

Validatie en optimalisatie bosvriendelijke houtexploitatie in Vlaanderen



Evy Ampoorter, Lotte Van Nevel, Bruno De Vos, Robbie Goris & Kris Verheyen

Eindrapport

31 oktober 2008

TWOL onderzoek OL 200500019, B&G/09/2005

Projectperiode: 3 juli 2006 – 2 juli 2008

Oprichtgever: Vlaamse Overheid - Departement Leefmilieu, Natuur en Energie - Agentschap voor Natuur en Bos

*Projectuitvoerders: Universiteit Gent – Laboratorium voor Bosbouw
Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek
Inverde*



Agentschap voor Natuur en Bos



Colofon

Validatie en optimalisatie bosvriendelijke houtexploitatie in Vlaanderen
is een gezamenlijke publicatie van:

Universiteit Gent, Labo voor Bosbouw
Geraardsbergsesteenweg 267
9090 Gontrode
<http://dfwm.ugent.be/lavobo/flash.html>

Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO)
Gaverstraat 4
9500 Geraardsbergen
<http://www.inbo.be>

Inverde
Duboislaan 2
1560 Hoeilaart
<http://www.inverde.be>

Wijze van citeren:

Ampoorter, E., Van Nevel, L., De Vos, B., Goris, R. & Verheyen, K. (2008). Validatie en optimalisatie bosvriendelijke houtexploitatie in Vlaanderen, Eindrapport. In opdracht van Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap – Agentschap voor Natuur en Bos, uitgevoerd door Universiteit Gent – Labo voor Bosbouw, Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek, Inverde.

Bedankt voor hun medewerking:

Mathieu Pieters, Koen Willems, Koen Vervaet, Luc Willems, Jos Goethuys.
Boswachters Alois Scheys, Dirk Leyssens, Hans Van Praet voor het verlenen van toelating tot uitvoeren van de experimenten.

Inhoudstafel

Hoofdstuk 1: Probleemstelling en onderzoeksopzet	1
Hoofdstuk 2: Validatie van de kwetsbaarheidsclassificatie	3
2.1 <i>Bepaling van de kwetsbaarheid van bodemtypes (terreinexperiment)</i>	<i>3</i>
1. Doelstelling	3
2. Te onderzoeken factoren	3
3. Selecteren van bestanden	8
4. Algemene uiteenzetting verloop voorbereidingen en proefopzet	17
5. Opgemeten variabelen	19
6. Dataverwerking	28
7. Resultaten experiment	29
8. Discussie	44
9. Conclusie	46
2.2 <i>Impact van berijden op bosbodems: een meta-analyse</i>	<i>47</i>
1. Doelstelling	47
2. Methodiek	47
3. Resultaten	48
4. Discussie	52
5. Conclusie	53
2.3 <i>Bepaling van het herstelpotentieel van Vlaamse bosbodems</i>	<i>55</i>
1. Doelstelling	55
2. Selecteren van bestanden	55
3. Algemene uiteenzetting verloop proefopzet en voorbereidingen	57
4. Dataverzameling en -verwerking	57
5. Resultaten	60
6. Discussie	65
7. Conclusie	66
2.4 <i>Bepaling van de huidige degradatietoestand van Vlaamse bosbodems</i>	<i>68</i>
1. Inleiding en doelstelling	68
2. Algemene toestand in Vlaanderen	68
3. Evaluatie bestanden terreinexperiment	72
4. Discussie en conclusie	74
2.5 <i>Algemene conclusie en aanbevelingen</i>	<i>75</i>
Hoofdstuk 3: Sensibilisatie van de exploitatiesector	78
3.1 <i>Inventarisatie van de exploitatiesector (enquête)</i>	<i>78</i>
1. Doelstellingen	78
2. Opbouw enquête	78
3. Respons	78
4. Methodiek & resultaten	79
5. Conclusie	91

3.2 <i>Visie houtvesters over schade en kwetsbaarheidsclassificatie (diepte-interviews)</i>	92
1. Doelstelling	92
2. Inhoud interview	92
3. Resultaten	92
4. Conclusie	101
3.3 <i>Sensibilisatie omtrent de problematiek van bodemdegradatie (vormingsdagen)</i>	102
1. Het standpunt van de exploitanten	102
2. Het standpunt van de beheerders	104
3. Algemeen	106
3.4 <i>Evalueren en optimaliseren van economisch-ecologisch verantwoorde houtvermarkting</i> <i>(dialogmomenten)</i>	108
1. Langere exploitatietermijn	108
2. Houtverkopen spreiden	109
3. Schoontijd	110
4. Exploitatievoorwaarden, prijszetting, naleving van de voorwaarden en sancties.....	111
5. Exploiteren in eigen regie / houtverkoop langs de weg	113
6. Erkenningsregeling & opleidingen	114
7. Vaste uitsleppistes	115
8. Opruimen kroonhout	117
9. Allerlei	118
Referenties	119
Bijlagen	121

Hoofdstuk 1: Probleemstelling en onderzoekopzet

Sinds enkele decennia verloopt bosexploitatie steeds meer gemechaniseerd, wat het gebruik van zware houtoogstmachines impliceert. De bodemverdichting, -instulping en/of -verwonding die hiermee gepaard gaan, kunnen leiden tot een degradatie van de standplaats. De kwetsbaarheid van een bosbodem voor bovenstaande processen hangt af van meerdere factoren, zoals de bodemtextuur, het bodemvochtgehalte en de hellingsgraad. In het kader van een voorgaand TWOL-project 'Ecologisch verantwoorde houtexploitatiewijzen voor bossen op kwetsbare bodems' (Goris et al., 2005) werd een initiële kwetsbaarheidsclassificatie opgesteld en een bijhorende kartering voor Vlaanderen uitgevoerd, voornamelijk aan de hand van expertenkennis. Het ontbreken van een validatie en een verfijning aan de hand van terreinwaarnemingen beperken echter de betrouwbaarheid en de accuraatheid van de output. De classificatie beschouwt bovendien enkel de theoretische kwetsbaarheid van een bodem en geeft niet aan in welke toestand de Vlaamse bosbodems zich nu bevinden. Behalve de kwetsbaarheid bepaalt ook het herstelpotentieel van de bodem de uiteindelijke langetermijnpact op het bosesysteem.

De hierboven beschreven kwetsbaarheidsclassificatie heeft haar toepassing bij bosvriendelijke exploitatiemethoden. Heel wat knelpunten zorgen er echter voor dat de implementatie in de exploitatiesector moeizaam verloopt. Veel exploitanten en beheerders onderschatten namelijk de potentiële impact van houtoogstmachines op de bodem. Vooral over het onzichtbare probleem van bodemverdichting is dringend sensibilisatie nodig. Bovendien vraagt het uitvoeren van ecologisch verantwoorde exploitatiewijzen en aanpassingen aan machines meestal een grote investering, mogelijk onder de vorm van opleidingen en aanpassingen van materiaal, maar zeker ook in arbeidstijd. Een intense dialoog met beheerders en exploitanten is bijgevolg onontbeerlijk om tot economisch en ecologisch verantwoorde en aanvaardbare oplossingen te komen.

De probleemstelling is dus tweeledig en dit project is dan ook opgebouwd rond twee grote hoofdstukken, die in elkaar verweven zijn:

- Valideren en verfijnen van de huidige kwetsbaarheidsclassificatie (Hoofdstuk 2);
- Sensibiliseren van beheerders en exploitanten rond de problematiek van bodemdegradatie, en optimaliseren van houtvermarkting en exploitatiemethoden in dialoog met exploitanten en beheerders (Hoofdstuk 3)

In het eerste hoofdstuk wordt de huidige kwetsbaarheidsclassificatie gevalideerd aan de hand van terreinwaarnemingen van bodemschade na berijden (experimenteel onderzoek), het herstelpotentieel en de actuele degradatietoestand van de Vlaamse bosbodems. Meer bepaald wordt via een experimentele proefopzet *in situ* de expertenkennis, aangewend bij het opstellen van de eerste kwetsbaarheidsclassificatie, getoetst. Hierbij wordt de invloed van verschillende factoren (machine, berijdingsintensiteit, vocht, bodemtype) op de bodemdegradatiegraad net na exploitatie onderzocht. De resultaten worden gekaderd binnen internationaal onderzoek door het uitvoeren van een meta-analyse. In bestanden die al geruime tijd geleden geëxploiteerd zijn, wordt een beeld verkregen van het herstelpotentieel van verschillende bestandstypes (bodem, vegetatie). Databankgegevens en terreinmetingen leveren een beeld van de huidige bosbodemtoestand, met betrekking tot bodemdegradatie. Hiertoe worden de theoretische en de reële referentiewaarden (terreinwaarnemingen) met elkaar vergeleken.

In het tweede hoofdstuk ligt de nadruk op de sensibilisatie en de dialoog met de exploitatiesector omtrent de problematiek van bodemdegradatie en de optimalisatie van de houtvermarkting. Dit hoofdstuk omvat een bevraging van exploitanten en beheerders via enquêtering en diepte-interviews. Hierbij wordt voornamelijk gepolst naar de visie op schade door houtoogst, kennis van exploitatiemachines en -methoden en de bereidwilligheid en knelpunten om bosvriendelijke exploitatiemethoden te implementeren. De sensibilisatie gebeurt aan de hand van

demonstratiedagen (in het kader van het *in situ* experiment) waarop de resultaten uit bovenstaande onderzoeksdelen naar exploitanten en beheerders worden verspreid. Ten slotte wordt eveneens een dialoog opgestart met exploitanten en beheerders omtrent de evaluatie en optimalisatie van bosvriendelijke exploitatiemethoden en de houtvermarkting in Vlaanderen.

Hoofdstuk 2: Validatie van de kwetsbaarheidsclassificatie

2.1 Bepaling van de kwetsbaarheid van bodemtypes (terreinexperiment)

1. Doelstelling

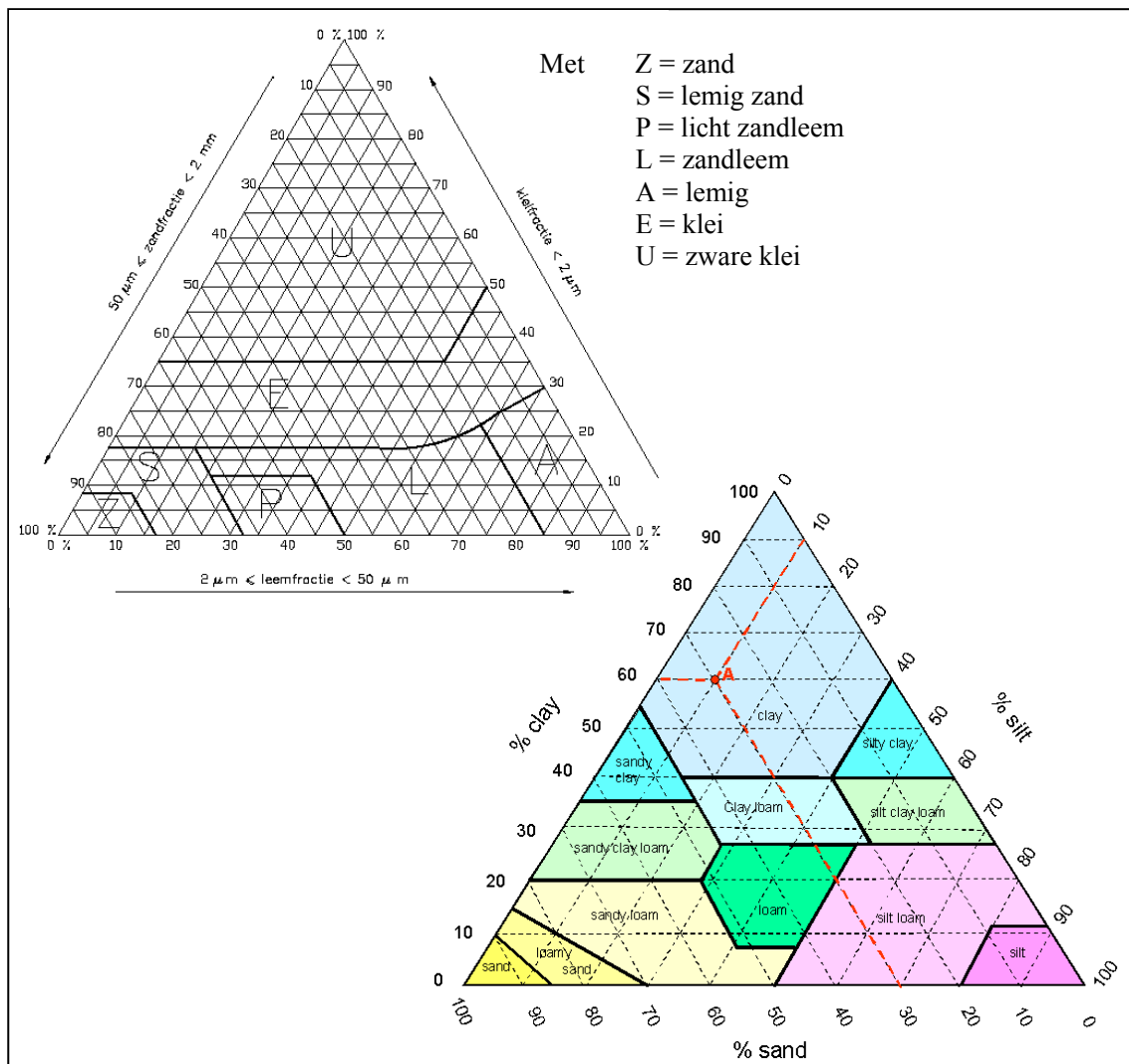
Aan de hand van dit experiment wordt onderzocht welke invloed verschillende factoren uitoefenen op de mate waarin bodemschade optreedt bij exploitatie. Met de resultaten kan de huidige kwetsbaarheidsclassificatie gevalideerd worden en kunnen mogelijk meer genuanceerde aanbevelingen opgesteld worden wat betreft exploitatiemethoden en –omstandigheden. Een grote meerwaarde van dit onderzoek ten opzichte van onderzoek in het verleden, bestaat erin dat het hier om een geïntegreerde studie gaat, waarbij op éénzelfde locatie en op hetzelfde moment op verschillende zaken tegelijk gefocust wordt, zodat men een duidelijke analyse kan maken van de bepalende factoren en de verschillen in kwetsbaarheid.

2. Te onderzoeken factoren

Aan de hand van het terreinexperiment zal onderzocht worden welke invloed de factoren bodemtextuur, bodemvochtgehalte, machinegewicht en berijdingsintensiteit hebben op de mate van bodemschade die wordt toegebracht. In de proefopzet zijn voor elke factor verschillende niveaus voorzien die allen met elkaar gecombineerd worden. In wat volgt, wordt een korte uiteenzetting gegeven bij elke factor.

i) Bodemtextuur

Uit heel wat voorgaand onderzoek blijkt dat de bodemtextuur een determinerende rol heeft in de kwetsbaarheid van een bodem voor bodemschade na berijden met exploitatiemachines. Volgens Fisher et al. (2000) komt verdichting meer frequent voor op bodems met een groot aandeel leem en klei. Een kleine toename van het kleigehalte zou een belangrijke stijging van de indringingsweerstand van een verdichte bodem veroorzaken. Volgens verschillende gelijkaardige onderzoeken wordt schade op zandbodems minimaal geacht. Deze vaststelling wordt tegengesproken door andere studies (Ampoorter et al., 2007). Om deze reden worden drie verschillende bodemtextuurtypes in de proefopzet opgenomen, met name kleibodems, zandbodems en bodems met textuur zandleem-leem. Deze bodemclassificatie is overeenkomstig de Belgische textuurdriehoek en stemt overeen met respectievelijk clay loam, sand en silt loam-loam in de classificatie volgens USDA. Ter info worden in Figuur 2.1.1 beide textuurdriehoeken weergegeven waarmee bodems aan de hand van de korrelgrootteverdeling onderverdeeld kunnen worden in een bepaalde textuurklasse. Voor de textuurtypes zand en klei zijn telkens 2 bestanden geselecteerd, terwijl voor zandleem-leem vier bestanden in de proefopzet zijn opgenomen omwille van het grote bereik aan korrelgrootteverdelingen die binnen deze groep aanwezig is. De textuurtypes kennen ook een duidelijke geografische spreiding. Het textuurtype klei omvat bestanden die gelegen zijn op de alluviale gronden langs de Nete ter hoogte van Walem. De bestanden voor het textuurtype zand zijn terug te vinden in Kapellen, nabij Antwerpen, terwijl de vier bestanden op zandleem-leem gelokaliseerd zijn in het Heverleebos-Meerdaalwoud nabij Leuven.

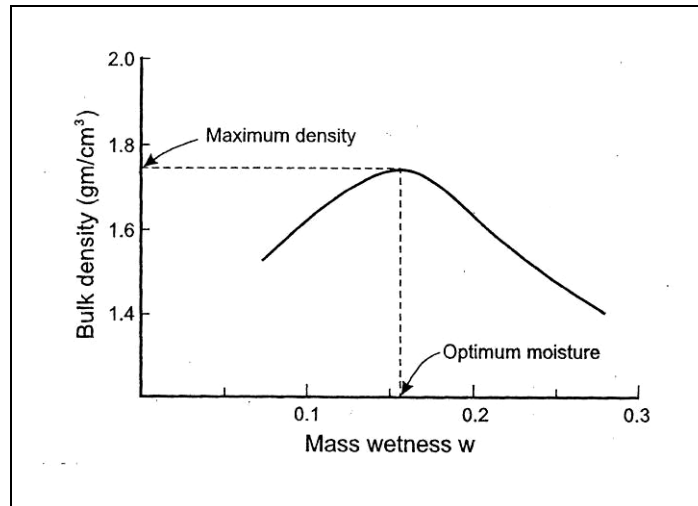


Figuur 2.1.1 Textuurdriehoek volgens het Belgisch (boven) en het USDA (onder) bodemclassificatiesysteem

ii) *Bodemvochtgehalte*

Naast de bodemtextuur is het bodemvochtgehalte een heel belangrijke bepalende factor wat betreft de gevoeligheid voor bodemschade. Klei- en leembodems blijken een maximale bodemsterkte te bezitten bij droge omstandigheden. Bij hogere bodemvochtgehaltes verliezen deze bodemtypes echter hun cohesiekrachten en worden ze gevoeliger voor bodemverdichting en –instulping (McNabb et al., 2001). In heel natte omstandigheden zijn zo goed als alle poriën met water gevuld en is verdichting praktisch onmogelijk omwille van de heel geringe samendrukbaarheid van water. Onder dergelijke verzadigde omstandigheden worden de krachten van de machine grotendeels omgezet in spoorvorming. Dit is in navolging van Hillel (1998). Dit onderzoek geeft aan dat de compactibiliteit van een bodem, dus de mate waarin verdichting kan optreden, voor medium tot fijne texturen optimaal is bij intermediaire vochtgehaltes (Figuur 2.1.2).

Verscheidene onderzoeken wezen uit dat zandbodems daarentegen een hogere bodemsterkte bezitten in natte omstandigheden en dus minder gevoelig zouden zijn voor berijden onder een hoger bodemvochtgehalte (Langohr & Ampe, 2004). Compactie en spoorvorming zouden hier eerder optreden in heel droge toestand waar de cohesie tussen de bodempartikels minimaal is.



Figuur 2.1.2 Vocht-densiteitscurve voor een bodem met medium textuur, duidend op de maximale densiteit bij een welbepaalde uitgeoefende kracht (Hillel, 1998)

Om de invloed van het vochtgehalte te onderzoeken, werd hetzelfde experiment éénmaal uitgevoerd in een natte periode in de winter ('winterexperiment'), wanneer de bodem op veldcapaciteit is, en éénmaal in een drogere periode in de zomer ('zomerexperiment'). Voor het zomerexperiment werd specifiek gekozen voor een niet te droge bodem, dit in navolging van Hillel (1998). Namelijk, het experiment uitvoeren in zowel zeer droge als zeer natte omstandigheden zou wellicht gelijkaardige en heel beperkte verdichtingsgraden opleveren. Om deze reden werd besloten een intermediair vochtgehalte en één van beide extremen, hier een uiterst natte situatie, in de proefopzet op te nemen. Hierbij kan opgemerkt worden dat per textuur bestanden gekozen zijn die een gelijkaardige vochttrap bezitten, om de variabiliteit binnen elk textuurtype te beperken.

iii) Machinegewicht

In de bosexploitatie kan een onderscheid gemaakt worden tussen de machines die gebruikt worden voor het exploiteren van zware bomen enerzijds en anderzijds voor het wegvoeren van brandhout uit de bestanden. In het eerste geval wordt het hout uitgereden of uitgesleept met een zware landbouwtractor of een meer gespecialiseerde machine zoals een skidder of een forwarder. In naaldhout wordt bovendien voor het kappen van de bomen vaak gebruik gemaakt van een harvester, met een gemiddeld gewicht van 15 ton.

Brandhout daarentegen wordt meestal uit de bestanden weggevoerd met behulp van een terreinwagen met aanhangwagen of een kleine landbouwtractor. Hoewel er uitzonderingen zijn, betreft het hier dus overwegend lichte voertuigen. Veel van deze voertuigen staan echter op relatief smalle banden, zodat dit in combinatie met een licht gewicht toch aanleiding kan geven tot een behoorlijke druk per eenheid bodemoppervlak.

Gezien het belang in de exploitatiesector, wordt van beide types één machine in de proefopzet opgenomen:

- lichte machine: New Holland TCE 50 (Tabel 2.1.1, Figuur 2.1.3) (Inverde vzw)

Deze tractor reed met voortractie en werd extra beladen met het gewicht van een boslier (ongeveer 400 kg) om een lading brandhout te simuleren. Hierbij moet wel vermeld worden dat veel exploitanten hout uit het bos halen met aftandse tuigen die niet

beschikken over voortractie en relatief brede banden en waarvan het bandprofiel vaak afgesleten is. Het betreft hier dus een relatief bosvriendelijk machinetype.

Tabel 2.1.1 Kenmerken van de lichte machine (New Holland TCE50)

Kenmerk	Waarde
Gewicht :	
◦ machine	1460 kg
◦ machine met lading	1880 kg
◦ op vooras	690 kg
◦ op achteras	1210 kg
Bandbreedte vooraan	28 cm
Bandbreedte achteraan	36 cm
Druk in de banden	Vooraan: 1.7 bar, Achteraan: 1.9 bar



Figuur 2.1.3 New Holland TCE50

- zware machine: John Deere grapple-skidder JD 640 (Tabel 2.1.2, Figuur 2.1.4) (*firma Transgohout*)

Tijdens het experiment werd geen boom door de skidder meegeslept, hoewel het slepen van een boom weliswaar een grote invloed heeft op de bodem. De schade die hiermee gepaard gaat, staat echter opnieuw onder invloed van allerlei zaken, zoals de manier van onttakken, stamdiameter en de lengte van het stamstuk, factoren die wegens tijdsgebrek niet onderzocht werden. Omwille van de vergelijkbaarheid zou daarom in elk bestand hetzelfde stamstuk moeten gebruikt worden. Om praktische redenen was dat niet mogelijk en werd besloten het meeslepen van een stamstuk achterwege te laten. Om het geheel toch realistisch te maken, werd achteraan in de klem van de skidder een betonblok bevestigd met een gewicht van 2.5 ton, om het gewicht van een (kleine) boom te simuleren.

Tabel 2.1.2 Kenmerken van de zware machine (John Deere grapple skidder JD640)

Kenmerk	Waarde
Gewicht :	
◦ machine	11 800 kg
◦ machine met lading	14 300 kg
◦ op vooras	5750 kg
◦ op achteras	8690 kg
Bandbreedte vooraan	30.5 inch (= 77.47 cm)
Bandbreedte achteraan	30.5 inch (= 77.47 cm)
Velgdoormeter vooraan	32 inch (= 81.28 cm)
Velgdoormeter achteraan	32 inch (= 81.28 cm)



Figuur 2.1.4 John Deere grapple skidder JD640

iv) Berijdingsintensiteit

In de exploitatiesector heerst onduidelijkheid over de schade die veroorzaakt wordt door één keer en meerdere keren berijden. Veel exploitanten zijn ervan overtuigd dat het op alle bodemtypes beter is telkens een andere weg door het bos te zoeken, dan de machines te concentreren op vaste ruimingspistes die dan meermaals bereden worden. Dit heeft veelal te maken met een verkeerde perceptie omtrent bodemschade, waarbij enkel het ontstaan van diepe wielsporen als schadelijk wordt beschouwd (visuele schade). Bodemverdichting is echter onzichtbaar en één passage kan reeds voldoende zijn om een bodem in ruime mate te verdichten.

