, C.F., Famulari, D., Theobald, M.R., Reis, S., Reay, D.S., Sutton, M.A. (2014). Modelling agro-forestry scenarios for ammonia abatement in the landscape. *Environmental Research Letters* 9, 1-15.
- Bennett, B.M. & Barton G.A. (2018). The enduring link between forest cover and rainfall: a historical perspective on science and policy discussions. *Forest Ecosystems* 5: 5. <https://doi.org/10.1186/s40663-017-0124-9>.
- Brusselman, E., Beck, B., De Campeneere, S., Demeyer, P., Goossensj K., Kerselaers, E., Maertens, L., Millet, S., Reubens, B., Riebbels, G., Vandaele, L., Vangeyte, J., Zwertvaegher, I. (2016). Screening van maatregelen die kunnen leiden tot de reductie van ammoniakemissie afkomstig van de landbouw. Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO)
- Burgess, P.J. (1999). Effects of agroforestry on farm biodiversity in the UK. *Scottish Forestry* 53 (1): 24-27
- Burgess, S.S.O., Adams, M.A., Turner, N.C., Ong, C.K. (1998). The redistribution of soil water by tree root systems. *Oecologia* 115: 306-311
- Cecelja, A., Nelissen, V., Reubens, B., Brusselman, E. (2019). Het potentieel van houtige landschapselementen als emissie-capterende maatregel voor ammoniak. 19p.
- Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M.E., Blitzer, E.J., Kremen, C. (2011). A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* 14: 922–932
- Cools, N., Van Gossum, P. (2014). Hoofdstuk 18 - Ecosysteemdienst behoud van de bodemvruchtbaarheid. (INBO.R.2014.1988205). In Stevens, M. et al. (eds.), *Natuurrapport - Toestand en trend van ecosystemen en ecosysteemdiensten in Vlaanderen*. Technisch rapport. Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, INBO.M.2014.1988582, Brussel.
- Cormont, A., Siepel, H., Clement, J., Melman, T.C.P., WalisDeVries, M.F., van Turnhout, C.A.M., Sparrius, L.B., Reemer, M., Biesmeijer, J.C., Berendse, F., de Snoo, G.R. (2016). Landscape complexity and farmland biodiversity: evaluating the CAP target on natural elements. *Journal for Nature Conservation* 30: 19-26
- Coussement, T. et al. (2018). A tree-bordered field as a surrogate for agroforestry in temperate regions: where does the water go? *Agric. Water Manag.* 198-207.

Coussement, T., Janssens, P., Elsen, A., Pardon, P., Reubens, B., Mertens, J. (2019). Effect van agroforestry op de waterhuishouding. 35 p. Beschikbaar via www.agroforestryvlaanderen.be.

Crawford, M. (2010). Creating a forest garden. Working with nature to grow edible crops. Green books, Cambridge

Dabney, S.M., Wilson, G.V., McGregor, K.C., Vieira, D.A.N. (2012). Runoff Through and Upslope of Contour Switchgrass Hedges. *Soil Science Society of America Journal* 76: 210 - 219

Dautrebande, S. (2003). Guide méthodologique pour le choix d'aménagements appropriés en matière de conservation des sols et des eaux. *Convention Erosion* 243

Departement Landbouw en Visserij (2018). Aanplantsubsidie voor boslandbouwsystemen. Available at:

https://lv.vlaanderen.be/sites/default/files/attachments/fiche_aanplantsubsidie_voor_boslandbouw_systemen_-_versie_12022018.pdf (consulted 09.11.2018)

Departement Omgeving (2018). Besluit van de Vlaamse Regering tot bepaling van handelingen waarvoor geen stedenbouwkundige vergunning nodig is. Available at: <https://www.ruimtelijkeordering.be/NL/Beleid/Wetgeving/Uitvoeringsbesluiten/Vergunningen/b-Vrijstelling-vergunningsplicht-1dec2010> (consulted 12.11.2018)

Donald, P.F., Green, R.E., Heath, M.F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations. *Proceedings of the Royal Society B Biological Sciences* 268: 25-29

Dragosits, U., Theobald, M.R., Place, C.J., ApSimon, H.M., Sutton, M.A. (2006). The potential for spatial planning at the landscape level to mitigate the effects of atmospheric ammonia deposition. *Environmental Science & Policy* 9, 626-638

Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F.G., Crist, T.O., Fuller, R.J., Sirami, C., Siriwardena, G.M., Martin, J.L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* 14: 101-112

Ghazavi, G., Thomas, Z., Hamon, Y., Marie, J.C., Corson, M., Merot, P. (2008). Hedgerow impacts on soil-water transfer due to rainfall interception and root-water uptake. *Hydrological processes* 22: 4723 – 4735

Gomeros (2019). Groenten en Mais op erosiegevoelige percelen. Projectwebsite www.gomeros.be. Laatst geraadpleegd op 3-2019.

Good Life Permaculture (2014). How to find contour lines: low-fi and high tech options. Available at: <https://goodlifepermaculture.com.au/how-to-find-contour-lines-low-fi-high-tech-options/> (consulted 31.10.2018)

Graves, A.R., Burgess, P.J., Palma, J.H.N., Herzog, F., Moreno, G., Bertomeu, M., Dupraz, C., Liagre, F., Keesman, K., van der Werf, W., Koeffeman de Nooy, A., van den Briel, J.P. (2007). Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. *Ecological Engineering* 29 (4): 434-449

Hinsley, S.A., Bellamy, P.E. (2000). The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: a review. *Journal of Environmental Management* 60 (1): 33-49

- Jose, S. (2009). Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview. *Agroforestry Systems* 76: 1-10
- Klaa, K., Mill, P.J., Incoll, L.D. (2005). Distribution of small mammals in a silvoarable agroforestry system in Northern England. *Agroforestry Systems* 63:101–110
- Kleijn, D., Rundlöf, M., Scheper, J., Smith, H.G., Tscharntke, T., 2011. Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? *Trends in Ecology and Evolution* 26: 474–81
- Mazerolle, M.J. (2005). Drainage ditches facilitate frog movements in a hostile landscape. *Landscape Ecology* 20 (5): 579-590
- Nair, P.K.R., Kumar, B.M., Nair, V.D. (2009). Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 172: 10-23
- Oelbermann, M., Voroney, R.P., Gordon, A.M. (2004). Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 104 (3): 359-377
- Oelbermann, M., Voroney, R.P., Thevathasan, N.V., Gordon, A.M., Kass, D.C.L., Schlönvoigt, A.M. (2006). Soil carbon dynamics and residue stabilization in a Costa Rican and southern Canadian alley cropping system. *Agroforestry Systems* 68: 27-36
- Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., De Frenne, P., Coussement, T., Janssens, P., Verheyen, K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 247: 98-111
- Pardon, P., Reubens, B., Mertens, J., Verheyen, K., De Frenne, P., De Smet, G., Van Waes, C., Reheul, D. (2018). Effects of temperate agroforestry on yield and quality of different arable intercrops. *Agricultural Systems* 166: 135-151
- Pardon, P., Reheul, D., Mertens, J., Reubens, B., De Frenne, P., De Smedt, P., Proesmans, W., Van Vooren, L., Verheyen, K. (2019). Gradients in abundance and diversity of ground dwelling arthropods as a function of distance to tree rows in temperate arable agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 270-271: 114-128
- Peichl, M., Thevathasan, N.V., Gordon, A.M., Huss, J., Abohassan, R.A. (2006). Carbon sequestration potentials in temperate tree-based intercropping systems, southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems* 66: 243-257
- Permaculture Research Institute (2015). How to Build a Swale on Contour Successfully. Available at: <https://permaculturenews.org/2015/07/24/how-to-build-a-swale-on-contour-successfully/> (consulted 30.10.2018)
- Perkins, R. (2016). Making small farms work. 316p.
- Quinkenstein, A., Wöllecke, J., Böhm, C., Grünwald, H., Freese, D., Scheider, B.U., Hüttl, R.F. (2009). Ecological benefits of the alley cropping agroforestry system in sensitive regions of Europe. *Environmental Science Policy* 12: 1112 - 1121
- Reisner, Y., de Filippi, R., Herzog, F., Palma, J. (2007). Target regions for silvoarable agroforestry in Europe. *Ecological Engineering* 29: 401- 418