Uit literatuur blijkt echter dat er verschillen kunnen optreden tussen textuurtypes inzake de hoeveelheid schade die optreedt na één passage en de extra invloed van de volgende passages (Brais & Camiré, 1998). In het experiment wordt daarom voor elke machine de schade opgemeten, enerzijds na één passage heen en terug en anderzijds na vijf passages heen en terug. Door het opnemen van verscheidene textuurtypes in deze proefopzet kan vervolgens een uitspraak gedaan worden over de verschillen in gevoeligheid.

v) Opmerking: overige factoren

Uit voorgaand onderzoek blijkt echter dat heel wat meer factoren van invloed kunnen zijn op de mate waarin bodemschade optreedt. Het betreft hier onder meer helling, het slippen van de banden, bandbreedte, bandendruk,...Het opnemen van alle mogelijke beïnvloedende factoren in deze proefopzet zou leiden tot een reusachtige proefopzet die niet voltooid kan worden binnen de werkingmiddelen en het tijdsbestek van het TWOL-project. Om deze reden wordt in dit onderzoek gefocust op een beperkt aantal factoren met verscheidene niveaus, terwijl het niveau van de overige factoren verder zo constant mogelijk wordt gehouden om randeffecten te vermijden. Op deze manier kunnen de geselecteerde factoren grondig en nauwkeurig onderzocht worden.

3. Selecteren van bestanden

i) Methodiek

Voor het selecteren van de bestanden werden een aantal voorwaarden opgesteld. Een eerste belangrijke voorwaarde was een voldoende grote boomafstand opdat geen (volwassen) bomen gekapt zouden moeten worden om pistes te verkrijgen die breed genoeg zijn voor de te gebruiken machines. Dit zou namelijk leiden tot praktische problemen. Eerst en vooral zou een kapvergunning moeten gevraagd worden bij de respectievelijke houtvesterijen. Bovendien zou het gekapte hout binnen een bepaalde periode verwijderd moeten worden. Afvoeren van het hout via de aangeduide pistes kan niet gezien dit een extra verstoring zou opleveren die indruist tegen de doelstellingen van het experiment. Het wegslepen van het hout over de oppervlakte naast de pistes is ook geen optie gezien voor de creatie van deze uitsleepwegen nog meer bomen zouden moeten gekapt worden en de bereiden oppervlakte dan bovendien nog groter wordt. Wachten met de ruiming tot na het experiment is eveneens geen optie omdat het de bedoeling is welbepaalde zones op de pistes voor enkele jaren ongestoord te laten om de effecten op langere termijn eveneens te kunnen bepalen. Om deze redenen werd voorkeur gegeven aan bestanden met meer verspreid staande bomen.

Bestanden kiezen waar reeds een exploitatie gepland was in de gewenste periode, was ook uitgesloten. Dit zou wel het voordeel bieden dat de exploitanten dan in feite al ter plaatse zijn en gewoon gevraagd moeten worden om over bepaalde delen van het bestand slechts éénmaal te rijden en over andere zones vijf maal. Dit levert echter het probleem dat op deze manier op elke locatie met een verschillende machine gewerkt wordt, met verschillende afmetingen, banden, gewicht,... Bovendien zou het experiment op de verschillende locaties eerder verspreid in de tijd en dus bij verschillende weersomstandigheden plaatsvinden, afhankelijk van de planning van de exploitanten. De oplossing bestaat erin bestanden te kiezen zonder geplande exploitatie en eenzelfde exploitant in te huren die in alle bestanden met dezelfde machine de behandelingen toepast.

Een volgende voorwaarde was dat de laatste exploitatie zo lang mogelijk geleden moest zijn. De huidige omlooptijden zijn echter meestal beperkt tot maximaal 8 jaar zodat het niet ondenkbaar is dat er in de bestanden nog een invloed merkbaar is van voorgaande exploitaties. Bovendien worden ook vaak nabehandelingen toegepast, zoals klepelen, frezen, brandhoutruiming, waar weinig info over bestaat maar die ook hun invloed hebben. Desondanks werd toch getracht om redelijk onverstoorde bestanden te vinden waar de laatste exploitatie dateert van minstens een achttal jaar geleden.

Bestanden gelegen op een helling, in een reservaat, in een brongebied, met een heel uitgesproken kruidlaag of overvloedige verjonging, worden vanzelfsprekend ook uit de proefopzet gehouden.

De selectie werd gestart in de houtvesterij Leuven aan de hand van bestandsfiches. Op deze manier werden vier bestanden verkregen die volgens de bodemkaart gelegen zijn op textuurtype zandleemleem. De overige vier bestanden werden gevonden in de houtvesterij Antwerpen aan de hand van een navraag bij de boswachters. Na enkele terreinbezoeken werden twee bestanden op alluviale kleigronden in Walem weerhouden, alsook twee bestanden op zandbodems in de gemeente Kapellen. De bestanden liggen binnen een beperkte afstand van elkaar waardoor het mogelijk was om het experiment in de verschillende bestanden snel na elkaar uit te voeren bij gelijkaardige klimatologische omstandigheden en bijgevolg ook een gelijkaardige bodemvochttoestand. Te grote verschillen in bodemvochtgehalte zijn niet gewenst aangezien dit, zoals eerder vermeld, een belangrijke invloed heeft op de kwetsbaarheid van een bodem. Om de textuurgegevens van de bodemkaart te checken, werd op 16 willekeurige plaatsen in het bestand met een gutsboor telkens een bodemstaal genomen op dieptes 0-10 en 20-30 cm. Een textuurbepaling gebeurde op een

mengmonster van deze bodemstalen aan de hand van een vingertest, waarbij de gehalten aan klei, leem en zand ruw geschat worden. In een latere fase werd ook een profielput gegraven en beschreven waarbij in elke horizont een bodemstaal genomen werd, ter bepaling van de textuur aan de hand van laserdiffractie en de pipetmethode. Bij laserdiffractie wordt de optische diameter bepaald van bodemdeeltjes in suspensie. Door deze diameters te vergelijken met bepaalde vastgelegde grenzen kunnen de fracties zand, leem en klei bepaald worden. Bij de pipetmethode worden de gehalten aan leem en klei uit de bezinkingssnelheid bepaald. De fractie zand wordt na zeven gemeten.

ii) *Informatie over de geselecteerde bestanden*

Leuven - bestand 1

- Locatie en randinfo

Het betreft bestand E, gelegen binnen de omheining Sperwer in Heverleebos, tussen de Prosperdreef en de Herendreef (Figuur 2.1.5, locatie 1 op kaart in Bijlage 2.1.1). Sperwer E heeft een oppervlakte van 8.9 ha en is een homogeen bestand van gelijkjarige beuk (*Fagus sylvatica*) geplant in 1939, met daarbinnen een groep met tamme kastanje (*Castanea sativa*), ruwe berk (*Betula pendula*) en zomereik (*Quercus robur*) uit natuurlijke verjonging en hakhout. Een struiklaag is niet aanwezig en ook de verjonging is heel beperkt (ongeveer 10% totale bedekking). Het bestand heeft een totaal grondvlak van 37.4 m²/ha en een bestandsvolume van 432.2 m³/ha.



Figuur 2.1.5 Winterbeeld van bestand 1 te Leuven (Sperwer E)

De laatste exploitatie dateert hier reeds van een achttal jaar geleden, maar uit dit bestand werd ondertussen wel op regelmatige basis brandhout weggevoerd. Doelstelling van het beheer is te streven naar groepsgewijs gemengd loofhout op basis van beuk voor de productie van zwaar zaaghout. Verder is ook de aanleg van een groep haagbeuk langs de Prosperdreef en een golvende bosrand aansluitend bij het arboretum gewenst. De eerstvolgende dunning is voorzien voor 2009.

- Bodemtextuur

Volgens de bodemkaart bevindt dit bestand zich overwegend op een vochtige zandleembodem (silt loam-loam in de USDA-classificatie). De resultaten van de textuurcontroletesten zijn samengevat in Tabel 2.1.3. Hieruit blijkt dat de textuur van dit bestand volgens de Belgische bodemclassificatie in

de bovenste 60 cm als zandleem te classeren is. De bodemserie van dit bestand wordt omschreven als Lcc0.

Tabel 2.1.3 Resultaten textuurbepaling Leuven-bestand 1

Type test	Diepte (cm)	Horizont	Klei (%)	Zand (%)	Textuurklasse	
					Belgisch	USDA
Vingertest	0-10		5-10	30-40	Zandleem	Silt loam
	20-30		10-15	15-20	Zandleem	Silt loam
Laserdiffractie/ pipetmethode	0-8	Ah	18.7	31.1	Zandleem	Silt loam
	8-40	E	18.8	35.2	Zandleem	Loam
	50-62	Bt	26.1	25.9	Zwaar zandleem	Loam
	62-74	2C1	13.9	56.8	Lemig zand	Sandy loam
	74-82	2C2	16.2	53.9	(Stenig)	Sandy loam
	82-92	3C1	24.3	60.7	Kleilig zand	Sandy clay loam
	92- >120	3C2	13.1	74.2	Kleilig zand	Sandy loam

Leuven - bestand 2

- Locatie en randinfo

De tweede locatie is gekozen in het Meerdaalwoud binnen de omheining Goden, met name bestand H, tussen de Naamsesteenweg en de Margrietendreef (Figuur 2.1.6, locatie 2 op kaart in Bijlage 2.1.1). Het betreft een groepsgewijs gemengd naaldhoutbestand van grove den (*Pinus sylvestris*) en Corsicaanse den (*Pinus nigra* var. *Corsicana*) met lokaal zeer goed vertegenwoordigd inheems en exotisch loofhout zoals Amerikaanse eik (*Quercus rubra*), beuk, zomereik, berk, esdoorn (*Acer pseudoplatanus*), lijsterbes (*Sorbus aucuparia*). Aan de parking op de Weertse dreef bevindt zich een groepje beuken van slechte kwaliteit. Struiklaag en verjonging zijn beide slechts in beperkte mate aanwezig (6.5%, respectievelijk 25.8%). Het bestand heeft een oppervlakte van 16 ha, een totaal grondvlak van 38.3 m²/ha en een bestandsvolume van 404.7 m³/ha.

In dit bestand vond de laatste exploitatie plaats in 2000. In het toekomstig beheer zal gestreefd worden naar een intiem gemengd naald- en loofhoutbestand op basis van grove en Corsicaanse den met zaaghoutkwaliteit en een toenemend aandeel zomereik (planten in groepen van 40 are). De beuken aan de parking zullen geveld worden en deze zone zal vervolgens beheerd worden als open plek (heide en picknick/houtstapelplaats). Veel aandacht wordt bovendien gegeven aan de veiligheid langs de Naamse steenweg en aan de houten brug hierover. Eind 2007-begin 2008 is nog een bestrijding van Amerikaanse eik uitgevoerd en is het bestand gedeeltelijk gedund. Hierbij werd erop toegezien dat de proefzone gevrijwaard werd van berijding.



Figuur 2.1.6 Winterbeeld van bestand 2 te Leuven (Goden H)

- Bodemtextuur

De bodemkaart geeft aan dat dit bestand zich, net als bestand 1, op een vochtige zandleembodem (USDA: silt loam-loam) bevindt. De resultaten van de controletesten zijn samengevat in Tabel 2.1.4 en tonen dat de textuur van de bodem in bestand 2 overwegend zandleem-leem is. De bodemserie is wLhc.

Tabel 2.1.4 Resultaten textuurbepaling Leuven-bestand 2

Type test	Diepte (cm)	Horizont	Klei (%)	Zand (%)	Textuurklasse	
					Belgisch	USDA
Vingertest	0-10		5-10	30-40	Zandleem	Silt loam
	20-30		10-15	15-20	Zandleem	Silt loam
Laserdiffractie/ pipetmethode	0-2	Ah	22.1	15.5	Zwaar zandleem	Silt loam
	2-35	AB	24.7	16.5	Licht leem	Silt loam
	35-65	B	22.8	21.7	Zandleem	Silt loam
	65- >100	2Cg	32.1	33.1	Lichte klei	Clay loam

Leuven - bestand 3

- Locatie en randinfo

Het derde bestand bevindt zich in het Meerdaalwoud binnen de omheining Havik (bestand B), tussen de Eleonoredreef en de Naamsesteenweg (Figuur 2.1.7, locatie 3 op kaart in Bijlage 2.1.1). Het is een groepsgewijs gemengd naaldbestand van goede kwaliteit op basis van Corsicaanse den (noorden) en grove den (zuiden) met een beetje valse acacia (*Robinia pseudoacacia*) en ruwe berk. De struiklaag, gedomineerd door Amerikaanse vogelkers (*Prunus serotina*), heeft een bedekking van 8%. De verjonging bedekt 22.5% van de oppervlakte (voornamelijk Corsicaanse den, berk en lijsterbes). Het bestand heeft een oppervlakte van 9 ha, een totaal grondvlak van 42.6 m²/ha en een bestandsvolume van 442.6 m³/ha.

De laatste exploitatie dateert van het jaar 2000. De doelstelling is een intiem gemengd naald- en loofhoutbos te creëren op basis van grove en Corsicaanse den (zwaar zaaghout) met onder het ijler wordende scherm een toenemend aandeel zomereik en begeleiders. Acacia en vogelkers zullen verwijderd worden en Amerikaanse eiken zullen worden geveld wanneer deze een omtrek van 240 cm bereiken. In de eerstvolgende jaren zijn geen dunningen of andere beheermaatregelen voorzien.



Figuur 2.1.7 Winterbeeld van bestand 3 te Leuven (Havik B)

- Bodemtextuur

De bodemkaart geeft voor dit bestand een droge leemtextuur aan (USDA: silt-silt loam), met een licht golvend reliëf. Tabel 2.1.5 geeft de resultaten van de controletesten, die een textuur zandleem aangeven. De bodemserie wordt gedefinieerd als Lbc0.

Tabel 2.1.5 Resultaten textuurbepaling Leuven-bestand 3

Type test	Diepte (cm)	Horizont	Klei (%)	Zand (%)	Textuurklasse	
					Belgisch	USDA
Vingertest	0-10		5-10	20-25	Zandleem	Silt loam
	20-30		5-10	15-20	Zandleem	Silt loam
Laserdiffractie/ pipetmethode	0-16	Ap	24.5	16.4	Zandleem	Silt loam
	16-28	AE	21.6	22.2	Zandleem	Silt loam
	28-40	E	21.4	17	Zandleem	Silt loam
	40-86	Bt	22.8	19.4	Zandleem	Silt loam

Leuven - bestand 4

- Locatie en randinfo

Bestand vier bevindt zich eveneens in het Meerdaalwoud en werd geselecteerd binnen de omheining Renissart (bestand B), gelegen tussen de Limietendreef en de Kanselierdreef (Figuur 2.1.8, locatie 4 op kaart in Bijlage 2.1.1). Het gaat hier om een intiem gemengd loofhoutbestand van goede kwaliteit met een zeer rijke menging van oude zomereik met esdoorn, winterlinde (*Tilia cordata*), grauwe abeel (*Populus canescens*) en es (*Fraxinus excelsior*). Het bestand heeft een oppervlakte van 22.9 ha, een totaal grondvlak van 25.5 m²/ha en een bestandsvolume van 299.2 m³/ha. De struiklaag is hier sterk vertegenwoordigd (totale bedekking 58.9%) en bestaat voornamelijk uit hazelaar (*Corylus avellana*), met een kleine bijmenging van Amerikaanse vogelkers, lijsterbes, haagbeuk (*Carpinus betulus*), gewone esdoorn, beuk, winterlinde en zomereik. De verjonging bedekt 31.4% van de totale oppervlakte en bestaat hoofdzakelijk uit gewone esdoorn, met wat Amerikaanse eik, zomereik, winterlinde, beuk, lijsterbes,...

Ook hier werd de laatste exploitatie in het jaar 2000 uitgevoerd. Via toekomstig beheer wil men een intiem gemengd loofhoutbestand behouden door aanplanting of natuurlijke verjonging van zomereik in open plekken (40 are) die men nog moet creëren. Amerikaanse eiken met een omtrek van 240 cm en vogelkers zullen gekapt worden. Via het beheer wenst men eveneens linde en wilde appel te bevorderen. Enkele open plekken (samen 30 are) zullen voor spontane bosvorming voorzien worden. De eerstvolgende beheermaatregelen zijn voorzien voor 2010 en 2011 (bestrijding van Amerikaanse eik) en 2012 (dunning).



Figuur 2.1.8 Winterbeeld van bestand 4 te Leuven (Renissart B)

- Bodemtextuur

Voor dit bestand wordt op de bodemkaart algemeen droge leem aangegeven (USDA: silt-silt loam). De resultaten van de controletesten worden weergegeven in Tabel 2.1.6 en bevestigen deze gegevens. De bodemserie voor dit bestand is Abp.

Tabel 2.1.6 Resultaten textuurbepaling Leuven-bestand 4

Type test	Diepte (cm)	Horizont	Klei (%)	Zand (%)	Textuurklasse	
					Belgisch	USDA
Vingertest	0-10		8-12	20-25	Zandleem	Silt loam
	20-30		10-15	10-15	Leem-zandleem	Silt loam
Laserdiffractie/ pipetmethode	0-10	Ah	23.3	6.2	Licht leem	Silt loam
	10-26	E	24.9	6.92	Licht leem	Silt loam
	26-87	B	24.7	7.99	Licht leem	Silt loam
	87-110	Bt	25.6	9.44	Zwaar leem	Silt loam
	110->120	BC	21.5	14.1	Licht leem	Silt loam

Kapellen – Bestand 1

- Locatie en randinfo

Het vijfde bestand bevindt zich in Kapellen, ter hoogte van de Kalmthoutsesteenweg, in het Mastenbos. Het betreft bestand 11a (Figuur 2.1.9, locatie 1 op kaart in Bijlage 2.1.2), een menging van grove den met beuk. De zone waarin het experiment in de winter doorgaat, wordt gedomineerd door beuken met hier en daar grove dennen, terwijl in het gedeelte voor het zomerexperiment voornamelijk Amerikaanse eik terug te vinden is. De struiklaag is zo goed als onbestaande. Enkele jaren geleden zijn veel Amerikaanse eiken geringd geworden als vorm van exotenbestrijding. De totale oppervlakte van het bestand bedraagt 12 ha.

De laatste exploitatie vond plaats in 1999. Hierbij werden bomen geveld met de motorzaag en via twee ruimingswegen als langhout uitgereden met een tractor, voorzien van een tang. Gezien er voordien al dertig jaar geen exploitatie meer gebeurd was, is een grote hoeveelheid hout uit het bestand gehaald.

In 2003 is vervolgens in een groot deel van het bestand geklepeld tegen opslag van rhododendron en Amerikaanse vogelkers. Dit klepelen en de daaropvolgende nabehandelingen gebeurden met een zware tractor. Deze behandeling vond niet plaats in de percelen onder de beuken en de Amerikaanse eiken waar het experiment door gaat, gezien er hier geen bezetting van de vermelde soorten was. De doelstelling is de grove dennen zo lang mogelijk op stam te houden. Rhododendron en Amerikaanse vogelkers zullen over de hele oppervlakte weggenomen worden in functie van de natuurlijke verjonging van grove den en berk. De Amerikaanse eiken zullen geringd worden omwille van de slechte kwaliteit en ter verhoging van het percentage dood hout.



Figuur 2.1.9 Winterbeeld van bestand 1 te Kapellen

- Bodemtextuur

Zowel de bodemkaart, de vingertest als de laserdiffractie en pipetmethode geven aan dat dit bestand gelegen is op een zandige bodem (USDA: sand). Tabel 2.1.7 geeft de resultaten weer van de textuurbepalingen. Dit bestand heeft als bodemserie Zdmb.

Tabel 2.1.7 Resultaten textuurbepaling Kapellen-bestand 1

Type test	Diepte (cm)	Horizont	Klei (%)	Zand (%)	Textuurklasse	
					Belgisch	USDA
Vingertest	0-10		<5	>90	Zand	Sand
	20-30		<3	>90	Zand	Sand
Laserdiffractie/ pipetmethode	0-2.5	Ah	4.1	87	Zand	Sand
	2.5-6	E	3.9	88.7	Zand	Sand
	6-15	Bh	4.6	91.1	Zand	Sand
	15-31	B	5.0	86.9	Zand	Sand
	31-55	Bs	3.7	91.8	Zand	Sand
	55-81	Bhb	3.0	92	Zand	Sand
	81-86	Bhsb	2.1	95	Zand	Sand
86->120	C	2.2	94.9	Zand	Sand	

Kapellen – Bestand 2

- Locatie en randinfo

Het zesde bestand bevindt zich eveneens in het Mastenbos te Kapellen, met name bestand 10e (Figuur 2.1.10, locatie 2 op kaart in Bijlage 2.1.2). Het bestand bestaat voornamelijk uit grove den, gemengd met beuk. Verjonging is bijna niet aanwezig en ook de struiklaag (die in andere bestanden uitsluitend uit rhododendron bestaat) is zo goed als onbestaande.

De laatste exploitatie vond hier net als in bovenstaand bestand plaats in 1999 en dit gebeurde eveneens met motorzaag en tractor met klem. In 2005 werd hier wel nog geklepeld om de opslag van rhododendron te verwijderen. Dit gebeurde met een lichte tractor in eigen regie. In de toekomst zullen hier dunningen uitgevoerd worden in functie van de meest vitale bomen. Hierbij wordt gestreefd naar het bevoordelen van grove den, douglasspar, Amerikaanse eiken en zomereiken ten opzichte van beuk. Ook in dit bestand zal rhododendron bestreden worden in functie van de

natuurlijke verjonging van bovenvermelde soorten. De Corsicaanse dennen zullen geleidelijk aan weggedund worden ten voordele van loofhoutsoorten. Open plekken zullen hier en daar ingevuld worden met parkbomen.



Figuur 2.1.10 Winterbeeld van bestand 1 te Kapellen

- Bodemtextuur

Ook hier leiden de bodemkaart en de textuurbepaling via de vingertest en de laserdiffractie tot dezelfde conclusie als voor bestand 1 te Kapellen, namelijk een zandige bodem (USDA: sand), maar hier wordt wel een hoger gehalte leem en/of klei aangetroffen. De resultaten van de textuurbepalingen worden weergegeven in Tabel 2.1.8. De bodemserie van bestand 2 te Kapellen is w-Zdg.

Tabel 2.1.8 Resultaten textuurbepaling Kapellen-bestand 2

Type test	Diepte (cm)	Horizont	Klei (%)	Zand (%)	Textuurklasse	
					Belgisch	USDA
Vingertest	0-10		<5	>90	Zand	Sand
	20-30		<3	>90	Zand	Sand
Laserdiffractie/ pipetmethode	0-35	Ap	6.2	79.9	Zand	Sand
	35-48	Bhs	8.3	79.4	Lemig zand	Sand
	48-70	Bs1	3.9	91.5	Zand	Sand
	70->120	Bs2	22	50.6	Kleiig zand	Sandy clay loam

Walem - Bestand 1

- Locatie en randinfo

Bestand zeven werd gekozen in de Meulebossen te Walem (in omgeving van Rumst). Het betreft bestand 2c op de bestandskaart van het boscomplex (Figuur 2.1.11, locatie 1 op kaart in Bijlage 2.1.3) waarvan de oppervlakte 2.08 ha bedraagt. Het betreft een jonge aanplant (sinds 1994) van gemengd loofhout van vooral es, met bijmenging van zomereik, esdoorn en boskers (*Prunus*

avium). De essen werden aangeplant in een wijd plantverband en moesten individueel worden behandeld voor vormsnoei maar dit werd nooit uitgevoerd.

Bij de aankoop van de Meulebossen rond 1990 bestond dit bos vooral uit populieren (*Populus* sp.) die omstreeks 1965 werden aangeplant. Voordien bevond zich hier een groot weilandencomplex. Het betrof vooral populieren uit de Serotina-groep, die een goede houtkwaliteit bezitten maar zeer traag groeien. In 1993 werden de populieren in dit bestand gekapt en in 1994 werd de oppervlakte herbeplant met gemengd loofhout. De vergrassing na de kaalkap zorgde wel voor een zware concurrentie voor de nieuwe aanplant. De doelstelling is om een gedeelte van de essen te kappen en te beheren als hakhout. De eerste dunningen worden voorzien rond 2015.



Figuur 2.1.11 Winterbeeld van bestand 1 te Walem

- Bodemtextuur

De bodemkaart geeft aan dat dit bestand gelegen is op natte zware klei (USDA: clay-clay loam). Tabel 2.1.9 geeft de resultaten van de controletesten weer en toont de overeenkomst met de gegevens van de bodemkaart. Dit bestand bezit een bodemserie vUfp.

Tabel 2.1.9 Resultaten textuurbepaling Walem-bestand 1

Type test	Diepte (cm)	Horizont	Klei (%)	Zand (%)	Textuurklasse	
					Belgisch	USDA
Vingertest	0-10		25-35	15-20	Klei	Silt clay loam
	20-30		25-35	15-20	Klei	Silt clay loam
Laserdiffractie/ pipetmethode	0-17	Ah	29.3	42.3	Zandige klei	Clay loam
	17-39	Bg	28.3	38.5	Lichte klei	Clay loam
	39-56	Btg	22.1	52.8	Zandige klei	Sandy clay loam
	56-63	Bg2	24.8	13.4	Lemige klei	Silt loam
	63-70	Bg3	24.8	3.43	Zwaar leem	Silt loam
	70- >90	Cr	19	3.23	Lemige klei	Silt loam

Walem - Bestand 2

- Locatie en randinfo

Bestand acht tot slot is eveneens gelegen in de Meulebossen te Walem (bestand 1b) (Figuur 2.1.12, locatie 2 op kaart in Bijlage 2.1.3). Het betreft een jong bos, zonder veel spontane ontwikkeling van andere houtige vegetatie. Gezien de aanplant in 1960 gebeurde, bevinden zich hier kaprijpe

populieren. De exploitatie is moeilijk omdat het perceel ver weg ligt van voor vrachtvervoer bereikbare wegen. Typische weidekruiden en grassen zijn nog dominant aanwezig onder de populieren. De bestandsoppervlakte bedraagt 3.49 ha.

Voor dit bestand geldt dezelfde voorgeschiedenis als het eerste bestand te Walem, met die uitzondering dat de populieren nooit gekapt zijn. Sinds de aankoop rond 1990 zijn hier geen verdere beheerswerken meer uitgevoerd. De doelstelling is om de populieren te behouden en oud te laten worden, om enkele bomen te ringen (ongeveer 20%) en open plaatsen te herbebossen met gemengd loofhout.



Figuur 2.1.12 Winterbeeld van bestand 2 te Walem

- Bodemtextuur

Bestand 2 te Walem is volgens de bodemkaart gelegen op een overgangszone van vochtige tot natte klei (USDA: clay loam) naar nat zandleem (USDA: silt loam-loam). Tabel 2.1.10 geeft de resultaten weer van de controle van de bodemtextuur. Deze resultaten geven aan dat de textuur eerder gedefinieerd moet worden als kleiig zand. De bodemserie van dit bestand kan omschreven worden als Efp_y.

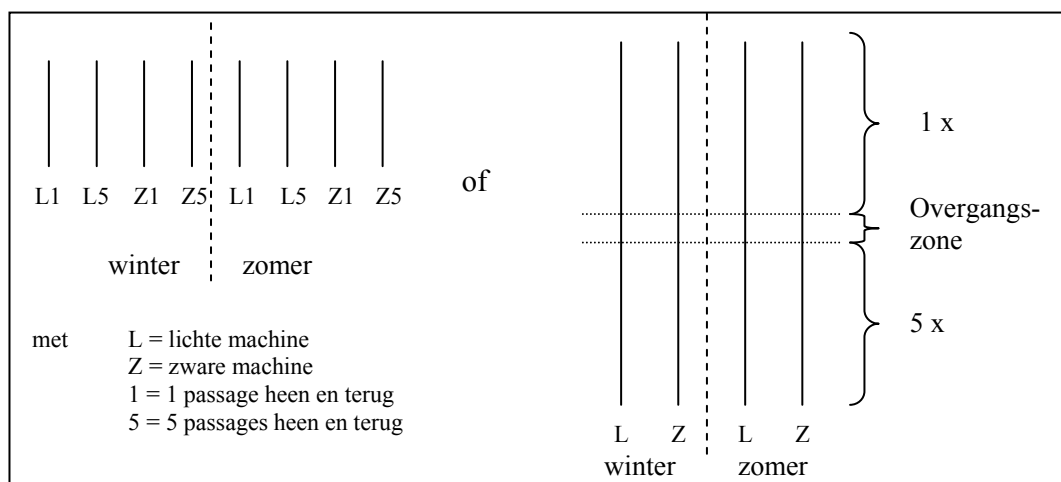
Tabel 2.1.10 Resultaten textuurbepaling Walem-bestand 2

Type test	Diepte (cm)	Horizont	Klei (%)	Zand (%)	Textuurklasse	
					Belgisch	USDA
Vingertest	0-10		10-15	60-70	(Licht) zandleem	Sandy loam
	20-30		20-30	30-40	Klei	(clay) loam
Laserdiffractie/ pipetmethode	0-20	Ap	19	65.7	Kleiig zand	Sandy loam
	20-38	Bgbi	20.4	60.9	Kleiig zand	Sandy clay loam
	38-60	Bg2	16.9	59.9	Kleiig zand	Sandy loam
	60-72	2Bg	5.9	86.6	Zand	Sand
	72->120	3Cr	23.1	35.8	Zwaar zandleem	loam

4. Algemene uiteenzetting verloop voorbereidingen en proefopzet

De doelstelling is om voor elk van de onderzochte bodemtexturen de invloed te kennen van het bodemvochtgehalte, het machinegewicht en de berijdingsintensiteit op de gevoeligheid van de bodem voor schade door berijden met machines. Eenzelfde proefopzet werd daarom in winteromstandigheden bij een hoog bodemvochtgehalte en in de zomer bij een lager bodemvochtgehalte herhaald.

Per bestand werden telkens 8 pistes van telkens dertig tot vijftig meter aangeduid, waarvan er vier dienden voor het winterexperiment en vier voor het zomerexperiment (Figuur 2.1.13). In elk experiment werden beide machines telkens over twee pistes geleid. Over de ene piste werd één maal heen en terug gereden, over de andere vijf maal heen en terug. In sommige bestanden liggen de acht pistes los van elkaar, in andere liggen de pistes voor éénmaal en vijf maal berijden door de dezelfde machine in elkaars verlengde. In dat laatste geval is halweg de piste een overgangszone voorzien, waar de machine telkens kon stoppen en terug vertrekken. Het stoppen en terug vertrekken heeft namelijk een specifieke invloed op de bodem waar in de proefopzet geen aandacht wordt aan besteed. Door het uitvoeren van metingen in deze overgangszone zou een verkeerd beeld verkregen worden van de invloed van het berijden zelf. De machine reed in dit geval eerst over de volledige lengte van de dubbele piste heen en terug en herhaalde dit vervolgens nog vier maal voor de eerste helft.



Figuur 2.1.13 Schematische voorstelling proefopzet terreinexperiment

Bij het aanduiden werd erop gelet de pistes zo recht mogelijk aan te leggen. Het draaien van wielen in een bocht zorgt voor extra krachten en bijgevolg een speciale impact op de bodem, waar in dit onderzoek niet op gefocust wordt. Boompjes of struikjes die op de pistes staan werden vooraf weggezaagd. Dit blijft beperkt omdat de bestanden zo gekozen zijn dat de boomafstand voldoende groot is om de machine erdoor te kunnen laten zonder dat volwassen bomen gekapt moeten worden. Dikke stammen die op de pistes lagen, werden eveneens verwijderd. Wanneer een machine over een dergelijk obstakel rijdt, wordt de bodemdruk immers niet meer enkel verdeeld over de bodem waar de banden over rijden maar eveneens over de oppervlakte van het obstakel. Dit betekent dat de werkelijke bodemdruk onder elke band op dat moment niet meer gelijk is als men zou verkrijgen wanneer alle banden tegelijk op de grond steunen.

Op elke piste werden voor het experiment over de hele lengte op regelmatige afstand paaltjes in de grond geslaan, die vervolgens bespoten werden met fluoverf (Figuur 2.1.14). Op deze manier werd het pistemidden aangegeven. Dit is noodzakelijk omdat één passage van de bodem niet op elk bodemtype duidelijk zichtbaar is, vooral bij berijden met de lichte machine. Om het werkelijke effect van één passage en vijf passages heen en terug correct te kunnen bepalen, moet de machine telkens exact hetzelfde spoor terug nemen. Door paaltjes te slaan over het pistemidden en vervolgens met de machine over deze paaltjes te rijden, werd het probleem van een niet duidelijk zichtbaar spoor opgelost. Aan de start en aan het einde van de piste en van de eventuele tussenzone (indien pistes voor éénmaal en vijf maal berijden na elkaar) werd het paaltje op een andere manier bespoten zodat het duidelijk is waar pistes beginnen en eindigen. Zoals hoger vermeld, gebeurde stoppen en vertrekken op deze manier steeds buiten de eigenlijke pistes en de zone waar metingen gebeuren.

De snelheid waarmee de machines over de piste rijden, werd zo constant mogelijk gehouden (wandelsnelheid). Dit is noodzakelijk omdat deze rijnsnelheid eveneens een invloed heeft op de mate waarin bodemverwonding wordt aangebracht. Dit is echter een effect dat niet in deze proefopzet onderzocht wordt en bijgevolg zo constant mogelijk gehouden moet worden.



Figuur 2.1.14 Gekleurde paaltjes markeren het midden van de piste (links); een speciale markering duidt het einde van de piste aan (rechts)

5. Opgemeten variabelen

i) *Droge bulkdensiteit*

De droge bulkdensiteit van de bodem werd gekwantificeerd door het nemen van bodemstalen. Dit gebeurde met behulp van Kopeckeyringen die in de bodem werden gebracht met een grondboor (Figuur 2.1.15). De bodemstalen werden op terrein overgebracht in plasticen, gelabeld potjes. Deze potjes werden eerst gewogen, vervolgens gedurende 24u bij 105°C gedroogd en tot slot opnieuw gewogen. Na correctie voor het gewicht van het potje kan met dit drooggewicht van de grond (M_{droog}) en het volume van de Kopeckeyring (100 cm³) (V) de **droge bulkdensiteit** (BD_{droog}) berekend worden aan de hand van de formule

$$BD_{droog} = \frac{M_{droog}}{V} .$$



Figuur 2.1.15 Methodiek voor het bepalen van de bulkdensiteit (A = Kopeckeyring, B = grondboor voor bodemstaal in diepte 0-10 cm, C = grondboor voor bodemstalen in diepere intervallen, D = gelabeld potje voor bodemstaal)

ii) Indringingsweerstand

Voor het bepalen van de indringingsweerstand werd gebruik gemaakt van een penetrologer van het merk Eijkelkamp (Figuur 2.1.16). Het is een elektronisch veldwerkinstrument met een ingebouwde datalogger voor opslag en bewerking van een groot aantal meetgegevens. Het toestel bestaat uit een meeteenheid, waarop een smalle stang met kegelvormige top (conus) wordt vastgeschroefd (oppervlakte 1 cm², tophoek 60°). De meeteenheid meet elke cm tot 80 cm diep de weerstand vanwege de bodem op de conus. Vanuit een interne, ultrasone sensor worden signalen uitgezonden richting bodem, waar ze gereflecteerd worden en vervolgens opnieuw ontvangen worden door de sensor. Op deze manier kunnen nauwkeurige dieptemetingen verkregen worden. Tijdens de meting verschijnt op het beeldscherm van de meeteenheid een grafische voorstelling van de indringingsweerstand in functie van de diepte. De weerstandswaarden worden door de datalogger opgeslaan in eenheden Newton (N). Bij het verwerken in Excel van de resultaten wordt een conversie uitgevoerd naar megapascal (MPa) door de waarden te delen door een factor 100. Namelijk, met de logger wordt de kracht bepaald die uitgeoefend wordt op een oppervlak van 1 cm²:

$$1MPa = 10^6 Pa = 10^6 \frac{N}{m^2} = 10^2 \frac{N}{cm^2}$$



Figuur 2.1.16 Methodiek voor het bepalen van de indringingsweerstand (A = penetrometer, B = detail penetrometer: beeldscherm)

De stang wordt loodrecht in de bodem gebracht waarbij aandacht wordt geschonken aan het behouden van een constante snelheid (af te lezen op het beeldscherm). Te snel en schoksgewijs drukken geeft waarden die niet representatief zijn voor de bodem. Bovendien is het nodig telkens ongeveer dezelfde penetratiesnelheid aan te houden opdat de gegevens reproduceerbaar zouden zijn. Het is ook van belang het toestel goed verticaal op te stellen om te vermijden dat wrijving tussen stang en bodem invloed zou hebben op de indringingsweerstand. Bovendien wordt enkel op deze manier een correcte diepteregistratie verkregen.

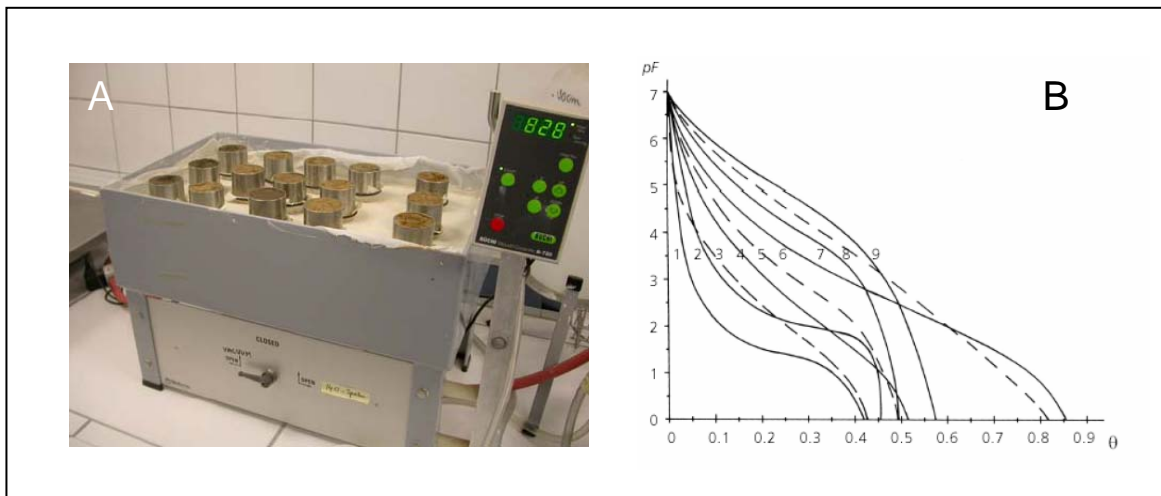
Tot slot is het vochtgehalte van de bodem van groot belang voor het opmeten van de indringingsweerstand met de penetrometer. Hoe lager het bodemvochtgehalte, hoe groter de zijdelingse weerstand op de staaf van de penetrometer en dus hoe hoger de opgemeten indringingsweerstand, ongeacht de verdichtingsgraad van de bodem. Om een vergelijking tussen de resultaten van verschillende studies mogelijk te maken, wordt daarom aangeraden om penetrometermetingen steeds uit te voeren bij veldcapaciteit. Het is bijgevolg noodzakelijk informatie over de vochttoestand tijdens de metingen te verzamelen om te verifiëren of verschillen in de indringingsweerstand voor en na berijden wel te wijten zijn aan een verschil in verdichtingsgraad en niet aan een verschil in vochtgehalte tijdens de verschillende meetperiodes.

iii) pF-curve (vochtkarakteristiek)

Het bepalen van de vochtkarakteristiek (of ook wel pF-curve) is noodzakelijk bij de studie naar de hoeveelheid water die in de grond beschikbaar is voor planten en bomen. De vochtkarakteristiek is een grafische voorstelling van de verhouding tussen het volumetrisch vochtgehalte (θ_{vol}) en de drukhoogte, ook wel bodempotentiaal, zuigkracht of vochtspanning genoemd, terwijl de pF-curve de relatie aangeeft tussen θ_{vol} en de logaritme van de drukhoogte (Figuur 2.1.17). Deze potentiaal van het bodemwater kan gedefinieerd worden als de energie die nodig is om het bodemwater uit de bodem te kunnen verdrijven. Hoe lager het vochtgehalte, hoe beter het resterende water wordt vastgehouden in de kleine poriën en aan het oppervlak van bodempartikels en bijgevolg, hoe meer energie er nodig is om dit water te verwijderen.

Om de vochtkarakteristiek te bepalen, worden in het laboratorium ongestoorde bodemmonsters verzadigd en achtereenvolgens bij verschillende bodempotentialen of vochtspanningswaarden in evenwicht gebracht. De bodempotentialen worden verkregen door het aanleggen van een reeks

onder- en overdrukken. Gewichtsbeplating van het monster na iedere evenwichtinstelling geeft bij elke bodempotentiaal het bijhorende vochtgehalte.



Figuur 2.1.17 Methodiek voor het bepalen van de vocht karakteristiek of pF-curve (A = vochtbak waarin bodemstalen bij een bepaalde bodempotentiaal in evenwicht worden gebracht, B = pF-curve)

Uit de pF-curve kunnen belangrijke bodemkarakteristieken afgeleid worden. Wanneer alle poriën in de bodem met water gevuld zijn, dan is de bodem verzadigd met water. Dit is het geval bij pF 0. Het volumetrisch vochtgehalte bij deze pF is dus gelijk aan het totale poriënvolume van de grond. Bij het draineren van de grond, verdwijnt eerst het water uit grotere poriën, dat slechts heel gering of helemaal niet aan de grond gebonden is. In kleinere poriën blijft het water wel hangen. De situatie op het moment dat geen water meer uit de grond wegzakt, wordt veldcapaciteit genoemd. Dit gebeurt bij pF 2. Een bodem op veldcapaciteit kan wel nog water verliezen door het verdampen van water of wateropname door boom- en plantwortels. Wortels zijn namelijk in staat een deel van het in de fijne poriën gebonden water op te nemen. Hiertoe oefenen ze een kracht uit die groter moet zijn dan de kracht waarmee het water in deze fijne capillairen gebonden is. Deze zuigkracht is echter beperkt. Water dat te sterk in de grond is gebonden, kan dus niet meer opgenomen worden. Dit is het water in en rond bodemdeeltjes en in de fijnste poriën. Wanneer dit punt bereikt is, kunnen wortels geen water meer opnemen en gaan planten verwelken. Dit punt noemt dan ook het verwelkingspunt en het komt voor bij pF 4.2. Planten en bomen kunnen bijgevolg enkel beschikken over een beperkte hoeveelheid bodemwater, namelijk de hoeveelheid bodemwater bij veldvochtigheid, verminderd met de hoeveelheid water bij het verwelkingspunt. Deze hoeveelheid wordt het plantbeschikbaar vocht genoemd.

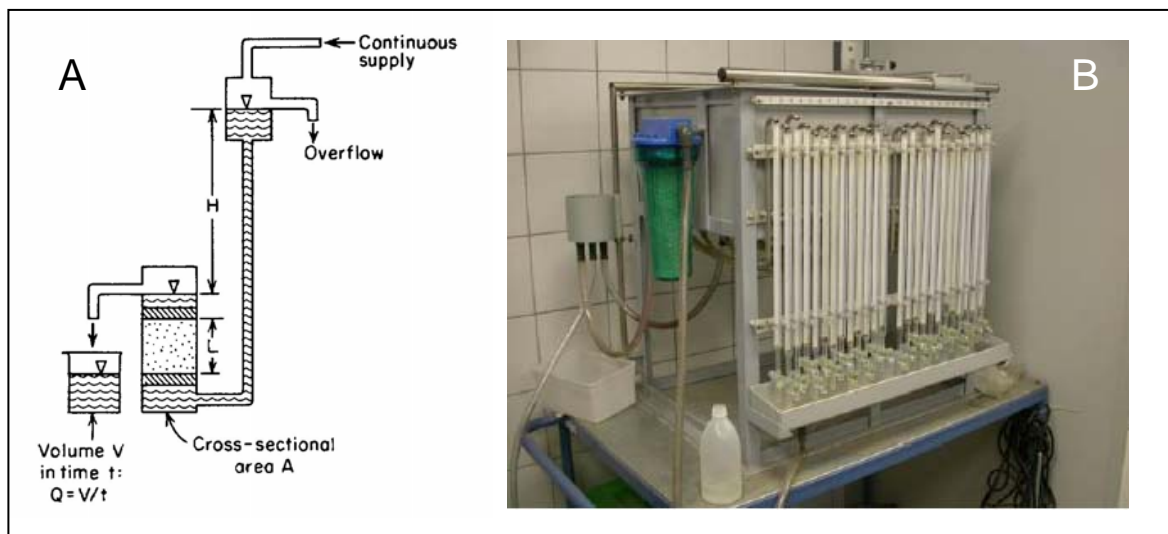
Tot slot zegt het verloop van de pF-curve iets over de grootteverdeling van de poriën. Een meer horizontaal verlopend gedeelte van de curve betekent, dat bij een geringe toename van de drukhoogte veel vocht uit de grond verdwijnt. De grond bevat dus veel poriën die bij deze drukhoogte horen. Hoe nauwer de poriediameter, hoe groter de drukhoogte moet zijn om deze porie leeg te trekken. Curve 1 in Figuur 2.1.17 wijst op een groot aantal wijde poriën die allen geledigd worden bij een $pF < 2$. Met andere woorden, wanneer de bodem op veldcapaciteit komt, is reeds een groot deel van het bodemwater verdwenen. Curve 9 wijst op een groot aantal kleine poriën die geledigd worden bij een $pF > 4.2$, met andere woorden boven het verwelkingspunt en dus niet beschikbaar voor planten. Tusseliggende curves, zoals curves 5 en 6, zijn daarom gunstiger. Deze gronden kunnen vrij veel vocht vasthouden en staan het ook gemakkelijk aan de plant af (Kuipers, 2002).

De analyses ter bepaling van de vocht karakteristiek zijn wegens tijdgebrek enkel uitgevoerd op de stalen van het winterexperiment.

iv) verzadigde hydraulische conductiviteit (k_{Sat})

De hydraulische conductiviteit is een eigenschap van een bodem die beschrijft hoe gemakkelijk water door de bodem kan bewegen via poriën. Dit hangt onder meer af van de intrinsieke permeabiliteit van het materiaal en de saturatiegraad. De verzadigde hydraulische conductiviteit (k_{Sat}) beschrijft de waterbeweging doorheen een verzadigd medium.

De hydraulische conductiviteit kan geschat worden door het toepassen van de wet van Darcy. Met deze wet kan men berekenen hoeveel water per tijdseenheid door een eenheidsoppervlak stroomt onder een eenheidsgradiënt van de hydraulische hoogte. Dit gebeurt aan de hand van een *constant head permeameter* (Figuur 2.1.18).



Figuur 2.1.18 Methodiek voor het bepalen van de verzadigde hydraulische conductiviteit (A = principe volgens wet van Darcy, B = constant head permeameter)

Een staal met hoogte L (m) en dwarsdoorsnede A (m^2) wordt vastgehangen aan een waterreservoir waarin de waterhoogte constant gehouden wordt (hydraulisch hoogteverschil Δh of H (m) bijgevolg ook constant). Water stroomt vervolgens door het staal aan een constante snelheid. Het debiet Q (m^3/dag) doorheen het staal wordt vervolgens berekend als de hoeveelheid water die door het staal vloeit over een bepaalde periode t , of ook wel $Q = k * A * \frac{\Delta h}{L}$ met k = doorlaatfactor (in meter/dag).

v) *Microreliëf*

Voor het bepalen van het microreliëf wordt links en rechts van de piste een paal geslaan op een afstand van ongeveer 4.5m van elkaar en dit loodrecht op de richting van de piste (Figuur 2.1.19). Aan deze palen wordt een lange plank bevestigd waarop, over een lengte van 4m, elke 10 cm een streep getrokken is om de locatie van de meetpunten aan te geven. Eénmaal de plank eraan bevestigd is, worden op de paaltjes strepen getrokken om aan te duiden op welke hoogte de plank hangt. Dit is nodig omdat de plank gedurende het experiment weggenomen wordt en nadien op perfect dezelfde hoogte terug bevestigd moet worden om de exacte hoogteverschillen te kunnen opmeten. Over de volledige breedte van de plank wordt elke 10 cm met een elektronische afstandsmeter de afstand van de bovenkant van de plank tot de grond gemeten. Eveneens wordt elke 10 cm een meting gedaan van de indringingsweerstand met behulp van de penetrologger. De meetresultaten van de instulping en de indringingsweerstand worden vervolgens met behulp van het programma *Surfer 7.0* in één figuur geplaatst.

Wat betreft het winterexperiment zijn voor één bestand op zand en één bestand op klei metingen uitgevoerd, zowel voor als na berijden. Pas na het winterexperiment werd beslist ook 2 bestanden op zandleem-leem in de proefopzet op te nemen. Voor deze twee bestanden zijn bijgevolg enkel waarden na berijden beschikbaar. Vervolgens werd de proefopzet ook uitgebreid naar het zomerexperiment toe. Te lage vochtgehaltes (dus niet representatief) en later ook een defecte penetrologger (foutieve meetresultaten) zorgden er echter voor dat de waarden voor berijden niet bruikbaar zijn. Voor het zomerexperiment zijn dus voor elk van de vier bestanden enkel waarden na berijden beschikbaar. Desondanks konden uit deze meetresultaten al belangrijke vaststellingen gedaan worden.