- Reynolds, E.P., Simpson, J.A., Thevathasan, N.V., Gordon, A.M. (2007). Effects of tree competition on corn and soybean photosynthesis, growth, and yield in a temperate tree-based agroforestry intercropping system in southern Ontario, Canada. *Ecological engineering* 29 (4): 362-371
- Schoeneberger, M.M. (2009). Agroforestry: working trees for sequestering carbon on agricultural lands. *Agroforestry Systems* 75 (1): 27-37
- Stamps, W.T., Woods, T.W., Linit, M.J., Garrett, H.E. (2002). Arthropod diversity in alley cropped black walnut (*Juglans nigra* L.) stands in eastern Missouri, USA. *Agroforestry Systems* 56:167–175
- Stoate, C., Boatman, N.D., Borralho, R.J., Carvalho, C.R., De Snoo, G.R., Eden, P. (2001). Ecological impacts of arable intensification in Europe. *Journal of Environmental Management* 63: 337-365
- Sutton, M.A., Dragosits, U., Theobald, M.R., McDonald, A.G., Nemitz, E., Blyth, J.F., Sneath, R., Williams, A., Hall, J., Bealey, W.J., Smith, R.I., Fowler, D. (2004). The role of trees in landscape planning to reduce the impacts of atmospheric ammonia deposition. In: *Landscape Ecology of Trees and Forests, Proceedings of the twelfth annual International Association for Landscape Ecology (IALE) Conference, Cirencester, UK, 21 – 34 juni 2004*, pg 143-150
- Talbot, G. (2011). L'intégration spatiale et temporelle du partage des ressources dans un système agroforestier noyers-céréales: une clef pour en comprendre la productivité?. *Ecosystèmes. Université Montpellier II - Sciences et Techniques du Languedoc*, 2011.
- Tallieu, R. (2011). Agroforestry in gematigde streken: modelmatige scenario analyses voor opbrengsten en Land Equivalency Ratio's. Masterproef, Universiteit Gent
- Thevathasan, N.V., Gordon, A.M. (2004). Ecology of tree intercropping systems in the North temperate region: experiences from southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems* 61–62:257–268
- Torrallba, M., Fagerholm, N., Burgess, P., Moreno, G., Plieninger, T. (2016). Do European agroforestry systems enhance biodiversity and ecosystem services? A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 230: 150-161
- Tscharntke, T., Klein, A.M., Kruess, A., Steffan-Dewenter, I., Thies, C. (2005). Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity - Ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857–874
- Tsonkova, P., Böhm, C., Quinkenstein, A., Freese, D. (2012). Ecological benefits provided by alley cropping systems for production of woody biomass in the temperate region: a review. *Agroforestry Systems* 85: 133-152
- Udawatta, R.P., Anderson, S.H., Garrett, H.E. (2005). Influence of agroforestry buffers on root length density and soil water content. *Greenley Memorial Research Center (Field day report)*, pp 34–41
- van Berkel, D.B., Verburg, P.H., 2014. Spatial quantification and valuation of cultural ecosystem services in an agricultural landscape. *Ecological Indicators* 37, 163–174
- Van der Werf, W., Keesman, K., Burgess, P., Graves, A., Pilbeam, D., Incoll, L., Metselaar, K., Mayus, M., Stappers, R., van Keulen, H., Palma, J., Dupraz, C. (2007). Yield-SAFE: A parameter-sparse, process-based dynamic model for predicting resource capture, growth, and production in agroforestry systems. *Ecological Engineering* 29 (4): 419-433

- Van Dijk, C.J., Dueck, T.A., Wamelink, G.W.W., Mosquera, J. (2004). Invloed van een landschapselement (windsingel) op de verspreiding van ammoniak uit een varkenshouderij. Eindrapport. Wageningen, Plant Research International B.V.
- Van Geert, A., Van Rossum, F., Triest, L. (2010). Do linear landscape elements in farmland act as biological corridors for pollen dispersal? *Journal of Ecology* 98: 178-187
- Van Vooren, L., Reubens, B., Broekx, S., Pardon, P., Reheul, D., van Winsen, F., Verheyen, K., Wauters, E., Lauwers, L., 2016. Greening and producing: An economic assessment framework for integrating trees in cropping systems. *Agricultural Systems* 148: 44–57. doi:10.1016/j.agsy.2016.06.007
- Van Vooren, L., Reubens, B., Broekx, S., De Frenne, P., Nelissen, V., Pardon, P., Verheyen, K., 2017. Ecosystem service delivery of agri-environment measures: a synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 244: 32-51. doi: 10.1016/j.agee.2017.04.015
- Verboom, B., Huitema, H. (1997). The importance of linear landscape elements for the pipistrelle *Pipistrellus pipistrellus* and the serotine bat *Eptesicus serotinus*. *Landscape Ecology* 12 (2): 117 - 125
- Wesseling, J.P., Duyzer, J., Tonneijck, A.E.G., Van Dijk, C.J. (2004). Effecten van groenelementen op NO₂ en PM₁₀ concentraties in de buitenlucht. TNO Milieu, Energie en Procesinnovatie, Rapport R2004/383.
- Wildemeersch, J. (2016). Appel, peer en meer. Fruitbomen in je tuin. Velt V.Z.W. 196 p.



“Ik noem het onverantwoord om op deze productieve leemgronden geen voedsel meer te produceren, net zoals het onverantwoord is om geen aandacht te besteden aan ons landschap en de biodiversiteit die ze herbergt. De manier waarop we die synergie aanpakken, is bepalend voor het uiteindelijke resultaat. Een belangrijk principe is dat we niet lukraak kunnen beslissen hoe en waar we de natuur vorm willen geven. We kunnen de natuur niet forceren, maar moeten meewerken mét de natuur en ín de natuur.

(Rik Delhaye, landbouwer en landschapsbouwer in Heuvelland)

ILVO
Instituut voor Landbouw-
Visserij- en Voedingsonderzoek