Figuur 2.1.19 Methodiek voor het bepalen van het microreliëf (A = overzicht, B = opmeten instulping, C = opmeten indringingsweerstand, D = detail constructie)

vi) *CO₂-concentratie in de bodem*

De bodemaëratie vormt een mogelijke ecologische link tussen bodemvervorming en wortelgroei. De samenstelling van de bodemlucht is een index van de bodemaëratie. Wortels en organismen in de bodem die respireren verbruiken zuurstof en produceren hierbij koolstofdioxide. Hierdoor wijzigt de samenstelling van de bodemlucht en worden concentratiegradiënten naar de vrije atmosfeer aan het bodemoppervlak gevormd. Deze gradiënten veroorzaken de diffusie van zuurstof vanaf het bodemoppervlak in de bodem en een flux in de tegenovergestelde richting van koolstofdioxide. De intensiteit van deze diffusie hangt zowel af van de grootte van de concentratiegradiënt als van de permeabiliteit of doorlaatbaarheid van de bodem, een aspect van de bodemstructuur.

Het berijden van een bodem kan resulteren in een wijziging van deze bodemstructuur waardoor de doorlaatbaarheid en dus ook de bodemaëratie kan veranderen. Zowel resultaten uit laboratoria als in situ metingen tonen verhoogde CO₂-concentraties en een gedaalde biotische activiteit in de wielsporen. Deze laatste vaststelling kan het rechtstreekse gevolg zijn van een wijziging van de bodemstructuur maar kan ook indirect resulteren uit een tekort aan zuurstof vanwege de slechte bodemaëratie. De biotische activiteit is echter een fundamentele eigenschap van een bosbodem, een

noodzakelijke voorwaarde voor heel wat bodemfuncties en in vele gevallen ook het mechanisme waarop bodemherstel gebaseerd is. Om deze reden kan een dalende activiteit beschouwd worden als een vorm van ecologische schade. De concentratie aan koolstofdioxide in de bodem vormt bijgevolg een goede indicator voor de gevolgen van berijding op het bodemecosysteem.

De concentratie aan koolstofdioxide of CO₂ in de bodem werd opgemeten met behulp van een draagbare gaschromatograaf (Anderbrügge & Kaesler, 1992) (Figuur 2.1.20). Een sonde met een vrije lengte van ongeveer 30 cm wordt 15 cm verticaal in de grond geduwd, waarna vanop deze diepte lucht uit de bodem wordt opgezogen. Deze lucht wordt via een buisje overgebracht naar de gaschromatograaf, vervolgens in het toestel geanalyseerd en na maximaal 30 seconden worden de concentraties aan koolstofdioxide, zuurstof en stikstofgas in het luchtmonster als output verkregen op het computerscherm.

Voor het bepalen van de CO₂-concentratie werden per piste 2 zones geselecteerd. In elke zone werden 5 transecten met een lengte van 5m uitgezet, dwars op het verloop van de piste en evenwijdig aan elkaar met een tussenafstand van 30 cm. De transecten werden zo geplaatst dat het midden van het transect centraal tussen de twee rijsporen ligt. Langs ieder transect werd vervolgens elke 25 cm een meting uitgevoerd voor het bepalen van de CO₂-concentratie.

Vervolgens werd ook informatie verzameld omtrent enkele omgevingsvariabelen. Per blok wordt op het eerste, derde, en, indien aanwezig, vijfde transect een meting gedaan van de bodemtemperatuur (ongeveer 10 cm in minerale bodem), het bodemvochtgehalte en de dikte van de strooisellaag. Dit gebeurde zowel voor het linkse spoor, het rechtse spoor als de zone tussen de twee sporen.



Figuur 2.1.20 Methodiek voor het bepalen van de CO₂-concentratie in de bodem (A = overzicht opstelling, B, C en D = detail meetsonde en gaschromatograaf)

vii) Overige opgemeten variabelen

Vochtgehalte

De vochttoestand bij berijden heeft een belangrijke invloed op de mate van bodemschade. Bovendien worden ook de penetrologgermetingen beïnvloed door het vochtgehalte. Om een correct

beeld te verkrijgen van de indringingsweerstand en om vergelijking mogelijk te maken met andere onderzoeken, is het aangeraden penetrologgermetingen uit te voeren bij veldcapaciteit (zie 5.ii *Indringingsweerstand*).

Bodemstalen werden genomen om dus een goed beeld te verkrijgen van de vochttoestand. Dit gebeurde zowel op de dag van het experiment zelf (vochttoestand bij berijden) alsook telkens wanneer metingen van de indringingsweerstand uitgevoerd werden. Staalname gebeurde met een gutsboor, indien mogelijk tot een diepte van 80 cm waarbij elk interval van 10 cm in een apart potje bewaard wordt. Deze werden de dag zelf nog gewogen (M_{droog}) en in de droogstoof gestoken om gedurende 24u te drogen bij 105°C. Vervolgens werd na drogen het gewicht bepaald (M_{nat}). Uit het verschil tussen beiden kan het gravimetrisch vochtgehalte θ_{grav} berekend worden, met behulp van

de formule $\theta_{grav} = \frac{M_{nat} - M_{droog}}{M_{droog}} = \frac{M_{water}}{M_{droog}}$, het volumetrisch vochtgehalte θ_{vol} met behulp van de

formule $\theta_{grav} = \frac{V_{water}}{V_{staal}} = \frac{M_{water}}{V_{staal}}$. Algemeen kan gesteld worden dat een bodem op veldcapaciteit een

gemiddeld volumetrisch vochtgehalte heeft van 25%. Door dit te delen door de gemiddelde bulkdensiteit van een bodem (1.2 kg/dm³), wordt het gravimetrisch vochtgehalte berekend, met name ongeveer 20%. Voor zandbodems zal deze grens een beetje lager liggen gezien de iets hogere bulkdensiteit, voor kleibodems hoger gezien de lagere bulkdensiteiten.

Gehalte organische materiaal, zuurtegraad, elektrische conductiviteit

Eens het vochtgehalte bepaald is, werden op dezelfde stalen nog enkele analyses uitgevoerd, om een algemeen beeld te krijgen van het bestand. Het gehalte aan organisch materiaal heeft een belangrijke invloed op de kwetsbaarheid van een bodem. Dit heeft onder meer te maken met het feit dat organisch materiaal een grote hoeveelheid water kan vasthouden waardoor de bodem natter blijft. Anderzijds bezorgt een dikke strooisellaag de bodem een goede veerkracht. De zuurtegraad (pH) speelt niet onmiddellijk een rol bij het bepalen van de verdichtingsgraad maar is wel van groot belang voor het bodemleven. Een hoge zuurtegraad heeft negatieve gevolgen voor de diversiteit en vitaliteit van fauna (Ammer et al., 2006) en flora (Brunet et al., 1996) en de aggregatie van bodempartikels (Haynes & Naidu, 1998). Aangezien het herstel van een verdichte bodem in sterke mate kan versneld worden door graafactiviteiten van bodemfauna en doorworteling, vormt een hoge zuurtegraad dus een belangrijke hindernis voor bodemherstel. Tot slot geeft de elektrische conductiviteit (EC) aan in welke mate de bodem een elektrische stroom geleidt. Deze variabele is bijgevolg een indicator voor de hoeveelheid oplosbare zouten die in de bodem aanwezig zijn. De elektrische conductiviteit varieert niet enkel met de concentratie aan oplosbare zouten maar ook met de samenstelling ervan. Een hoge EC duidt op een overschot aan oplosbare zouten (nutriënten) zodat de groei kan gehinderd worden. Een lage EC wijst daarentegen op een nutriëntentekort. Volgens landbouwkundige standaarden wordt een bodem zilt genoemd wanneer de EC hoger is dan 4000µS/cm.

Profielputten

In elk bestand werd een profielput gegraven om een beeld te krijgen van de horizontopbouw, zowel van de holorganische als minerale horizonten. De profielen worden kort beschreven in Bijlage 2.1.4. Een gedetailleerde profielbeschrijving met alle fysico-chemische data, is eigenlijk een studie op zich en valt buiten het opzet van dit project. Deze detailbeschrijving zal apart worden gepubliceerd door het INBO.

viii) *Locaties van de metingen*

Naast elke piste wordt op drie plaatsen, op regelmatige afstand van elkaar, een paaltje in de grond geslaan. De referentiemetingen, dus de metingen voor berijden, worden ter hoogte van deze paaltjes op de piste uitgevoerd. Metingen na berijden gebeuren op de pistes niet ter hoogte van de paaltjes maar telkens een bepaalde afstand verder (1-2m). Dit gebeurt om te vermijden dat de meetpunten na het experiment zouden samenvallen met of heel dicht zouden liggen bij de meetpunten vóór berijden. Dit zou de resultaten namelijk beïnvloeden gezien de bodem rond de boorgaten deels verstoord is.

Een overzicht van de uitgevoerde metingen **vóór berijden** (Bijlage 2.1.5):

- bulkdensiteit: ter hoogte van elk paaltje, zowel links als rechts in de toekomstige sporen (dus 2 locaties), op dieptes 0-10, 10-20 en 20-30 cm, telkens 1 bodemstaal. Dit levert zes herhalingen op per diepte per piste (3 paaltjes * 2 locaties * 1 bodemstaal), 144 bodemstalen per bestand (6 herhalingen * 3 dieptes * 8 pistes) en een totaal van 1152 bodemstalen over de 8 bestanden;
- indringingsweerstand: ter hoogte van elk paaltje, zowel links als rechts in de toekomstige sporen (dus 2 locaties), telkens 2 metingen. Voor deze variabele worden ook metingen gedaan links en rechts van elke piste, telkens 4 metingen op 3 locaties. Dit levert 12 herhalingen op per piste (3 paaltjes * 2 locaties * 2 metingen), per bestand 96 metingen op de piste (12 herhalingen * 8 pistes) en 120 metingen naast de piste (10 zones * 3 locaties * 4 metingen), en een algemeen totaal van 1728 metingen over de 8 bestanden.
- pF en kSat: de bepaling van deze variabelen gebeurde voor elke piste op 2 bodemstalen uit het interval 10-20 cm. In tegenstelling tot de overige stalen, zijn deze bodemstalen ongestoord in de Kopeckeyring gelaten. Dit levert 2 herhalingen op per piste, 16 stalen per bestand en een totaal van 128 stalen over de 8 bestanden.
- Microreliëf: 1 locatie per piste, metingen voor berijden enkel voor één sand-bestand en één clay loam-bestand, enkel voor het winterexperiment. Dit levert een totaal van 4 voor elk bestand, dus 8 over de twee bestanden.
- CO₂-concentratie: de CO₂-metingen werden enkel na berijden uitgevoerd.

Een overzicht van de uitgevoerde metingen **na berijden** (Bijlage 2.1.6):

- bulkdensiteit: zowel links als rechts in de sporen (dus 2 locaties per paaltje), op dieptes 0-10, 10-20 en 20-30 cm, telkens 1 bodemstaal. Tussen de sporen eveneens op 2 locaties per paaltje. Dit levert voor zowel in de sporen als tussen de sporen zes herhalingen op per diepte per piste, 288 bodemstalen per bestand (6 herhalingen * 3 dieptes * 2 posities ten opzichte van de sporen * 8 pistes) en een totaal van 2304 bodemstalen over de 8 bestanden;
- indringingsweerstand: zowel links als rechts in de sporen (dus 2 locaties per paaltje), telkens 2 metingen, tussen de sporen 4 metingen per paaltje. Dit levert voor zowel in als tussen de sporen 12 herhalingen op per piste, 192 metingen per bestand (12 herhalingen * 2 posities ten opzichte van de sporen * 8 pistes), en een algemeen totaal van 1536 metingen over de 8 bestanden.
- pF en kSat: de bepaling van deze variabelen gebeurde opnieuw voor elke piste op 2 bodemstalen uit het interval 10-20 cm, maar enkel voor de bodemstalen die genomen zijn in de sporen. Dit levert opnieuw 2 herhalingen op per piste, 16 stalen per bestand en een totaal van 128 stalen over de 8 bestanden.
- Microreliëf: 1 locatie per piste, metingen na berijden voor één sand-bestand, één clay loam-bestand en 2 silt loam/loam-bestanden, zowel voor het winter- als het zomerexperiment. Dit levert een totaal van 8 voor elk bestand, dus 32 over de vier bestanden.
- CO₂-concentratie: metingen voor het bepalen van de CO₂-concentratie gebeurden enkel in de twee bestanden op zandbodems. In bestand 1 te Kapellen werden 2 blokken van 4

transecten uitgezet op de piste waar de zware machine tijdens het winterexperiment 5 passages maakte. In bestand 2 te Kapellen werden 2 blokken van 5 transecten uitgezet, zowel op de piste waar de zware machine tijdens het winterexperiment 5 passages maakte, als op de piste waar deze machine slechts één maal over reed. Dit betekent in totaal 28 transecten met telkens 20 metingen, of een totaal van 560 metingen.

Op het **tijdstip van het experiment** worden voor elke bereiden piste op twee plaatsen net naast de piste stalen genomen ter bepaling van het vochtgehalte. Dit levert zowel voor het winter- als het zomerexperiment 8 herhalingen op per bestand (2 herhalingen * 4 bereiden pistes). Op de stalen van het winterexperiment gebeuren eveneens de analyses voor het gehalte organisch materiaal, de pH en de elektrische conductiviteit. Met andere woorden zijn voor deze variabelen ook 8 herhalingen per bestand aanwezig.

6. Dataverwerking

Bij het verwerken van de data worden de resultaten, afkomstig van de metingen op de pistes vóór berijden en de niet-bereiden oppervlakte ernaast, als referentiewaarden beschouwd. Hierbij moet opgemerkt worden dat dit slechts een relatieve referentie is. Een groot aandeel van de oppervlakte in elk bestand onderging namelijk in het verleden verstoringen waarvan de invloed nog gedeeltelijk aanwezig kan zijn. Met de term referentie wordt hier dus niet bedoeld ‘volledig ongestoord’, maar wel ‘niet bereiden tijdens het experiment’.

De data-analyse houdt een vergelijking in per opgemeten variabele tussen de niet-bereiden en bereiden zones voor elke textuurklasse en elke toegepaste behandeling. Behalve een grafische voorstelling werd een eerste verkennende analyse (voor bulkdensiteit en indringingsweerstand) uitgevoerd via ANOVA per bestand en per diepte (intervallen 0-10, 10-20, 20-30 cm) waarbij een vergelijking werd gemaakt tussen de referentiewaarden en de waarden na berijden. Om te bepalen wat de invloed is van de verschillende onderzochte factoren gebeurde verdere statistische verwerking aan de hand van een General Linear Model (GLM) op basis van de ratio's tussen de waarden na berijden en voor berijden. Deze analyse is voor elk diepte-interval apart uitgevoerd: voor de bulkdensiteit de intervallen 0-10, 10-20 en 20-30 cm, voor de indringingsweerstand de dieptes 5, 15 en 25 cm, voor kSat en de afgeleiden van de vocht karakteristiek het interval 10-20 cm. Hierbij worden het machinegewicht (licht-zwaar), het aantal passages (1-5), het tijdstip (nat-droog) en de textuur als vaste factoren en bestand en positie (in-tussen de sporen) als random factoren beschouwd. De term ‘bestand’ is bovendien genest binnen de term ‘textuur’. Wat betreft de textuur worden de vier bestanden te Leuven geklasseerd onder ‘zandleem-leem’ (USDA: silt loam-loam), de twee bestanden te Kapellen onder ‘zand’ (USDA: sand) en de twee bestanden te Walem onder ‘klei’ (USDA: clay loam). Per textuurklasse worden de bestanden telkens als herhalingen van elkaar beschouwd. De referentiewaarden en de waarden voor het vochtgehalte op de dag van het experiment zijn als covariabelen in het model ingevoerd. Het model werd beperkt tot de hoofdeffecten van alle factoren en de tweevoudige interacties tussen de factoren machinegewicht, passages, tijdstip, textuur en positie. Effecten zijn significant wanneer de p-waarde kleiner dan of gelijk is aan 0.05 en sterk significant als de waarde kleiner dan of gelijk is aan 0.001. De statistische verwerking is uitgevoerd met behulp van *SPSS 15.0*. Voor het microreliëf bestaat de dataverwerking enkel uit een grafische voorstelling van de resultaten.

Voor de verwerking van de CO₂-metingen zal onderscheid gemaakt worden tussen de metingen naast en in het linkse spoor, tussen de sporen, en naast en in het rechtse spoor. Voor elk van deze zones wordt een gemiddelde gemaakt van een aantal naast elkaar liggende meetpunten die representatief zijn voor die zone (naast de sporen 2 meetpunten, in de sporen 3 meetpunten, tussen de sporen 4 meetpunten). Vervolgens worden deze data op twee manieren verwerkt. Eerst wordt voor blok A en blok B per zone een gemiddelde gemaakt over de verschillende transecten in dat

blok. Met behulp van ANOVA worden de verschillende zones dan met elkaar vergeleken, voor elk blok, elke behandeling en elk bestand apart. In overeenstemming met de overige variabelen worden de data daarna ook verwerkt met een GLM waarin zone, transect, blok, behandeling en bestand als factoren zijn opgenomen.

7. Resultaten experiment

Bij het rapporteren wordt telkens gefocust op de resultaten van de metingen in de sporen voor de texturen zand en klei, veelal beschouwd als een weinig, respectievelijk, zeer kwetsbare textuurklasse. De overige resultaten zijn weergegeven in de bijlages.

i) Vochtgehaltenes gedurende de uitvoering van het experiment

Het terreinexperiment in natte condities vond plaats op 19 en 20 februari 2007, terwijl de uitvoering bij een droger bodemvochtgehalte gebeurde op 24 en 25 september 2007. In Bijlage 2.1.7 wordt een overzicht gegeven van de vochtgehaltenes op de dag van het experiment in natte (*winter*) en droge (*zomer*) condities. Hieruit blijkt dat het gravimetrisch vochtgehalte in de zomer in de meeste gevallen ongeveer 10% lager ligt dan in de winter. Voor de kleibestanden liggen de vochtcurves dichter bij elkaar. Het bodemvochtgehalte is hier namelijk niet enkel afhankelijk van de weersomstandigheden. Het gebied is in een bepaalde mate onderhevig aan getijdewerking vanwege de Nete die er langs stroomt. Een afname van de neerslaghoeveelheden in de zomer wordt hier dus gedeeltelijk gecompenseerd door een hogere grondwatertafel en dus hoger bodemvochtgehalte bij vloed.

ii) Droge bulkdensiteit

In tegenstelling tot de verwachtingen konden uit de resultaten van het General Linear Model (Tabel 2.1.11) geen significante effecten voor de factoren **passage**, **textuur** en **positie** worden vastgesteld. Ook blijkt geen enkele **tweevoudige interactie** een duidelijk significant effect te hebben over de verschillende diepte-intervallen. Het **machinegewicht** heeft wel een invloed op de mate van bodemverdichting, vooral voor het tweede en derde diepte-interval. De zware machine heeft hierbij telkens een grotere impact dan de lichte machine. Hoewel beperkt tot het tweede diepte-interval, blijkt ook het **tijdstip** van berijden (zomer of winter, samenhangend met de **vochttoestand**) van belang te zijn. Resultaten geven aan dat berijden in droge toestand (zomerexperiment) aanleiding geeft tot een hogere verdichtingsgraad in vergelijking met de natte behandelingen. Dit is voornamelijk geldig voor de indringingsweerstand aangezien voor de bulkdensiteit enkel in het tweede interval een significant effect kan worden vastgesteld.

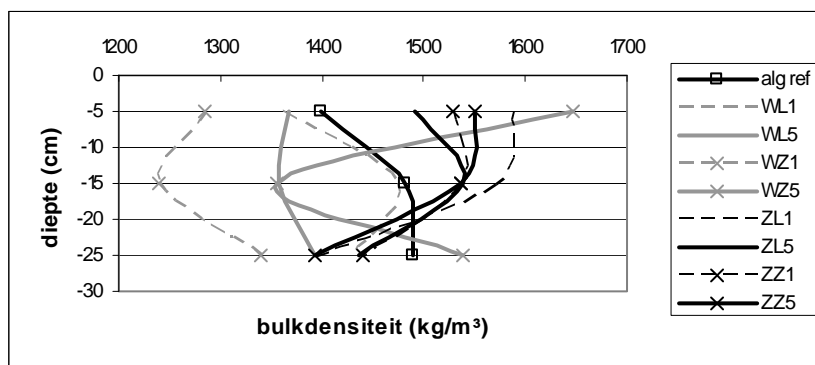
Tabel 2.1.11 Resultaten General Linear Model voor de bulkdensiteit: invloed van factoren (hoofdeffecten en interacties) wordt aangegeven door de p-waarden (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

Term	Diepte (cm)			Term	Diepte (cm)		
	0-10	10-20	20-30		0-10	10-20	20-30
Textuur (Te)	0.155	0.115	0.155	Te*Ti	0.069	0.434	0.000**
Tijdstip (Ti)	0.567	0.000**	0.241	Te*M	0.035*	0.690	0.447
Machine (M)	0.634	0.012*	0.000**	Te*Pa	0.291	0.807	0.819
Passages (Pa)	0.006*	0.916	0.376	Te*Po	0.099	0.019*	0.996
Bestand (textuur) (B)	0.000**	0.000**	0.000**	Ti*M	0.199	0.448	0.435
Positie (Po)	0.506	0.524	0.963	Ti*Pa	0.052	0.004*	0.013*
Vocht (V)	0.067	0.000**	0.368	Ti*Po	0.165	0.970	0.073
Referentiewaarden (R)	0.000**	0.000**	0.000**	M*Pa	0.005*	0.165	0.593

				M*Po	0.658	0.562	0.762
				Pa*Po	0.719	0.225	0.961

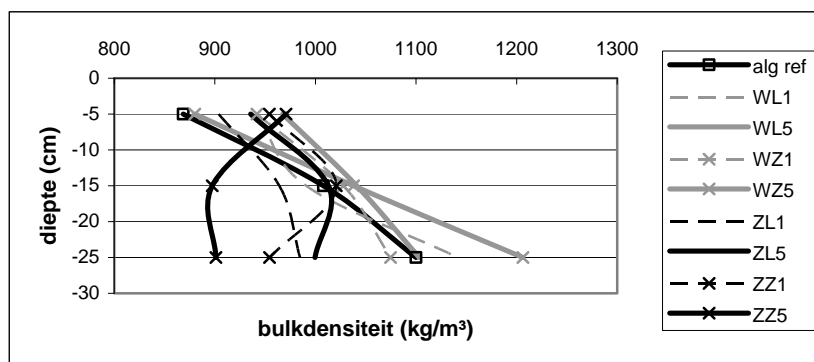
Het belangrijkste verband blijkt echter te bestaan met de **referentiewaarden**. Voor beide variabelen en voor elk diepte-interval blijkt deze covariabele een sterk significant effect te hebben. De mate waarin een bodem door berijden wordt beïnvloed, zou dus sterk afhangen van de initiële bulkdensiteit. Tot slot wijzen de modelresultaten voor de factor **bestand** (genest binnen de factor textuur) ook uit dat de impact van berijden kan verschillen tussen de bestanden van eenzelfde textuurklasse. Uit vergelijking van de drie diepte-intervallen volgt dat de ratio's per textuur algemeen grootst zijn aan het oppervlak en dalen naar diepere intervallen toe.

Het in droge omstandigheden berijden van een bodem met textuur zand leidt algemeen tot een duidelijke toename van de bulkdensiteit en dus tot bodemverdichting (Figuur 2.1.21). De natte behandelingen resulteren daarentegen eerder in het ontlichten van de bodem. Behalve de absolute waarden kan ook gewerkt worden met de ratiowaarden, de verhouding tussen de gemiddelde bulkdensiteit na berijden en de gemiddelde referentiewaarden per piste. Voor de droge behandelingen wordt zo een gemiddelde toename van 5% ten opzichte van de referentiewaarden vastgesteld. Hoewel verwacht wordt dat er een positief verband bestaat tussen het machinegewicht en het aantal passages enerzijds en de verdichtingsgraad anderzijds, zijn de resultaten in dit opzicht niet consistent. Over de invloed van deze factoren kan dus uit deze figuur geen conclusie genomen worden, ondanks het significant hoofdeffect van de factor machinegewicht in het GLM. Het uitvoeren van een ANOVA levert bovendien geen significante verschillen tussen de algemene referentie en de behandelingen, wellicht te wijten aan een grote spreiding van de bulkdensiteitswaarden.



Figuur 2.1.21 Verloop van de bulkdensiteit (in de sporen) met de diepte, voor bestand 1 te Kapellen, textuur zand (W. = winter-nat, Z. = zomer-droog, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages met n = 6; alg ref = algemene referentie, verkregen door het uitmiddelen van de referentiewaarden van op alle pistes met n = 48)

Op de textuur klei zijn de waarden na berijden voor de natte behandelingen in elk diepte-interval gelijkaardig aan de algemene referentie (Figuur 2.1.22). De droge behandelingen blijken naar diepere intervallen toe eerder te resulteren in het ontlichten van de bodem. De ratiowaarden geven voor het bovenste interval verdichting (0-15%) aan voor alle behandelingen. Naar diepere intervallen toe wordt hier, in overeenstemming met de absolute bulkdensiteitswaarden, een consistente daling voor de droge behandelingen vastgesteld, terwijl de ratiowaarden voor de natte behandelingen groter dan of gelijk aan 1 blijven (0-10% toename). De resultaten van de One-Way ANOVA geven enkel een significant verschil aan tussen de algemene referentie en de behandeling ZZ5 in de intervallen 10-20 en 20-30 cm. Ook voor deze textuur bestaat er voor de verdichtingsgraad geen duidelijk verband met het machinegewicht en het aantal passages.



Figuur 2.1.22 Verloop van de bulkdensiteit (in de sporen) met de diepte, voor bestand 1 te Walem, textuur klei (W. = winter-nat, Z. = zomer-droog, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages met n = 6; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, n = 48)

De resultaten voor de overige bestanden alsook van de metingen tussen de sporen worden weergegeven in Bijlage 2.1.8.

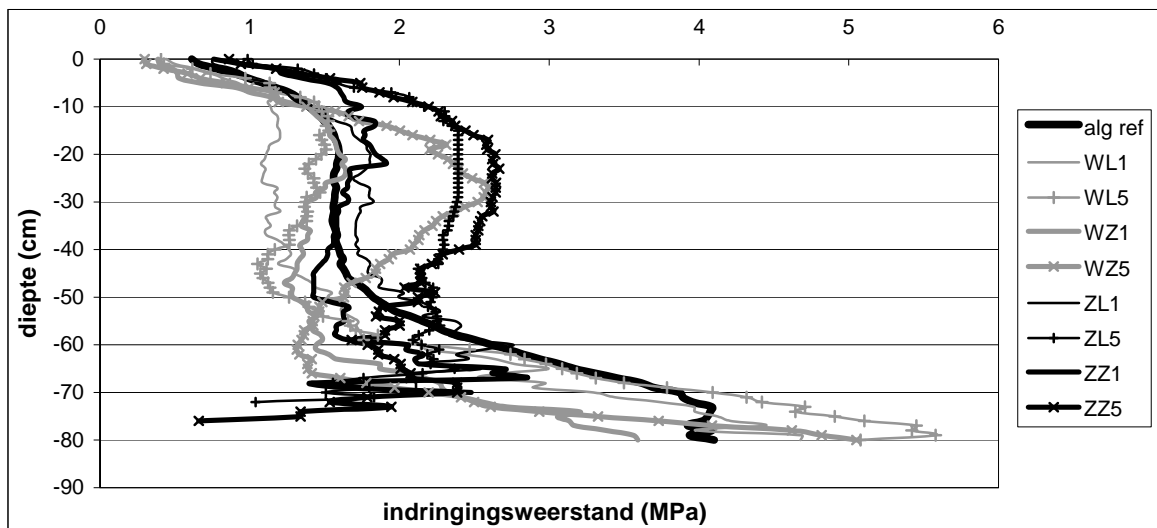
iii) Indringingsweerstand

Uit de resultaten van het GLM voor de indringingsweerstand kunnen gelijkaardige conclusies genomen worden als bij de bulkdensiteit (Tabel 2.1.12). De **referentiewaarden** hebben een heel belangrijke invloed op het bepalen van de mate van bodemschade. Hoewel minder duidelijk via de factor vocht, blijkt ook het **tijdstip** van berijden van groot belang te zijn in de drie diepte-intervallen. Ook hier blijkt geen enkele **tweevoudige interactie** duidelijk significant voor de verschillende diepte-intervallen.

Tabel 2.1.12 Resultaten General Linear Model voor de indringingsweerstand: invloed van factoren (hoofdeffecten en interacties) wordt aangegeven door de p-waarden (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

Term	Diepte (cm)			Term	Diepte (cm)		
	5	15	25		5	15	25
Textuur (Te)	0.215	0.081	0.060	Te*Ti	0.000**	0.187	0.356
Tijdstip (Ti)	0.000**	0.000**	0.003*	Te*M	0.000**	0.411	0.077
Machine (M)	0.676	0.003*	0.068	Te*Pa	0.905	0.347	0.941
Passages (Pa)	0.176	0.235	0.385	Te*Po	0.655	0.900	0.458
Bestand (textuur) (B)	0.231	0.011*	0.038*	Ti*M	0.066	0.178	0.580
Positie (Po)			0.367	Ti*Pa	0.694	0.129	0.696
Vocht (V)	0.067	0.002*	0.076	Ti*Po	0.978	0.389	0.200
Referentiewaarden (R)	0.000**	0.000**	0.000**	M*Pa	0.483	0.599	0.002*
				M*Po	0.625	0.655	0.294
				Pa*Po	0.458	0.445	0.171

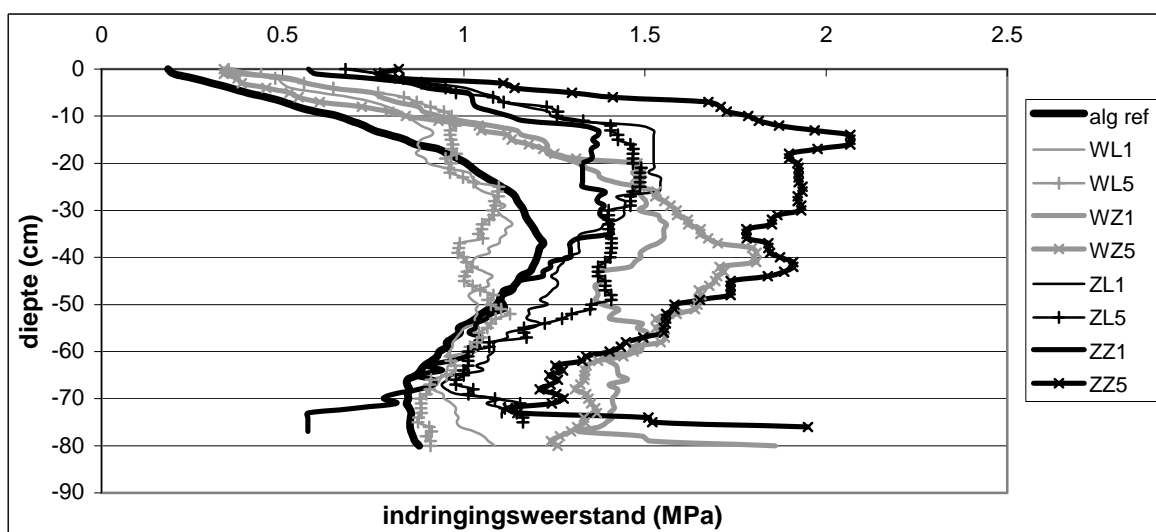
Op de textuur zand verschillen de meeste behandelingen slechts in beperkte mate van de algemene referentie (Figuur 2.1.23). Enkel de zwaardere behandelingen ZZ5 en ZL5, en in mindere mate ook WZ5, resulteren in duidelijke toenames van de indringingsweerstand voor het interval 10 tot 40 cm en dit wordt bevestigd door de resultaten van de One-Way ANOVA. De waarden voor de andere natte behandelingen zijn iets kleiner dan de algemene referentie, terwijl de overige droge behandelingen leiden tot een heel beperkte toename.



Figuur 2.1.23 Verloop van de indringingsweerstand (in de sporen) met de diepte, voor bestand 1 te Kapellen, textuur zand (W. = winter-nat, Z. = zomer-droog, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 12; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op/tussen alle pistes, n = 216)

Ook uit de ratiowaarden (de verhouding van de indringingsweerstand na berijden ten opzichte van voor berijden) blijkt dat alle droge behandelingen leiden tot een sterkere verdichting (0 tot 50%) dan de natte behandelingen (-20 tot 10%). Deze resultaten zijn in overeenstemming met het significante hoofdeffect voor de factor tijdstip dat werd aangegeven door de resultaten van het GLM. Een duidelijke invloed van het machinegewicht kan hier niet worden vastgesteld, noch voor de absolute waarden, noch voor de ratiowaarden. Wel blijkt de impact na 5 passages telkens groter dan of gelijk te zijn aan de impact na 1 passage.

Uit Figuur 2.1.24 kan voor de textuur klei afgeleid worden dat alle behandelingen, behalve WL1 en WL5, aanleiding geven tot verdichting. De impact van de droge behandelingen is maximaal in het interval 0 tot 40 cm, met maximale toenames voor de zwaarste behandeling ZZ5. De natte behandelingen met de zware machine geven aanleiding tot gelijkaardige toenames van de indringingsweerstand, vooral in het interval 20 tot 60 cm. Dit is in overeenstemming met de resultaten van One-Way ANOVA die voor alle droge behandelingen significante verschillen met de algemene referentie aangeeft voor dieptes 5, 15 en 25 cm en voor de natte behandelingen WZ1 en WZ5 voor diepte 25 cm.



Figuur 2.1.24 Verloop van de indringingsweerstand (in de sporen) met de diepte, voor bestand 1 te Walem, textuur klei (W. = winter-nat, Z. = zomer-droog, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages,

met $n = 12$; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op/tussen alle pistes, $n = 216$)

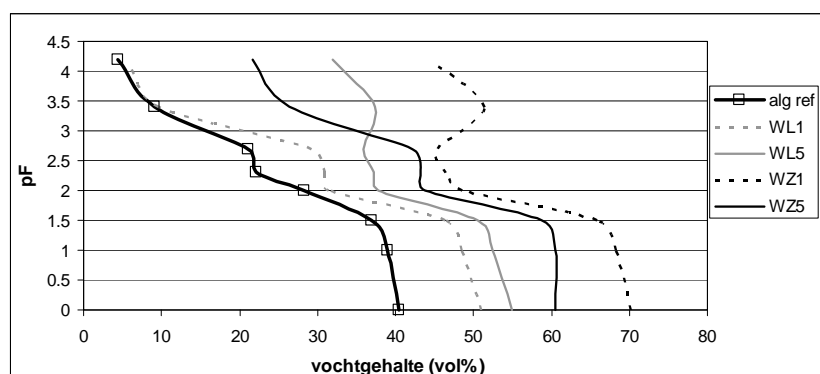
Met behulp van de ratiowaarden kunnen gelijkaardige conclusies genomen worden. Voor alle behandelingen geldt een gemiddelde toename van 0 tot 100%. In diepere intervallen hebben de natte behandelingen met de zware machine (WZ1 en WZ5) een grotere invloed (100%) dan de overige behandelingen (0-40%). In de bovenste 20 cm leiden de droge behandelingen met de lichte machine (ZL1 en ZL5) wel tot uitzonderlijk grote toenames tot 500%. Behalve voor de zwaarste droge behandelingen (ZZ1 en ZZ5) bestaat er opnieuw geen duidelijk verschil tussen de impact van 1 of 5 passages. De zware machine heeft wel een grotere (of minstens gelijkaardige) impact dan de lichte machine.

De resultaten van de indringingsweerstand van de overige bestanden, van de metingen in en tussen de sporen, worden weergegeven in Bijlage 2.1.9.

iv) *pF*-curve (vocht karakteristiek)

De vocht karakteristiek werd bepaald voor de behandelingen in het winterexperiment en bovendien enkel voor het tweede diepte-interval in de sporen. Dit gebeurde op basis van slechts 2 herhalingen waardoor het betrouwbaarheidsinterval rond de gemiddelde waarde, ook als gevolg van een grote variabiliteit, relatief groot is. De resultaten moeten dus met enige terughoudendheid beschouwd worden.

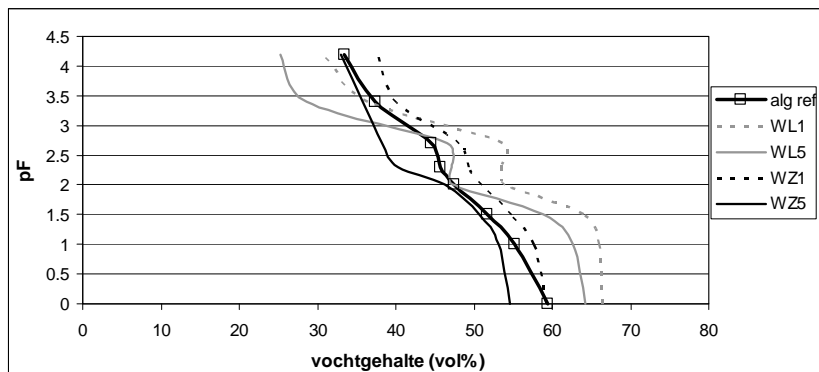
In Figuur 2.1.25 worden de vocht karakteristieken voor de textuur zand weergegeven, voor en na de berijdingen tijdens het winterexperiment. Alle behandelingen leiden tot een duidelijke rechtse verschuiving van de vocht karakteristiek waarbij het effect groter is voor de zware machine in vergelijking met de lichte machine. De invloed van het aantal passages is niet duidelijk. Deze rechtse verschuiving betekent een toename van het vochtgehalte bij de verschillende *pF*-waarden. De vocht karakteristieken kennen algemeen een relatief horizontaal verloop bij *pF*-waarden tussen 1.5 en 2 en eveneens tussen 2.75 en 3.5. Dit komt overeen met poriëndiameters van ongeveer 30-100 μm , respectievelijk 1-5 μm . Bij toename van de *pF* daalt het vochtgehalte hier sterk wat betekent dat hier veel poriën met deze diameter aanwezig zijn. Het vochtgehalte bij het verwelkingspunt (*pF* 4.2) bedraagt zonder berijden (alg ref) ongeveer 5%, terwijl deze waarde sterk stijgt na berijden.



Figuur 2.1.25 Vocht karakteristiek voor bestand 1 te Kapellen, textuur zand (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met $n = 2$; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, $n = 16$)

De vocht karakteristieken voor de textuur klei zijn te zien in Figuur 2.1.26. Hier blijken de verschillen tussen de referentie en de behandelingen veel kleiner te zijn. Een duidelijke invloed van het machinegewicht en het aantal passages kan hier niet vastgesteld worden. De *pF*-curves kennen

een steiler verloop dan de vocht karakteristieken van de textuur zand (Figuur 2.1.25), zonder duidelijke horizontale zone. Dit betekent dat de poriën gelijkmatig verdeeld zijn over de verschillende diameterklassen. Het vochtgehalte bij het verwelkingspunt (pF 4.2) bedraagt ongeveer 35%, zowel voor als na berijden. Op dit punt is bijgevolg voor de textuur klei nog veel water aanwezig dat niet beschikbaar is voor de plant- en boomwortels.



Figuur 2.1.26 Vocht karakteristiek voor bestand 1 te Walem, textuur klei (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 2; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, n = 16)

In Bijlage 2.1.10 worden de vocht karakteristieken weergegeven voor de overige bestanden.

Beschikbaar vocht

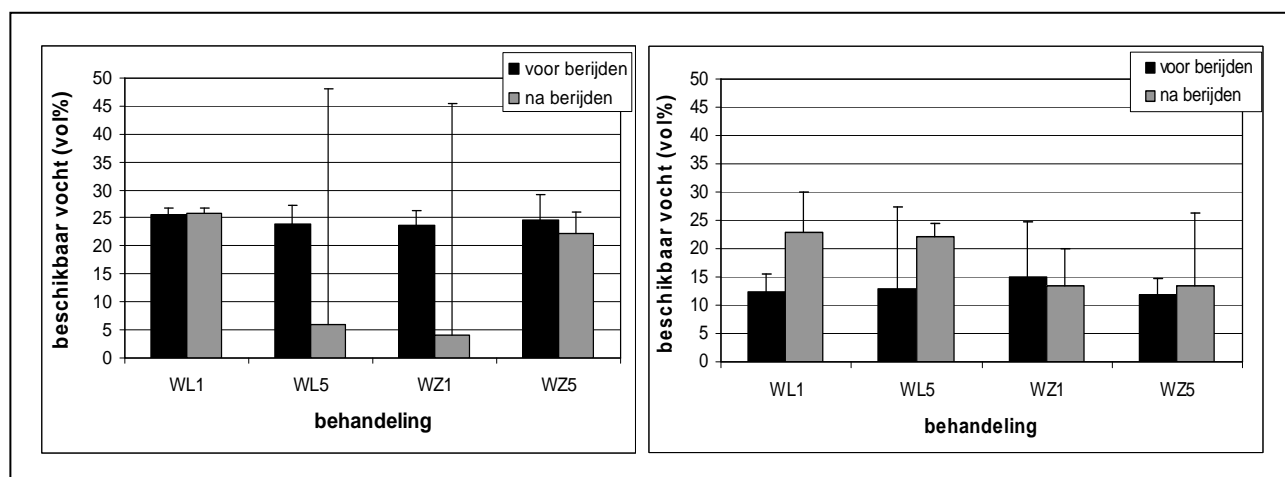
Het verminderen van het vochtgehalte bij veldcapaciteit (pF 2) met het vochtgehalte bij het verwelkingspunt (pF 4.2) levert de hoeveelheid vocht die beschikbaar is voor plant- en boomwortels. Tabel 2.1.13 toont de resultaten van het General Linear Model op basis van het beschikbaar vocht. Hieruit blijkt dat enkel de initiële waarden voor het beschikbaar vocht een duidelijke invloed hebben op het vochtgehalte dat beschikbaar is na berijden. Het ontbreken van significante verbanden kan te wijten zijn aan een grote verschillen dus een sterke variabiliteit tussen de meetresultaten.

Tabel 2.1.13 Resultaten General Linear Model voor het beschikbaar vocht: invloed van factoren (hoofdeffecten en interacties) wordt aangegeven door de p-waarden (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

Term	p-waarde	Term	p-waarde
Textuur (Te)	0.099	Te*M	0.452
Machine (M)	0.753	Te*Pa	0.879
Passages (Pa)	0.930	M*Pa	0.444
Bestand (textuur) (B)	0.604		
Vocht (V)	0.830		
Referentiewaarden (R)	0.000**		

Figuur 2.1.27 geeft de invloed weer van berijden op de hoeveelheid plantbeschikbaar vocht. Deze waarden liggen in referentietoestand, dus zonder berijden, hoger voor de zandbodem (25%) dan voor de kleibodem (10-15%). Op de zandbodem hebben de behandelingen WL1 en WZ5 zo goed als geen invloed op de beschikbare hoeveelheid vocht. De overige twee behandelingen WL5 en WZ1 leiden schijnbaar tot een sterke afname van de hoeveelheid beschikbaar vocht maar hier moet geduïd worden op de heel grote variabiliteit zodat voor deze behandelingen geen conclusie kan genomen worden. Op de kleibodem resulteren de behandelingen met de lichte machine tot een sterke toename van de hoeveelheid beschikbaar vocht. Berijden met de zware machine heeft zo goed als geen effect.

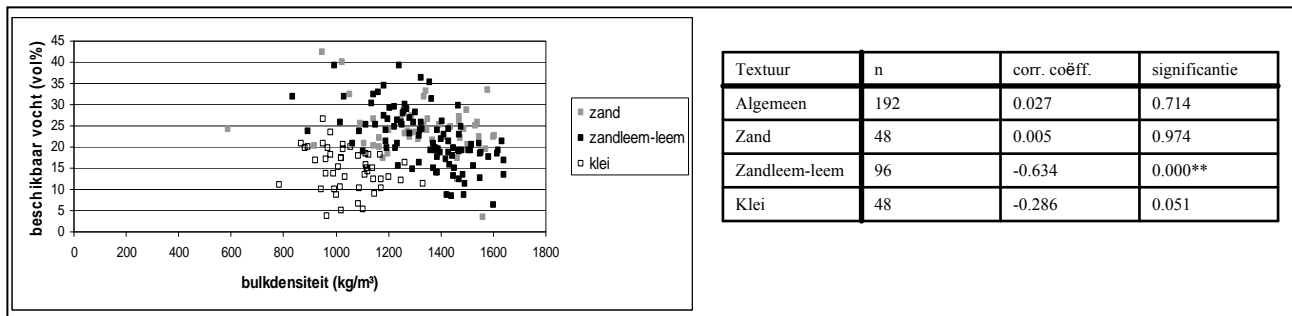
Dit is niet in overeenstemming met de verwachtingen. Normaliter bevatten zandbodems, in tegenstelling tot kleibodems, veel poriën die te breed zijn om water vast te houden, met een lager plantbeschikbaar vochtgehalte tot gevolg. Dus in referentietoestand zouden de waarden voor de zandbodem lager moeten zijn dan voor de kleibodem. Bovendien, wanneer de bodem verdicht, worden de poriën samengedrukt en wijzigt de poriënverdeling ten gunste van kleinere poriëndiameters. Kleinere poriën kunnen echter minder water bevatten en bovendien is dit water sterker gebonden zodat een grotere kracht moet uitgeoefend worden om dit water te verwijderen. Om deze redenen wordt een dalende hoeveelheid beschikbaar vocht voor de textuur klei (alook zandleem-leem) verwacht. Volgens verschillende studies zou het verdichten van een bodem met textuur zand daarentegen eerder zorgen voor een toename van de hoeveelheid plantbeschikbaar vocht. In dit type bodem zijn namelijk veel poriën aanwezig met een diameter die te groot is om water vast te houden. In normale toestand is er dus weinig water beschikbaar voor de wortels. Bij het verdichten van de bodem versmallen de poriën waardoor meer water in de poriën achterblijft en de planten en bomen dus meer water ter beschikking hebben. Het verdichten van een bodem met textuur zand heeft in dit opzicht dus een positief ecologisch effect. De resultaten in Figuur 2.1.27 spreken deze conclusies tegen en kunnen hier niet onmiddellijk verklaard worden. In Bijlage 2.1.11 worden de overige resultaten weergegeven van de invloed van berijden tijdens het winterexperiment op het beschikbaar vochtgehalte.



Figuur 2.1.27 Hoeveelheid beschikbaar water voor bestand 1 te Kapellen, textuur zand (links), en bestand 1 te Walem, textuur klei (rechts) (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 2; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, n = 16). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Figuur 2.1.28 geeft de relatie weer tussen de bulkdensiteit en het beschikbaar vocht. Hiertoe zijn de resultaten gebruikt van zowel voor als na berijden. Enkel voor de textuur zandleem-leem bestaat een duidelijk negatieve correlatie tussen deze twee variabelen. Hoe hoger dus de bulkdensiteit, hoe lager de hoeveelheid plantbeschikbaar vocht. Hoewel net niet significant, bestaat dit negatief verband ook voor de textuur klei.

Dit is in overeenstemming met de verwachtingen. Hoe hoger de bulkdensiteit, hoe kleiner de poriën, hoe beter het water in de poriën gebonden is en hoe minder beschikbaar voor de wortels. Voor de textuur zand bestaat geen significante relatie. De algemene correlatiecoëfficiënt (0.027) geeft aan dat de waarden gelijkmatig verspreid zijn over het bereik van bulkdensiteiten en vochtgehaltes.



Figuur 2.1.28 Correlatie tussen de bulkdensiteit en het beschikbaar vocht (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

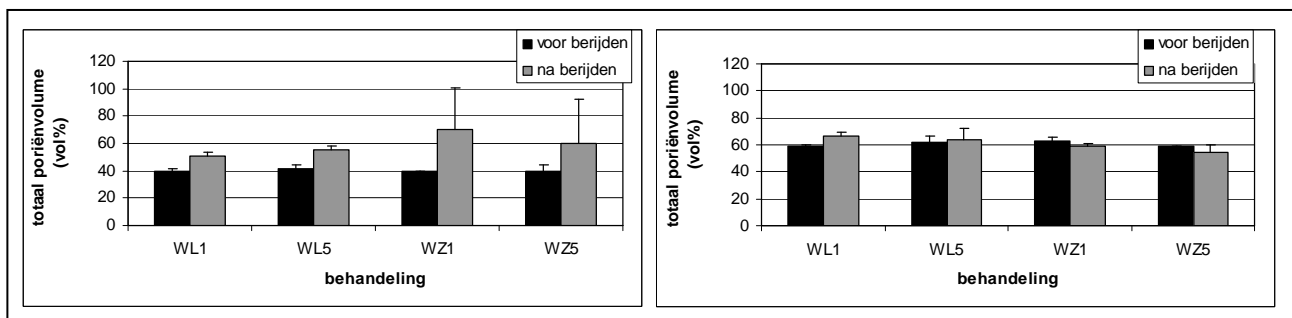
Totaal poriënvolume

Het bodemvochtgehalte bij pF 0 geeft het totale poriënvolume weer gezien alle poriën dan met water gevuld zijn. De resultaten van het GLM met deze resultaten (Tabel 2.1.14) geven aan dat geen enkele factor een duidelijk invloed heeft op het totale poriënvolume na berijden. Enkel vanwege ‘bestand’ en ‘referentiewaarden’ gaat een licht significante invloed uit. Dit kan opnieuw te wijten zijn aan de grote variabiliteit tussen de resultaten.

Tabel 2.1.14 Resultaten General Linear Model voor het totaal poriënvolume: invloed van factoren (hoofdeffecten en interacties) wordt aangegeven door de p-waarden (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

Term	p-waarde	Term	p-waarde
Textuur (Te)	0.334	Te*M	0.594
Machine (M)	0.406	Te*Pa	0.805
Passages (Pa)	0.490	M*Pa	0.693
Bestand (textuur) (B)	0.028*		
Vocht (V)	0.907		
Referentiewaarden (R)	0.034*		

In Figuur 2.1.29 wordt de invloed van de verschillende behandelingen op het totale poriënvolume weergegeven. Vóór berijden liggen de waarden veel hoger voor de kleibodem (60%) in vergelijking met de zandbodem (40%). Op de zandbodem blijkt elke behandeling te leiden tot een duidelijke toename van het poriënvolume. Op de kleibodem is zo goed als geen effect vast te stellen.

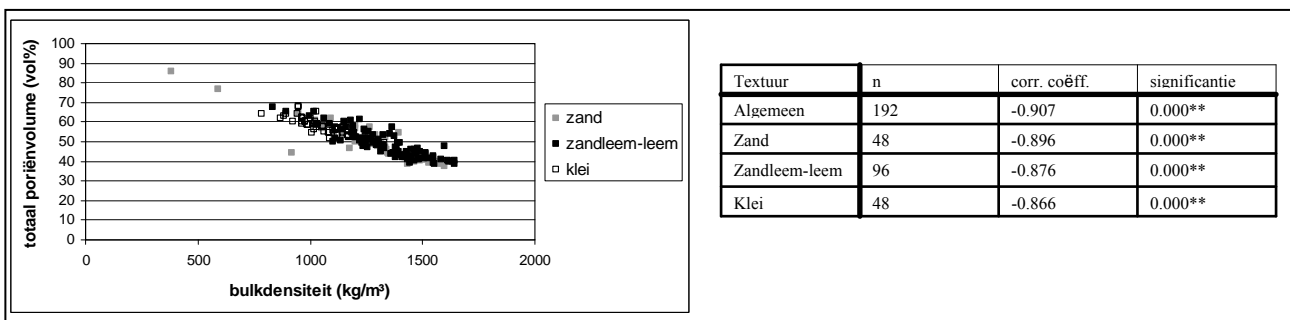


Figuur 2.1.29 Totaal poriënvolume voor bestand 1 te Kapellen, textuur zand (links), en bestand 1 te Walem, textuur klei (rechts) (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met $n = 2$; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, $n = 16$). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Uit de resultaten van het beschikbaar vocht en het poriënvolume kan afgeleid worden dat de de zandbodem initieel een lager totaal poriënvolume (Figuur 2.1.29) bezit, met een gemiddelde diameter zodat het water relatief goed vastgehouden wordt en de plantbeschikbare hoeveelheid vocht dus behoorlijk hoog is (Figuur 2.1.27). Het berijden van de zandbodem leidt echter tot een afname van de bulkdensiteit (Figuur 2.1.21) en een toename van de porositeit (Figuur 2.1.29). De hoeveelheid beschikbaar vocht ondergaat echter zo goed als geen duidelijke veranderingen (Figuur

2.1.27). Bijlage 2.1.12 geeft de overige resultaten weer van het totaal poriënvolume voor de verschillende behandelingen van het winterexperiment.

Het verband tussen de bulkdensiteit en het totaal poriënvolume wordt weergegeven in Figuur 2.1.30. Voor alle texturen bestaat er sterk significant, negatief verband tussen beide variabelen. Wanneer een bodem verdicht, verschuift de poriëverdeling in de richting van smallere poriëndiameters waardoor het totale poriënvolume afneemt. Deze bevinding is voor de textuur zand niet in contrast met de resultaten in Figuur 2.1.29. Namelijk, uit Figuren 2.1.21 en 2.1.29 blijkt dat de bulkdensiteit, respectievelijk het totaal poriënvolume, door berijden in het winterexperiment daalt, respectievelijk stijgt. Uit Figuur 2.1.22 blijkt daarentegen dat de bulkdensiteit voor klei slechts in beperkte mate stijgt zodat ook de afname van het totale poriënvolume voor deze textuur minimaal is.



Figuur 2.1.30 Correlatie tussen de bulkdensiteit en het totaal poriënvolume (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

v) *Verzadigde hydraulische conductiviteit (kSat)*

Voor deze variabele zijn resultaten beschikbaar voor zowel zomer- als winterexperiment, maar enkel voor de diepte 10-20 cm in de sporen. Opnieuw zijn slechts 2 herhalingen beschikbaar die bovendien heel sterk kunnen verschillen. Resultaten dienen dus enkel ter indicatie en moeten met enige terughoudendheid beschouwd worden.

Tabel 2.1.15 geeft de resultaten weer van het GLM op basis van de verzadigde hydraulische conductiviteit. Hieruit blijkt van geen enkele factor een significant effect uit te gaan op de waarde voor kSat na berijden.

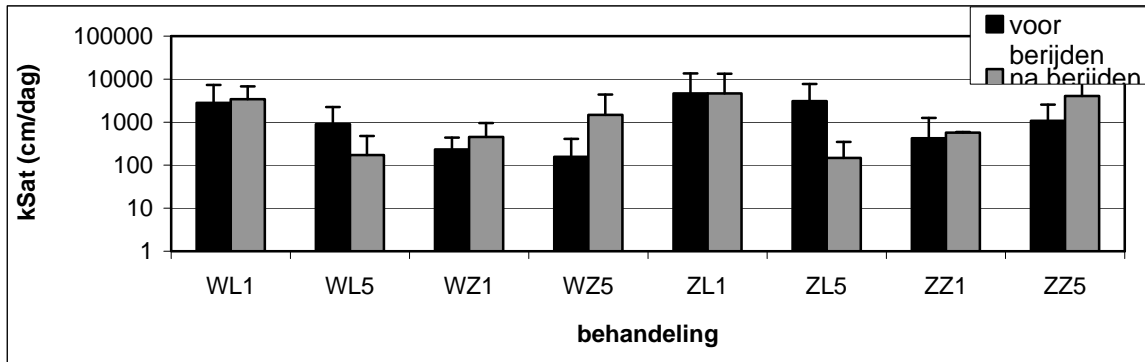
Tabel 2.1.15 Resultaten General Linear Model voor de hydraulische conductiviteit: invloed van factoren (hoofdeffecten en interacties) wordt aangegeven door de p-waarden (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

Term	p-waarde	Term	p-waarde
Textuur (Te)	0.983	Te*Ti	0.930
Tijdstip (Ti)	0.908	Te*M	0.946
Machine (M)	0.514	Te*Pa	0.953
Passages (Pa)	0.607	Ti*M	0.217
Bestand (textuur) (B)	0.831	Ti*Pa	0.118
Vocht (V)	0.655	M*Pa	0.085
Referentiewaarden (R)	0.489		

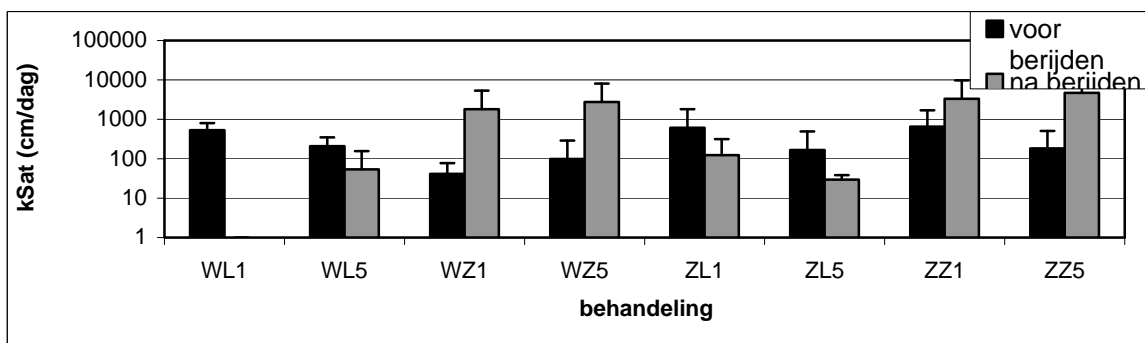
Uit figuren 2.1.31 en 2.1.32 kan geen duidelijke trend worden afgeleid. De waarden worden uitgedrukt in cm/dag wat overeenkomt met $0.01 \text{ m}^3/\text{dag}$. Meer bepaald is $1 \frac{\text{cm}}{\text{dag}} = 10 \frac{\text{mm}}{\text{dag}}$

$10 \frac{\text{l}}{\text{m}^2 \cdot \text{dag}}$ en $1000 \text{ l} = 1 \text{ m}^3$, dus $1 \frac{\text{cm}}{\text{dag}} = 0.01 \frac{\text{m}^3}{\text{dag}}$. De behandelingen met de lichte machine leiden

meestal tot een nuleffect of een afname van de hydraulische conductiviteit terwijl het berijden met de zware machine eerder een toename van de hydraulische conductiviteit tot gevolg heeft. Deze resultaten kunnen niet verklaard worden. Namelijk, berijden met machines leidt ofwel tot het verdichten van een bodem ofwel tot het ontlichten ofwel treedt een combinatie van beide op. Bij beide processen gaat echter een deel van de poriëncontinuïteit verloren waardoor water normaal gezien niet meer even snel doorheen de bodem kan bewegen. Om deze reden zou de hydraulische conductiviteit na berijden dus moeten dalen, zoals bij de lichte machine, maar bij de behandelingen met de zware machine niet kan worden vastgesteld. Hierbij moet zeker de variabiliteit tussen de metingen vermeld worden. In bijlage 2.1.13 worden de overige resultaten voor de verzadigde hydraulische conductiviteit getoond.



Figuur 2.1.31 Verzadigde hydraulische conductiviteit (kSat) voor bestand 1 te Kapellen, textuur zand (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 2; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, n = 16) (voor kSat is een logaritmische schaal gebruikt). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan



Figuur 2.1.32 Verzadigde hydraulische conductiviteit (kSat) voor bestand 1 te Walem, textuur klei (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 2; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, n = 16) (voor kSat is een logaritmische schaal gebruikt). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

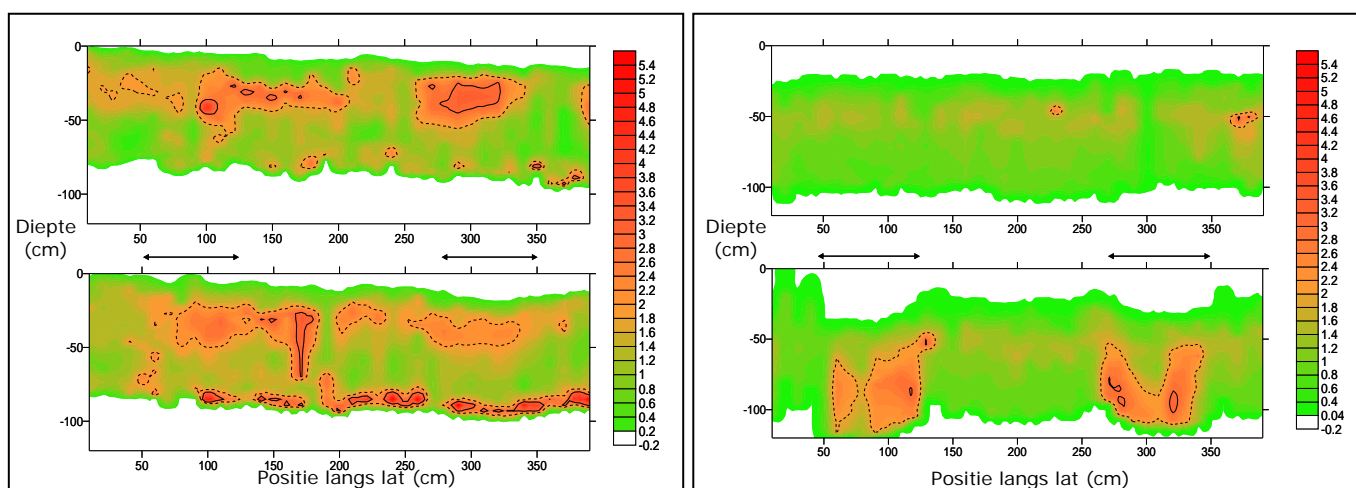
Tabel 2.1.16 geeft waarden voor kSat weer die algemeen gehanteerd worden. De resultaten voor de textuur zand blijken overeen te stemmen met de algemene kSat-waarden voor een zandige bodem. De kSat-waarden voor de textuur klei blijken echter veel hoger dan algemeen wordt aangenomen.

Tabel 2.1.16 Algemene kSat-waarden voor enkele textuurtypes
(bron: richtlijnenboek voor het opstellen en beoordelen van MER, deel 6)

Textuurtype	kSat (cm/dag)
Zand, lemig zand	> 288
Zandig leem	144-288
Lemig fijn zand	12-144
Leem	2.4-12
klei	<2.4

vi) Microreliëf

Aangezien bovenstaande resultaten voor bulkdensiteit en indringingsweerstand aangeven dat de verschillen tussen de behandelingen beperkt zijn, wordt voor het microreliëf gefocust op de zwaarste behandeling (zware machine, 5 passages) en dit voor het winterexperiment, omdat het berijden van een natte bodem als heel schadelijk wordt geacht. De resultaten voor het microreliëf worden gegeven in Figuur 2.1.33, opgebouwd uit een combinatie van metingen van de instulping en de indringingsweerstand. De isolijnen geven de zones aan waar de indringingsweerstand hoger zijn dan 2 MPa of 3 MPa. Volgens Whalley et al. (1995) en Seixas et al. (2003) zijn dit grenswaarden voor een vertraging, respectievelijk stop van de wortelgroei.



Figuur 2.1.33 Microreliëf (instulping en indringingsweerstand) vóór (boven) en na (onder) berijden: zand (links) en klei (rechts), winterexperiment, zware machine, 5 passages; de legende geeft de waarde van de indringingsweerstand aan (MPa), de zwarte pijlen de locatie van de sporen; stippellijn: isolijn voor 2 MPa, volle lijn: isolijn voor 3 MPa

Op de textuur zand is de initiële indringingsweerstand behoorlijk hoog met verscheidene zones waar de grenswaarde van 2 MPa reeds overschreden is. Op deze bodem treedt door berijden slechts een heel beperkte spoorvorming op en ook de indringingsweerstand blijft zo goed als gelijk. De textuur klei daarentegen vertoont een duidelijk spoorvorming met gemiddelde instulpingen in de sporen van 10-15 cm. Hier blijkt een combinatie op te treden van bodemverdichting en -vervloeiing. Berijden leidt enerzijds tot hogere waarden voor de indringingsweerstand in de sporen, waarbij de grens voor vertraagde wortelgroei (2 MPa) vanaf een diepte van 40 cm overschreden wordt. Anderzijds wordt de bodem onder de banden deels zijwaarts (en vervolgens opwaarts) weggeduwd waardoor de bodem aan de randen van de sporen opstulpt. In Bijlage 2.1.14 worden de overige resultaten voor het microreliëf getoond.

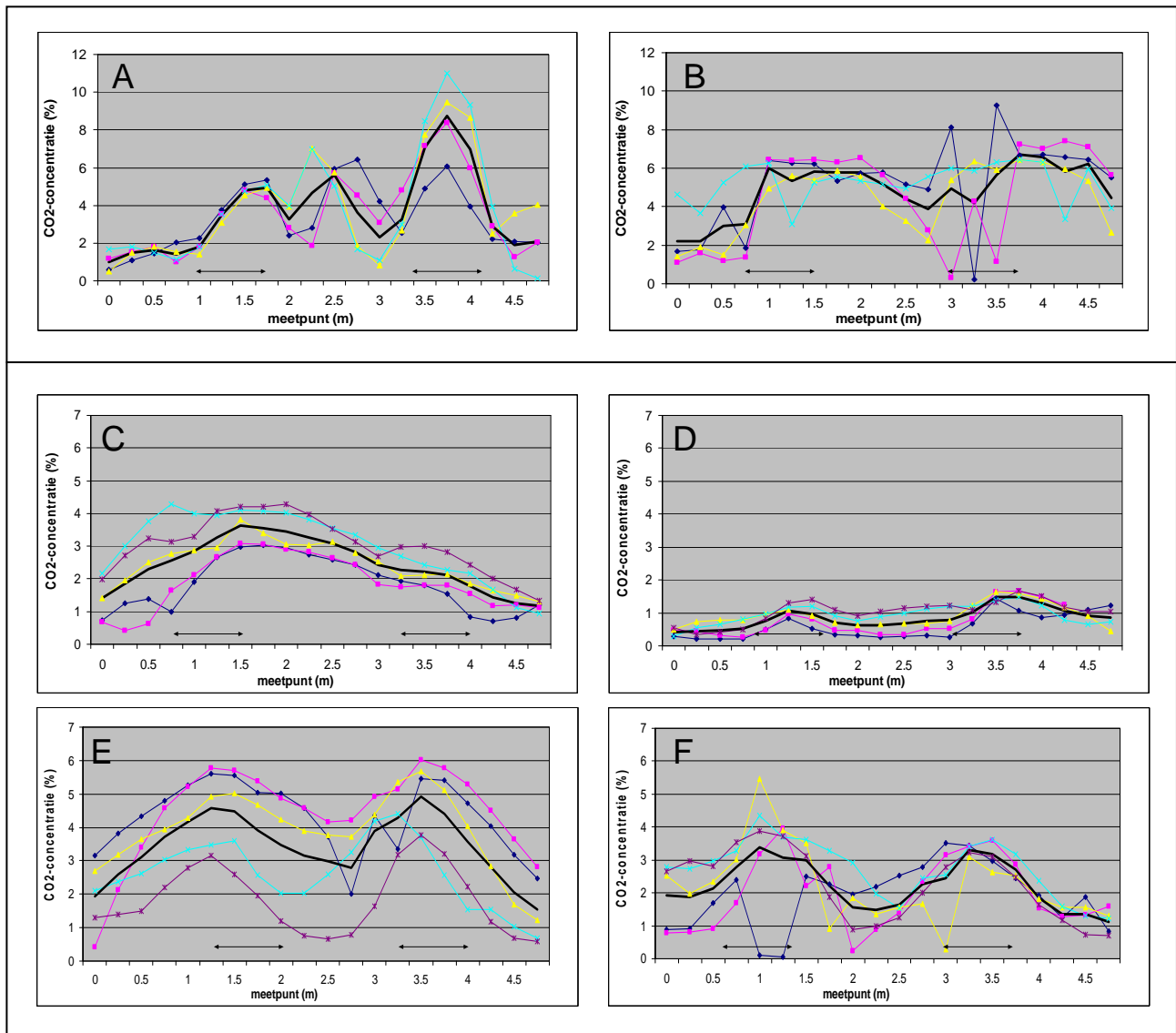
vii) CO₂-concentratie in de bodem

In Figuur 2.1.34 wordt een overzicht gegeven van de CO₂-concentraties die opgemeten werden in de 2 bestanden met textuur zand te Kapellen. De waarden worden eveneens samengevat in Tabel 2.1.17 en in de boxplots in Bijlage 2.1.15. Deelfiguren A-B zijn afkomstig van bestand 1, vanop de piste waar de zware machine 5 passages maakte (K15), deelfiguren C-D en E-F stemmen overeen met de pistes in bestand 2, waar de zware machine 1 (K21), respectievelijk 5 passages (K25) maakte. Bij de interpretatie van de figuren moet gelet worden op de schaal van de verticale as die verschilt tussen bestanden 1 en 2. In Tabel 2.1.18 worden de waarden van enkele omgevingsvariabelen gegeven. Hieruit blijkt dat er tussen de verschillende pistes en tussen de zones

per piste weinig variatie aanwezig is. Enkel K21 vertoont een iets dunnere strooisellaag dan K15 en K25.

Voor K15 is de variatie tussen de verschillende transecten relatief hoog, zeker voor blok B (Figuur 2.1.34, deelfiguur B). Voor dit blok B kan geen duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen de zones naast, tussen en in de sporen. Voor blok A (deelfiguur A) daarentegen vertoont het rechterspoor een duidelijk hogere CO₂-concentratie. Ook het linkerspoor kent hogere CO₂-concentraties dan de onbereden zone links van dit spoor, maar deze verhoging is gelijkaardig aan de zone tussen de sporen. Voor bestand 2 is er voor blok A van K21 (deelfiguur C) geen duidelijk onderscheid te maken tussen de verschillende zones. De CO₂-concentraties verhogen zowel voor de zone in het spoor als de zone tussen de sporen en dalen vervolgens terug in de richting van het rechterspoor. Voor het rechterspoor is nog een beperkte verhoging ten opzichte van de omgeving vast te stellen. In blok B van K21 (deelfiguur D) worden lagere concentraties opgemeten, schommelend rond 1%. Desondanks is de ligging van de sporen wel duidelijk uit de figuur af te lezen. Tussen de sporen zijn de waarden maar in beperkte mate verhoogd. Het meest uitgesproken resultaat is afkomstig van K25 waar de zware machine vijf passages gemaakt heeft. Zowel blok A (deelfiguur E) als blok B (deelfiguur F) vertonen hier duidelijk verhoogde concentraties in beide sporen. Hoewel voor blok A de variatie tussen de transecten relatief groot is, blijft deze trend wel geldig. In tegenstelling tot de overige variabelen worden met de CO₂-concentraties wel duidelijke verschillen opgemerkt tussen de bereden en onbereden zones en bovendien blijkt hier ook de invloed van de intensiteit van berijden gezien de verschillen na 5 passages meer uitgesproken zijn dan na 1 passage. De CO₂-concentratie houdt verband met de bodemstructuur, in die zin dat de concentratie stijgt indien de luchtuitwisseling met de vrije atmosfeer minder goed verloopt. Berijden heeft hier geleid tot het dichtslippen van de poriën onder de wielen zodat in de sporen hogere concentraties aan CO₂ worden aangetroffen in vergelijking met de zones naast en tussen de sporen. Tussen de sporen ondergaat de poriënstructuur ook veranderingen door de zijwaartse krachten vanwege de wielen en de bodem onder de wielen. Om deze reden liggen de concentraties hier ook hoger dan naast de sporen.

Behalve metingen langsheen de transecten zijn op een specifieke plaats in bestand 2 een aantal extra metingen uitgevoerd. Deze plaats is gelegen tussen een aantal dichter opeenstaande bomen, waardoor met zekerheid kan gezegd worden dat machineverkeer hier de laatste decennia zeker niet kon plaatsvinden. Deze plaats wordt dan ook als referentie beschouwd voor een (relatief) ongestoorde situatie, zowel voor bestand 1 als bestand 2, gezien de geringe afstand en verschillen tussen de twee bestanden. De gemiddelde CO₂-concentratie bedraagt hier 0.54%. Behalve blok B op piste K21 vertonen alle transecten hogere waarden, niet enkel in en tussen de sporen, maar ook op de zones buiten de sporen. Dit kan erop wijzen dat vroeger machineverkeer in deze bestanden ongecontroleerd verliep waardoor de bestanden eerder vlaksgewijs verdicht werden.



Figuur 2.1.34 CO₂-concentratie (vol%) na berijden met de zware machine in een zandbodem (diepte: 10 cm) langsheen transecten dwars over de piste. De gekleurde lijnen geven de waarden per transect, de zwarte lijn geeft de gemiddelde waarde van de transecten weer. De zwarte pijlen geven de ligging van de wielsporen weer (A: Kapellen 1, 5 passages, blok A; B: Kapellen 1, 5 passages, blok B; C: Kapellen 2, 1 passage, blok A, D: Kapellen 2, 1 passage, blok B; E: Kapellen 2, 5 passages, blok A; F: Kapellen 2, 5 passages, blok B)

Tabel 2.1.17 Gemiddelde CO₂-concentraties (vol%) per blok per bestand en per behandeling

Zone	Kapellen 1		Kapellen 2			
	5x zware machine (K15)		1x zware machine (K21)		5x zware machine (K25)	
	Blok A	Blok B	Blok A	Blok B	Blok A	Blok B
Naast linkse spoor	1.23 ± 0.34	2.22 ± 0.86	1.63 ± 0.61	0.43 ± 0.11	2.26 ± 0.71	1.90 ± 0.65
In spoor, links	4.40 ± 0.42	5.72 ± 0.56	3.24 ± 0.42	0.93 ± 0.16	4.34 ± 0.74	3.08 ± 0.84
Tussen sporen	4.05 ± 1.06	4.81 ± 0.58	3.15 ± 0.27	0.68 ± 0.15	3.21 ± 0.69	1.73 ± 0.38
In spoor, rechts	7.59 ± 1.16	5.51 ± 1.43	2.21 ± 0.27	1.33 ± 0.18	4.30 ± 0.80	2.98 ± 0.46
Naast rechtse spoor	1.98 ± 0.93	5.32 ± 0.98	1.22 ± 0.17	0.89 ± 0.18	1.80 ± 0.79	1.25 ± 0.27

Tabel 2.1.18 Gemiddelde waarden voor de omgevingsvariabelen op het tijdstip van de CO₂-metingen

Variabele	Locatie	Kapellen 1	Kapellen 2	
		1x zware machine (K15)	1x zware machine (K21)	5x zware machine (K25)
Vocht (vol%)	In sporen	33.0	27.4	36.6
	Tussen sporen	27.5	27.7	27.5

Dikte strooisellaag (cm)	In sporen	8.9	4.6	6.0
	Tussen sporen	7.8	4.5	9.0
Bodemtemp. (°C)	In sporen	14.5	14.3	13.3
	Tussen sporen	14.7	14.2	13.5

Per blok worden de CO₂-concentraties van elke zone met elkaar vergeleken. Hiertoe worden de waarden uit het linkse en rechts spoor eerst samen uitgemiddeld ('in sporen') en dit gebeurt eveneens voor de zone naast het linkse en rechtse spoor ('naast sporen'). Vervolgens worden deze gemiddelde waarden vergeleken aan de hand van ANOVA waar met behulp van Tuckey's toets getest wordt op het significantieniveau $\alpha = 0.05$. De resultaten zijn te zien in Tabel 2.1.19. Hieruit blijkt voor elk blok dat de CO₂-concentraties sterk significant verschillen tussen de verschillende zones. Met uitzondering van blok K21A geldt bovendien voor elk blok dat de zone naast de sporen de laagste CO₂-concentraties heeft, gevolgd door de zone tussen de sporen. In de sporen worden duidelijk hogere concentratie opgemeten, in de meeste gevallen significant verschillend van de zone tussen de sporen.

Tabel 2.1.19 Resultaten One-Way ANOVA: significante verschillen tussen de posities per blok (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$). Gemiddelde waarden per blok die significant verschillen worden aangeduid met een verschillende letter in superscript

Blok	p-waarde	Volgorde
K15A	0.000**	Naast sporen ^a < tussen sporen ^b < in sporen ^c
K15B	0.008*	Naast sporen ^a < tussen sporen ^{ab} < in sporen ^b
K21A	0.000**	Naast sporen ^a < in sporen ^b < tussen sporen ^b
K21B	0.000**	Naast sporen ^a < tussen sporen ^a < in sporen ^b
K25A	0.000**	Naast sporen ^a < tussen sporen ^b < in sporen ^c
K25B	0.000**	Naast sporen ^a < tussen sporen ^a < in sporen ^b

Met de gemiddelde waarden per zone werd eveneens een GLM toegepast, in overeenstemming met de dataverwerking voor de andere variabelen. In de opzet van dit General Linear Model worden 'passage' (1x of 5x zware machine) en 'positie' (naast, tussen of in de sporen) als vaste factoren ingevoerd en 'bestand' (Kapellen 1 of 2), blok (A of B) en 'transect' (1 tot 4 of 1 tot 5) als random factoren. Hierbij is de term 'blok' genest binnen 'passage' en de term 'transect' genest binnen blok. In het model worden enkel de hoofdeffecten en de interactie tussen 'passage' en 'positie' getest. De resultaten van dit GLM worden weergegeven in Tabel 2.1.20.

Zoals reeds bleek uit de vergelijkingen via ANOVA, geeft het GLM een sterk significante invloed aan vanwege de positie ten opzichte van de sporen. Het aantal passages is blijkbaar niet bepalend voor de CO₂-concentratie. Het model geeft eveneens aan dat er duidelijke verschillen bestaan tussen de 2 blokken op eenzelfde piste en dat de 2 bestanden significant verschillend zijn van elkaar wat betreft de CO₂-concentraties. Binnen eenzelfde blok blijken de transecten vergelijkbare resultaten te geven, af te leiden uit de niet-significante p-waarde. Tot slot blijkt ook de interactie tussen de termen passage en positie sterk significant. Dit betekent dat de verschillen tussen de posities (naast, tussen, in) veranderen naargelang het aantal passages die uitgevoerd zijn. Uit de figuur van deze interactie blijkt dat de CO₂-concentratie in de sporen na 1 passage ongeveer gelijk is aan de concentratie tussen de sporen, terwijl deze concentratie na 5 passages sterk verschilt met maximale waarden in de sporen. Anders gezegd varieert het verschil tussen 1 en 5 passages naargelang de positie ten opzichte van de sporen. In de sporen is het verschil tussen 1 en 5 passages veel groter in vergelijking met de zone naast de sporen waarbij het verschil tussen 1 en 5 passages maar miniem is.

Tabel 2.1.20 Resultaten General Linear Model voor de CO₂-concentraties: invloed van factoren (hoofdeffecten en interacties) wordt aangegeven door de p-waarden (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

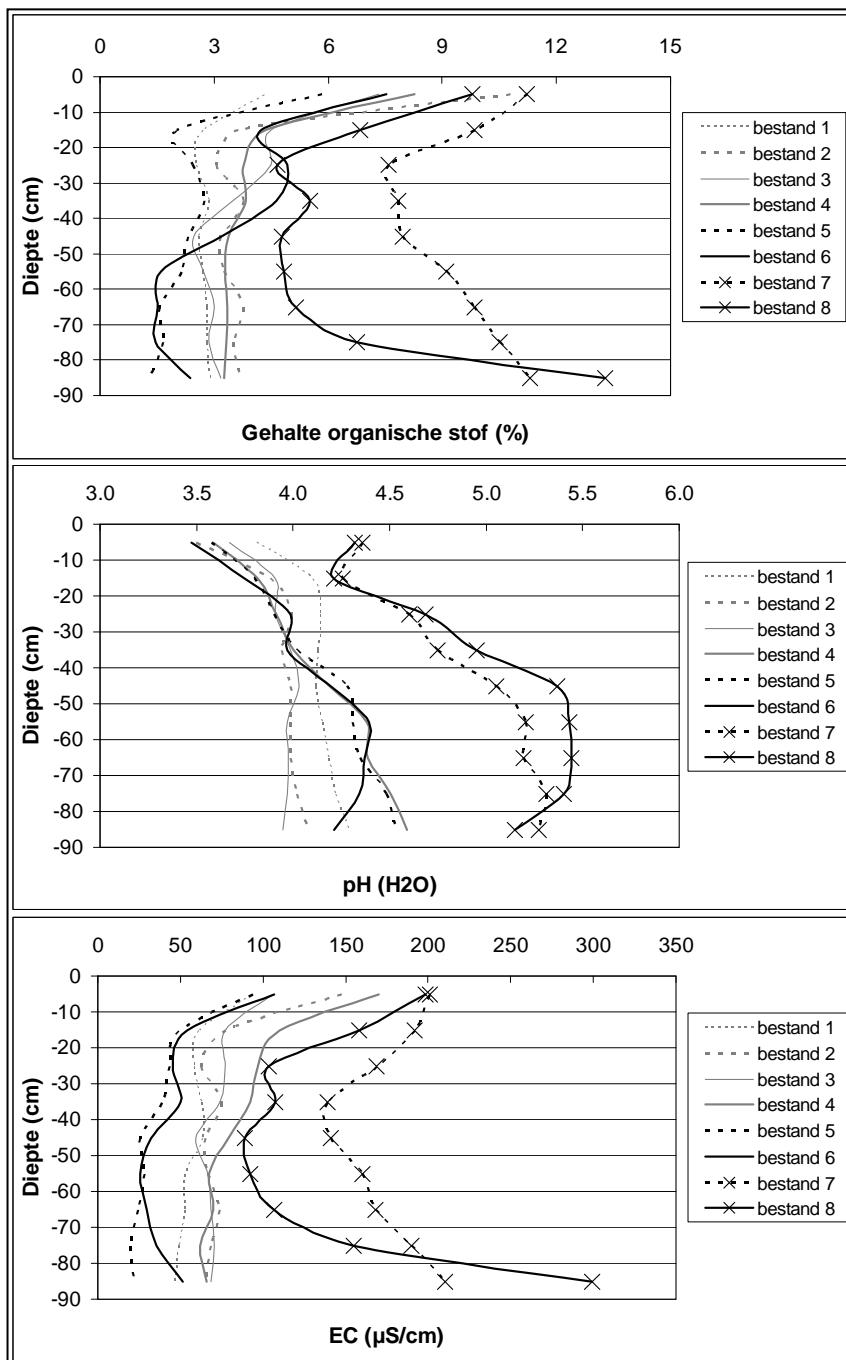
Term	p-waarde	Term	p-waarde
Passage	0.373	Blok (passage)	0.000**
Positie	0.000**	Transect (blok)	0.596
Bestand	0.000**	Passage*Positie	0.000**

Aangezien gelijktijdig met de CO₂-metingen enkele omgevingsvariabelen zijn opgemeten, met name bodemvochtgehalte, humusdikte en bodemtemperatuur, kan de correlatie tussen deze variabelen berekend worden. Hieruit blijkt dat de CO₂-concentratie enkel significant positief gecorreleerd is met de humusdikte (corr. coëff. 0.416, p-waarde 0.003), met andere woorden, stijgt de humusdikte, dan stijgt ook de CO₂-concentratie. Hoge CO₂-concentraties komen voor in de sporen waar zich blijkbaar ook de dikste humuslagen bevinden. Logischerwijs wordt de humuslaag door berijden samengedrukt waardoor zich in de sporen een dunner strooiselpakket zou moeten bevinden. De krachtwerking van de banden zorgt er echter voor dat de strooisellaag deels in de minerale grond wordt geduwd en ermee wordt vermengd. Na berijden is de grens tussen strooisellaag en de eerste minerale laag diffuus zodat de zuivere minerale laag dieper te vinden is dan voor berijden. De correlatie met het bodemvochtgehalte (corr. coëff. 0.109, p-waarde 0.463) en de temperatuur (corr. coëff. -0.023, p-waarde 0.878) is niet significant.

viii) Overige opgemeten variabelen

Chemische bodemkenmerken (organische stof, pH, EC)

Figuur 2.1.35 toont het verloop van enkele chemische bodemkenmerken met de diepte voor elk van de 8 bestanden. Wat betreft de zuurtegraad en het gehalte aan organische stof blijken de bestanden op zandleem-leem en zand overeen te stemmen, met name 3-6% organische stof en een pH-waarde van ongeveer 4. De twee bestanden op klei hebben op elke diepte een hoger gehalte organische stof, vooral bestand 7, met name 5-10%, en eveneens een lagere zuurtegraad, met een pH van ongeveer 5. Deze bodems vormen dan ook een betere leefomgeving in vergelijking met de bodems met textuur zand en zandleem-leem. Tot slot hebben de bestanden op klei de hoogste waarden voor de elektrische conductiviteit (EC) (100-200 μ S), gevolgd door de bestanden op zandleem-leem (50-100 μ S) en zand (25-50 μ S).



Figuur 2.1.35 Chemische bodemkenmerken voor de 8 bestanden (1-4 te Leuven, zandleem-leem; 5-6 te Kapellen, zand; 7-8 te Walem, klei)

8. Discussie

Wat betreft de bulkdensiteit en de indringingsweerstand, twee variabelen die sterk structuurgebonden zijn, geven de resultaten van het berijdingsexperiment aan dat de invloed van de toegepaste behandelingen algemeen beperkt is, ook na vijf passages van de zware machine. In tegenstelling tot de verwachtingen leidt berijden in verschillende gevallen zelfs tot het ontlichten van de bodem in plaats van verdichting. Bovendien kan er aan de hand van deze resultaten geen significant verband worden vastgesteld tussen de verdichtingsgraad enerzijds en de textuurklasse, het aantal passages en de positie ten opzichte van de sporen anderzijds.

Een mogelijke verklaring voor de onverwachte resultaten is te vinden in de referentiewaarden. Uit het General Linear Model bleek reeds dat er een sterk verband bestaat tussen deze waarden en de

verdichtingsgraad. Hoe hoger de initiële bulkdensiteit, hoe kleiner de extra toename na berijden, zoals ook Powers et al. (2005) vaststelden. Een verklaring voor deze invloed van de initiële bulkdensiteit kan gezocht worden in de draagkracht van de bodem. Dit is de capaciteit om krachten te weerstaan zonder (verder) falen (verdichting, vervloeiing). Processen die in het verleden tot verdichting hebben geleid, resulteerden onder meer in een dichtere opeenstapeling van de bodempartikels met een afname van de porositeit en een toename van de bodemsterkte tot gevolg. Een extra berijding kan de bodem dus maar in beperkte mate verder verdichten. De hypothese, dat de hoge initiële bulkdensiteiten de oorzaak kunnen zijn van de geringe tot afwezige impact, wordt bovendien bevestigd door de resultaten van de meta-analyse (§2.2). De invloed van de referentiewaarden werd ook vastgesteld voor andere variabelen (indringingsweerstand, beschikbaar vocht, totaal poriënvolume).

Hoewel dit niet steeds duidelijk uit de figuren kon worden afgeleid, geeft het GLM, vooral voor de bulkdensiteit, aan dat de mate waarin een bodem verdicht wordt, gecorreleerd is met het machinegewicht. Met andere woorden, de verdichtingsgraad stijgt als het machinegewicht toeneemt. Dit is te verklaren aan de hand van de gemiddelde bodemcontactdruk. Deze waarde wordt gedefinieerd als het quotiënt van de wiellading met het contactoppervlak en is een maat voor de verticale stress en dus potentiële verdichting in de contactzone. Neemt het gewicht sterk toe (zoals het verschil tussen de lichte en de zware machine in het experiment), dan stijgt de lading per eenheid contactoppervlak, met een grotere bodemcontactdruk en dus verdichting tot gevolg. Onder meer McDonald et al. (1996) kwamen tot dezelfde conclusie. De positieve correlatie tussen de verdichtingsgraad en het machinegewicht vormt bovendien ook één van de conclusies uit de meta-analyse (§2.2).

De resultaten van GLM, ANOVA en de grafische voorstellingen geven aan dat ook de vochttoestand bij berijden een belangrijke invloed heeft op de impact, voornamelijk voor de indringingsweerstand. Berijden onder de drogere omstandigheden van het zomerexperiment blijkt hier te resulteren in hogere verdichtingsgraden dan de behandelingen van het winterexperiment. Voor de textuur zand is dit in overeenstemming met Langohr & Ampe (2004) die vermelden dat de cohesie (en bijgevolg ook de draagkracht) tussen de zandpartikels in droge omstandigheden lager is dan in natte omstandigheden, waardoor meer schade mogelijk is in drogere omstandigheden. Het verlies aan cohesie geeft hier dus aanleiding tot verdichting, terwijl spoorvorming zo goed als afwezig is. Voor textuurklassen klei en zandleem-leem is bovenstaande vaststelling echter in strijd met de verwachtingen aangezien algemeen wordt aangenomen dat deze textuurklassen kwetsbaarder zijn in nattere omstandigheden (McNabb et al., 2001). De hogere waarden voor de indringingsweerstand na de zomerbehandelingen kunnen niet te wijten zijn aan verschillen in vochtgehaltes bij het opmeten van de indringingsweerstand na de winter- en zomerberijding aangezien de vochtprofielen ongeveer gelijk waren. Een mogelijke verklaring bestaat erin dat het verlies aan cohesie op bodems met fijnere textuur in zeer natte omstandigheden, zoals het winterexperiment, eerder gepaard gaat met bodemvervloeiing in plaats van bodemverdichting. In een waterverzadigde bodem zijn de meeste poriën gevuld met water. Gezien de geringe samendrukbaarheid van water is verdichting maar in beperkte mate mogelijk. De krachtwerking vanwege de banden resulteert om deze reden vooral in de zijwaartse (en vervolgens opwaartse) verplaatsing van bodempartikels waardoor sporen gevormd worden met bodemopstulpingen aan de randen van de sporen (plastische vervorming). Dit blijkt ook uit de resultaten van het microreliëf waarbij duidelijke spoorvorming voor textuurklassen klei en zandleem-leem optreedt als gevolg van de winterberijding. Een bodem met fijnere textuur die zeer droog is weerstaat daarentegen verdichting als gevolg van de sterke cohesie tussen de partikels. Bij intermediaire vochtgehaltes, zoals de omstandigheden van het zomerexperiment, kan verdichting wel gemakkelijk optreden, met geringe tot afwezige spoorvorming, zoals ook de resultaten voor het microreliëf aangeven (Hillel, 1998). Dit verklaart de grotere verdichting na de droge behandelingen.

De resultaten van de hydraulische variabelen (pF, beschikbaar vocht, totaal poriënvolume, kSat) moeten met enige voorzichtigheid beschouwd worden, omwille van het beperkt aantal herhalingen en de grote variabiliteit tussen de resultaten. Deze resultaten bevestigen echter de conclusies die genomen werden op basis van de bulkdensiteit en de indringingsweerstand. Onder invloed van de behandelingen in het winterexperiment ontlicht een zandbodem eerder waardoor de porositeit toeneemt maar de poriëndiameter te groot wordt om nog water te kunnen vasthouden. De hoeveelheid water die beschikbaar is voor plant- en boomwortels daalt bijgevolg. Voor de kleibodem kunnen de resultaten niet verklaard worden. Uit de resultaten blijkt ook dat de porositeit afneemt bij toenemende bulkdensiteit.

Echter, in tegenstelling tot voorgaande variabelen, waaruit bleek dat berijden weinig tot geen verandering induceert, ondergaat de CO₂-concentratie in de bodem wel een sterke wijziging onder invloed van het gewicht van de zware machine. Dit blijkt dus een veel gevoeliger variabele en dus een betere indicator voor bodemverdichting te zijn. Omwille van de ecologische relevantie kunnen hieruit de gevolgen voor het bodemecosysteem worden afgeleid. De onderzochte zandbodems vertonen een significant hogere concentratie in de sporen in vergelijking met de zones naast en tussen de rijsporen. Dit wijst op een afname van de luchtuitwisseling tussen bodem en atmosfeer. Hoewel uit voorgaande variabelen bleek dat de densiteit en dus ook het totaal poriënvolume weinig invloed ondervonden, blijkt de poriëncontinuïteit wel sterk gewijzigd zodat gassen in de bodem opgesloten geraken. Het CO₂ dat in de bodem geproduceerd is, kan niet naar de atmosfeer verdwijnen, maar omgekeerd kan ook het zuurstofgas uit de atmosfeer niet meer in de bodem dringen. Dit leidt op termijn tot zuurstoftekorten voor de plant- en boomwortels en bijgevolg een mogelijke negatieve invloed op vitaliteit, groei en kieming. Hoewel de wortels dus fysiek geen sterk verhoogde weerstand ondervinden om te groeien, wordt de groei hoogstwaarschijnlijk wel gehinderd als gevolg van een zuurstoftekort.

9. Conclusie

Hoewel bepaalde trends kunnen worden vastgesteld, moet geconcludeerd worden dat het effect van de verschillende behandelingen op de dichtheid van de bodem, zowel in natte als droge omstandigheden, eerder beperkt tot onbestaande zijn. In veel gevallen wordt de bodem door berijden zelfs eerder ontlicht dan verdicht. Een heel belangrijke verklaring voor deze vaststellingen kan gevonden worden in de initiële bulkdensiteit, zoals door de resultaten van het General Linear Model werd aangegeven. Veel Vlaamse bossen zijn reeds in sterke mate verdicht, onder meer door het ongecontroleerd berijden in het verleden. Ook de toegenomen bodemverzuring kan hierin een rol spelen, gezien een zure bodem minder bodemleven bevat dat een rol speelt in de remediatie van verdichte gronden. Bodems die al in sterke mate verdicht zijn, zullen vanzelfsprekend weinig tot geen invloed meer ondervinden van een extra berijding. De huidige gedegradeerde toestand mag echter zeker geen reden vormen om geen restricties meer op te leggen bij toekomstige exploitaties. Zolang een bodem verdicht blijft, vormt dit een ongunstige leefomgeving voor bodemfauna, flora en boomwortels. De toegenomen bodemsterkte vormt een hindernis voor de graaactiviteiten van de bodemfauna en de wortelgroei. Maar ook onrechtstreeks heeft bodemverdichting een negatief ecologisch effect, als gevolg van een wijziging van de hydraulische karakteristieken en verschillende chemische processen. Bovendien blijkt de luchtuitwisseling tussen bodem en atmosfeer heel sterk beïnvloed als gevolg van berijden. Het geproduceerde CO₂-gas blijft in de bodem hangen en het binnendringen van zuurstof, nodig voor vitaliteit en groei, wordt gehinderd. Het is dus van groot belang te streven naar herstel van verdichte gronden. Dit kan enkel indien het machineverkeer bij toekomstige exploitaties zoveel mogelijk op vaste ruimingspistes gehouden wordt. Op deze manier wordt de tussenliggende ruimte gevrijwaard van berijden en kan het herstelproces hier ongestoord plaatsvinden.

2.2 Impact van berijden op bosbodems: een meta-analyse

1. Doelstelling

In het verleden is al meermaals onderzoek gevoerd naar bodemverdichting als gevolg van gemechaniseerde houtoogst. In plaats van deze studies als alleenstaande gevallen te beschouwen, kan het bundelen van de resultaten en het zoeken naar algemene conclusies heel wat informatie leveren. Bovendien kunnen de resultaten van het eigen onderzoek geplaatst en geëvalueerd worden in een veel ruimer kader. De doelstellingen van de meta-analyse zijn dus enerzijds, het zoeken naar algemeen geldende verbanden en conclusies, en anderzijds, het vergelijken van de eigen resultaten met andere studies.

2. Methodiek

i) Dataverzameling

In de literatuur werd gezocht naar studies met een proefopzet, gelijkaardig aan het eigen terreinexperiment. Studies, waarbij de bodem experimenteel met behulp van een vibrator gecompacteerd wordt tot een bepaalde graad, komen hier niet in aanmerking. Deze studies worden meestal uitgevoerd om te onderzoeken wat de invloed van verdichting op plant- en boomgroei is. Een belangrijke voorwaarde opdat een artikel geschikt zou zijn voor deze meta-analyse, is de aanwezigheid van gemiddelde waarden, info over het aantal herhalingen en een maat voor de meetnauwkeurigheid (standaarddeviatie, standaardfout,...) voor de resultaten voor en na berijden. Een groot aantal artikels voldeden jammergenoeg niet aan deze basisvoorwaarde, ook niet na rondvraag bij de auteurs. De resultaten ervan konden bijgevolg niet in de analyse opgenomen worden.

Uiteindelijk werden 10 artikels geselecteerd die geschikt bleken te zijn voor de meta-analyse, met de bulkdensiteit als responsvariabele (Seixas & McDonald, 1997; Brais, 2001; McNabb et al., 2001; Block et al., 2002; Sheridan, 2003; Rab, 2004; Ares et al., 2005; Simcock et al., 2006; Ampoorter et al., 2007; Schack-Kirchner et al., 2007). Hier werden de resultaten van het eigen terreinexperiment aan toegevoegd. Indien in een bepaald artikel eenzelfde proefopzet in meerdere bosbestanden werd uitgevoerd, dan werd dit telkens als een andere locatie beschouwd. Evenzo, wanneer op eenzelfde locatie de invloed werd onderzocht van het aantal passages of verschillende machinetypes, werden de resultaten van elk niveau van deze onderzochte factoren als een aparte case opgenomen. De cases zijn dus niet allemaal volledig onafhankelijk van elkaar, maar het streven naar onafhankelijkheid zou leiden tot een groot verlies aan informatie. Om het gewicht van het terreinexperiment te reduceren, werd besloten om enkel de gegevens van het winterexperiment te gebruiken. In overeenstemming hiermee werden voor de studie van Schack-Kirchner et al. (2007) enkel de resultaten van het terreinexperiment in natte condities weerhouden. Op deze manier werden 37 locaties en 100 cases bekomen.

In een volgende stap werd informatie over de meetnauwkeurigheid gestandaardiseerd tot standaarddeviaties. Aan elke locatie werd op basis van informatie over het bodemtype of de korrelgrootteverdeling enerzijds en het USDA-classificatiesysteem anderzijds een textuurklasse toegekend en vervolgens in één van de drie hoofdtextuurklassen zand (sand, loamy sand, sandy loam), leem (silt, silt loam, loam) of klei (clay, silty clay, sandy clay, sandy clay loam, clay loam, silty clay loam) onderverdeeld. Ook werd informatie over de gebruikte machines opgezocht (gewicht, aantal banden).

ii) Dataverwerking

In tegenstelling tot andere meta-analyses (Ameloot et al., 2005; Jactel & Brockerhoff, 2007) werd hier in de berekeningen niet gewerkt met het verschil tussen de meetresultaten voor en na berijden maar wel met de ratio tussen deze resultaten. De ruwe dataverwerking gebeurde in overeenstemming met Hedges et al. (1999). Voor elke case werd per diepte-interval de response ratio L berekend als de natuurlijke logaritme van de ratio van de gemiddelde bulkdensiteit na berijden (\bar{X}_N) tot de gemiddelde bulkdensiteit voor berijden (\bar{X}_V), dus $L_i = \ln \frac{(\bar{X}_N)}{(\bar{X}_V)}$ met variantie

$$v_i = \frac{(SD_N)^2}{n_N \bar{X}_N^2} + \frac{(SD_V)^2}{n_V \bar{X}_V^2} \text{ en betrouwbaarheidsinterval } L_i - z_{\alpha/2} \sqrt{v} \leq \lambda_i \leq L_i + z_{\alpha/2} \sqrt{v} \text{ (SD = standaard}$$

deviatie, n = aantal herhalingen, $z_{\alpha/2}$ = punt overeenkomstig het 95% betrouwbaarheidsinterval van de standaard normale verdeling, λ_i = werkelijke response ratio). Het bepalen van de invloed van de textuur op de verdichtingsgraad voor een bepaald diepte-interval, gebeurde door een gewogen gemiddelde response ratio L^* , bijhorende standard error $SE(L^*)$ en betrouwbaarheidsinterval voor elke textuurklasse te berekenen en te vergelijken. De gebruikte formules hiervoor zijn:

$$L^* = \frac{\sum_{i=1}^k w_i^* \cdot L_i}{\sum_{i=1}^k w_i^*} \text{ waarbij } k = \text{aantal cases binnen die textuurklasse, } w_i^* = \frac{1}{(v_i + \sigma_\lambda^2)},$$

$$\sigma_\lambda^2 = \frac{Q - (k-1)}{\sum_{i=1}^k w_i - \frac{\sum_{i=1}^k w_i^2}{\sum_{i=1}^k w_i}}, \quad w_i = \frac{1}{v_i} \text{ en } Q = \sum_{i=1}^k w_i \cdot (L_i)^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k w_i \cdot L_i)^2}{\sum_{i=1}^k w_i}$$

$$SE(L^*) = \sqrt{\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^k w_i^*}\right) \left(1 + 4 \sum_{i=1}^k \frac{1}{df_i} \left(\frac{w_i^*}{w_i}\right)^2 \frac{w_i^* \left(\left(\sum_{i=1}^k w_i^*\right) - w_i^*\right)}{\left(\sum_{i=1}^k w_i^*\right)}\right)}$$

$$\text{-betrouwbaarheidsinterval: } L^* - z_{\frac{\alpha}{2}} SE(L^*) \leq \mu_\lambda \leq L^* + z_{\frac{\alpha}{2}} SE(L^*) \text{ (}\mu_i = \text{werkelijke gemiddelde response ratio.}$$

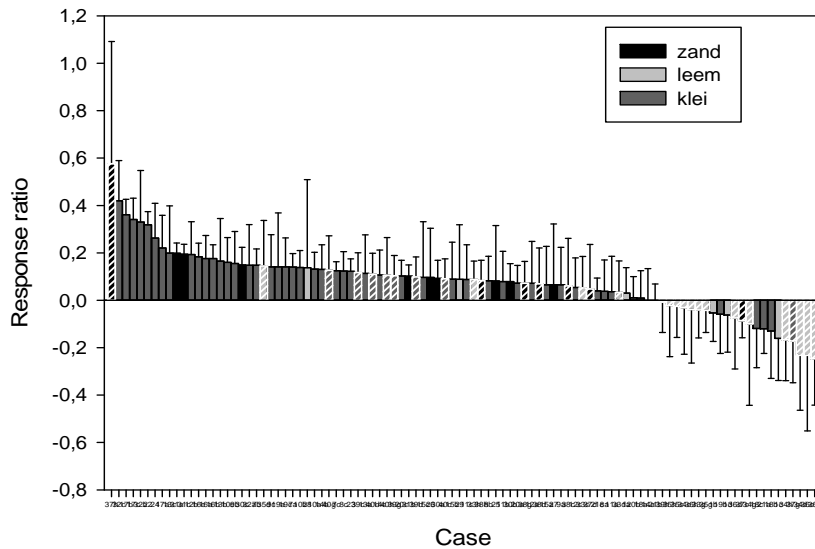
Indien de betrouwbaarheidsintervallen van 2 gemiddelde waarden niet overlappen, zijn de gemiddelden significant verschillend van elkaar (voor formules: zie Hedges et al. (1999)). Na deze ruwe verwerking werd gekeken naar de invloed van welbepaalde factoren op de verdichtingsgraad. Hiertoe werd de correlatie berekend tussen de response ratio enerzijds en de initiële bulkdensiteit, het aantal passages en het machinegewicht anderzijds.

3. Resultaten

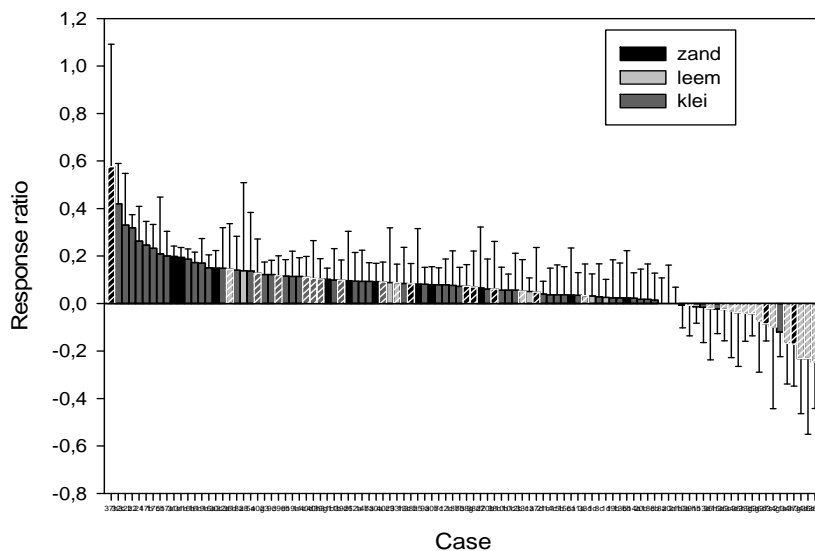
Een overzicht van de response ratio's voor diepte-interval 0-10 cm wordt gegeven in Figuur 2.2.1. Hieruit blijkt dat het grootste deel van de bestanden opgenomen in de meta-analyse zich op kleibodems bevindt. De meerderheid van de waarden is positief, met andere woorden, de dichtheid na berijden is groter dan voor berijden en er treedt dus verdichting op. Vooral klei- en zandbodems blijken gevoelig te zijn voor verdichting, aangezien het grootste aandeel van de response ratio's positief is. Leembodems vertonen daarentegen eerder negatieve waarden, wat wijst op het

ontdichten van de bodem door berijden. Hierbij moet vermeld worden dat de meeste van deze negatieve waarden voor leem afkomstig zijn van het eigen terreinexperiment.

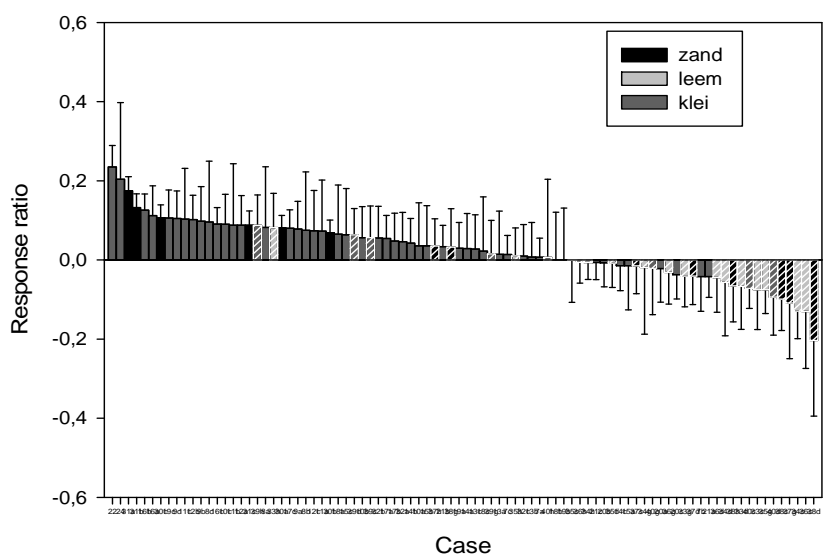
Gelijkaardige vaststellingen kunnen gedaan worden voor de diepte-intervallen 10-20 cm (Figuur 2.2.2) en 20-30 cm (Figuur 2.2.3). Echter, hoe dieper, hoe groter het aandeel negatieve response ratio's. Deze negatieve waarden zijn voornamelijk afkomstig van het eigen experiment. Eveneens geldt dat de grootte van de response ratio, vooral voor de positieve waarden, daalt met de diepte. Dit betekent dat de impact van berijden grootst is aan het oppervlak en daarna afneemt met de diepte.



Figuur 2.2.1 Response ratio's voor interval 0-10 cm: positieve waarden wijzen op verdichting (hogere bulkdensiteit na berijden), negatieve waarden op ontbinding (hogere bulkdensiteit na berijden) (gearceerd: afkomstig van het eigen terreinexperiment). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

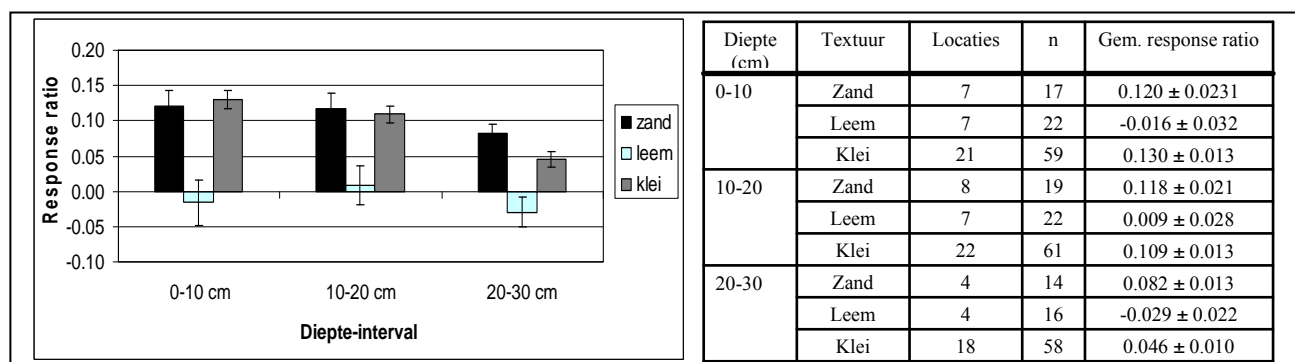


Figuur 2.2.2 Response ratio's voor interval 10-20 cm: positieve waarden wijzen op verdichting (hogere bulkdensiteit na berijden), negatieve waarden op ontbinding (hogere bulkdensiteit na berijden) (gearceerd: afkomstig van het eigen terreinexperiment). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan



Figuur 2.2.3 Response ratio's voor interval 20-30 cm: positieve waarden wijzen op verdichting (hogere bulkdensiteit na berijden), negatieve waarden op ontlichting (hogere bulkdensiteit na berijden) (gearceerd: afkomstig van het eigen terreinexperiment). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Figuur 2.2.4 geeft de gemiddelde response ratio per textuurklasse per diepte-interval. Zoals hierboven reeds vermeld, blijken klei en zand de grootste response ratio's te vertonen met waarden rond 0.12-0.13, wat betekent dat de bulkdensiteit na berijden 13 tot 14% hoger ligt dan de initiële bulkdensiteiten. De waarden zijn gelijkaardig voor klei en zand, behalve voor het interval 20-30 cm waar klei een significant lagere waarde vertoont. Het berijden van een leembodem daarentegen, blijkt eerder te resulteren in het ontlichten van de bodem, af te leiden uit de gemiddelde negatieve waarden voor het eerste en laatste diepte-interval. Ook uit deze figuur blijkt dat de respons grootst is aan het oppervlak en daalt met de diepte, toch wat klei en zand betreft. De afname blijkt bovendien sneller te verlopen voor klei dan voor zand. Bij deze vaststellingen moet opgemerkt worden dat het aantal verschillende locaties op kleibodems relatief veel hoger ligt dan op zand- en leembodems, wat meer betrouwbare resultaten oplevert. Voor de textuur leem zijn vier locaties (die samen per diepte-interval 16 cases leveren) afkomstig uit het eigen onderzoek. Gezien het totaal aantal cases voor leem die in de meta-analyse zijn opgenomen, heeft het terreinexperiment een grote impact op de gemiddelde response ratio's voor deze textuur. De drie overige leemlocaties geven echter gelijkaardige resultaten.



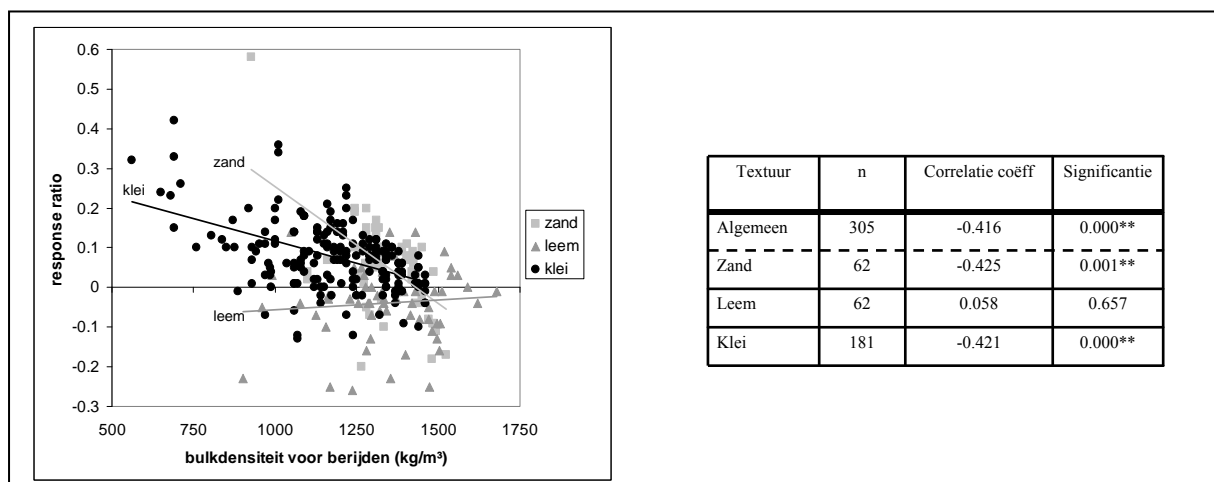
Figuur 2.2.4 Gemiddelde response ratio per textuur per diepte-interval (n = aantal cases). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Bij het vergelijken van de initiële bulkdensiteit en de bulkdensiteit na berijden blijken de punten voor klei gelijkmatig verspreid over het bereik van initiële bulkdensiteiten terwijl de initiële densiteiten voor leem en zand eerder hoog zijn. Voor klei wordt een consistente en gelijkmatige bulkdensiteitstijging over het ganse bereik van initiële bulkdensiteiten vastgesteld. Op leembodems

leidt berijden eerder tot een beperkte afname van de bulkdensiteit wat betekent dat de bodem ontlicht. Zowel voor klei als voor leem zijn de correlatiecoëfficiënten, berekend tussen de densiteiten voor en na berijden, sterk significant. Voor zand is de bulkdensiteit na berijden ook gemiddeld hoger dan voor berijden, maar wordt geen significante correlatie vastgesteld.

Het verband tussen de initiële bulkdensiteit en de response ratio wordt getoond in Figuur 2.2.5. De hoogste response ratio's worden vastgesteld voor de textuur klei, die ook de laagste initiële bulkdensiteiten vertoont. Uit de figuur blijkt dat er voor klei en zand een significant negatief verband bestaat tussen de response ratio en de initiële bulkdensiteit. De response ratio, of de mate waarin een bodem wordt verdicht, wordt met andere woorden kleiner naarmate de initiële bulkdensiteit groter is. Vanaf een bepaalde grenswaarde, met name 1709 kg/m³ voor klei en 1404 kg/m³ voor zand, blijkt de bodem te ontlichten als gevolg van berijden. Voor leemgronden blijkt deze correlatie positief te zijn, maar hier moet gewezen worden op de niet-significante correlatiecoëfficiënt.

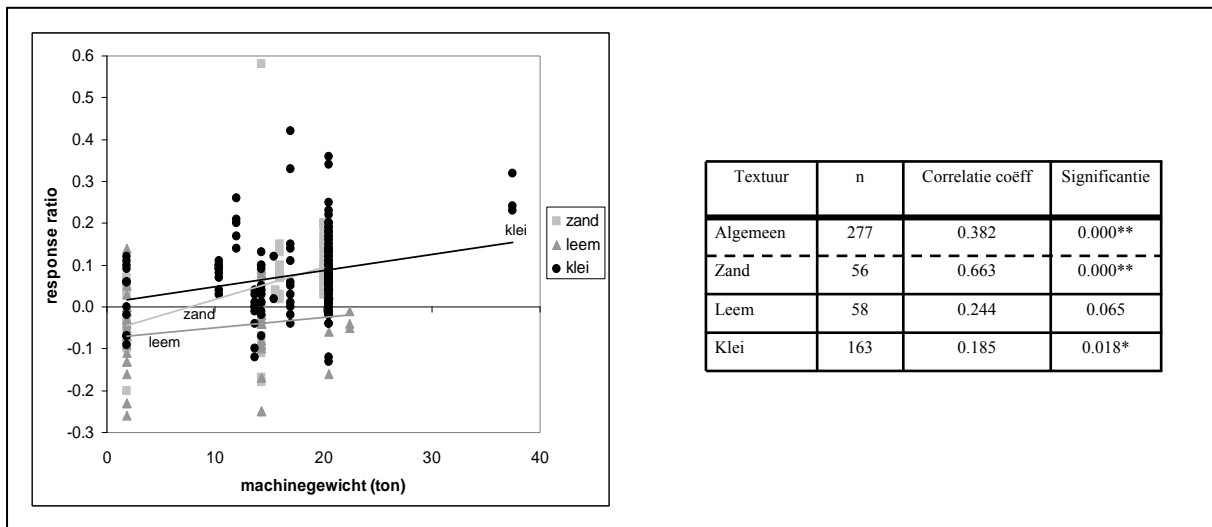
Bij het evalueren van bovenstaande correlatie moet het volgende in acht genomen worden. Eenzelfde absolute verhoging van de bulkdensiteit leidt bij een lagere initiële bulkdensiteit tot een grotere relatieve toename (dus een hogere response ratio) dan bij een hogere initiële bulkdensiteit. Bijgevolg kan het negatief verband in Figuur 2.2.5 zowel te wijten zijn aan een werkelijke kleinere impact bij hogere initiële bulkdensiteiten als aan deze kleinere relatieve bijdrage van eenzelfde impact. Om deze reden werd een evaluatie gemaakt van de correlatie tussen de initiële bulkdensiteit en de absolute densiteitstoename na berijden. Hier blijken dezelfde verbanden te bestaan als in Figuur 2.2.5. De absolute bulkdensiteitstoename, en dus de impact, neemt met andere woorden ook af als de initiële bulkdensiteit stijgt.



Figuur 2.2.5 Correlatie bulkdensiteit voor berijden en response ratio (relatieve toename) (lijnen: regressielijnen) (n = aantal cases; significantie: p-waarde ≤ 0.05: *; p-waarde ≤ 0.001 :**)

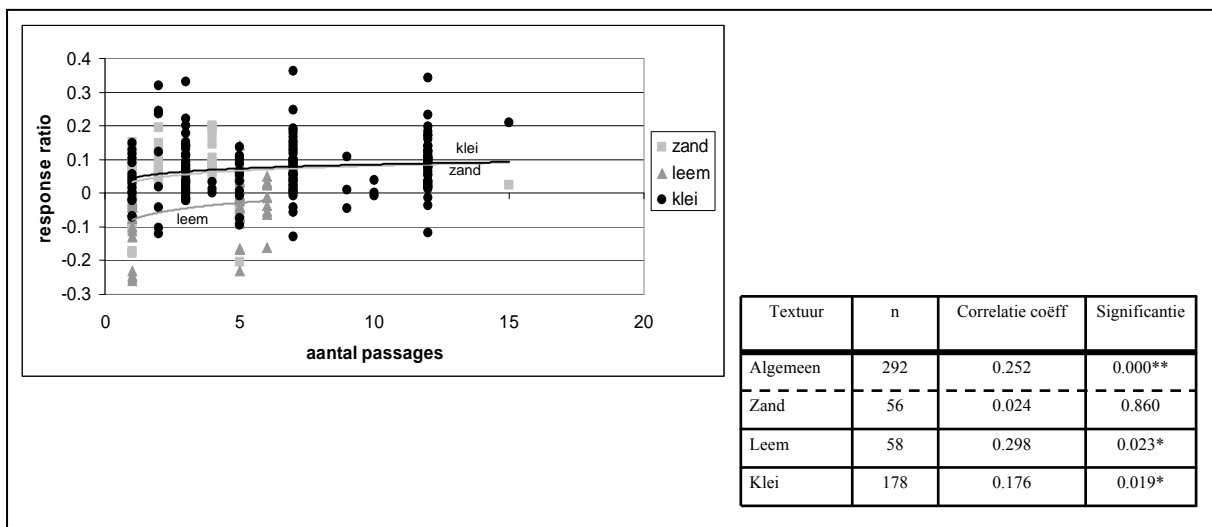
In Figuur 2.2.6 wordt het verband getoond tussen het machinegewicht en de response ratio. Voor bestanden op zandgronden en in mindere mate ook kleigronden blijkt een significant, positief verband te bestaan, wijzend op een toename van de verdichting met stijgend machinegewicht. Ook voor leem geldt een positief, maar niet-significant verband. Hierbij moet opgemerkt worden dat verschillende machines met eenzelfde gewicht een verschillend aantal banden kunnen hebben. Het gewicht per band bepaalt echter, samen met een aantal andere factoren, zoals de bandbreedte (Alakukku et al., 2003) en de bandendruk (Raper et al., 1995), de bodemcontactdruk en bijgevolg de mate waarin de bodem onder de band verdicht wordt. Om deze reden wordt ook de correlatie tussen de response ratio en het gewicht per band bekeken. Voor zandgronden blijkt een sterk significant positief verband te bestaan terwijl de correlaties voor de overige texturen niet significant

zijn. Hierbij moet opgemerkt worden dat veel machines, zo ook de zware machine uit het terreinexperiment, eenzelfde gewichtsverdeling bezitten, namelijk 4 ton/band.



Figuur 2.2.6 Correlatie machinegewicht en response ratio (lijnen: regressielijnen) (n = aantal cases; significantie: p-waarde ≤ 0.05 : *; p-waarde ≤ 0.001 :**)

Tot slot wordt de correlatie tussen het aantal passages en de response ratio bestudeerd (Figuur 2.2.7). Uit de significante positieve correlaties voor klei en leem kan geconcludeerd worden dat de verdichtingsgraad toeneemt als het aantal passages toeneemt, terwijl voor zand geen positieve correlatiecoëfficiënt wordt berekend.



Figuur 2.2.7 Correlatie aantal passages en response ratio (curves : regressiecurves) (n = aantal cases; significantie: p-waarde ≤ 0.05 : *; p-waarde ≤ 0.001 :**)

4. Discussie

Uit de meta-analyse kan afgeleid worden dat veel klei- en zandbodems (in beperkte mate) verdichting ondergaan, terwijl leembodems eerder lijken los te woelen als gevolg van berijden (Figuur 2.2.4). Verschillende onderzoeken wijzen het kleigehalte aan als een belangrijke invloedsfactor op de mate van verdichting (Smith, 2003; Gomez et al, 2002), terwijl Brais & Camiré (1998) in overeenstemming met de meta-analyse ondervonden dat de procentuele toename van de bulkdensiteit even ernstig is op een bodem met grove textuur in vergelijking met bodems met fijne tot medium textuur. Uit verdere analyse (Figuur 2.2.5) blijkt dat er zowel voor klei- als

voor zandbodems een sterk significant negatief verband bestaat tussen de initiële bulkdensiteit en de toename (absoluut en relatief). Voor leembodems liggen de waarden meer gespreid en is het verband minder duidelijk. De initiële bulkdensiteit heeft dus een belangrijke invloed op de mate waarin een bodem door berijden verdicht wordt. Het onderzoek van Powers et al. (2005) leidde tot dezelfde conclusies, waarbij op bodems met een initiële densiteit vanaf 1400 kg/m³ geen bodemverdichting meer kon worden vastgesteld. Dit blijkt eveneens de grenswaarde voor verdichting op zandbodems in het uitgevoerde terreinexperiment, waarna ontlichting optreedt. De initiële bulkdensiteiten op kleibodems waren hoofdzakelijk lager dan 1400 kg/m³ en ondervonden wel nog een beperkte verdichting. Voor een verklaring van de invloed van deze initiële bulkdensiteit wordt verwezen naar de discussie omtrent het terreinexperiment. Als gevolg van de toegenomen bodemsterkte in de bovenste bodemlaag, zouden de uitgeoefende krachten bij toenemende bulkdensiteiten bovenaan wel steeds meer naar diepere zones verplaatst worden (Shetron et al., 1988; Balbuena et al., 2002). Hierbij moet opgemerkt worden dat deze krachten, net door de werking van deze sterke, verdichte bodemlaag, sterk afgezwakt zijn, en in diepere lagen bijgevolg slechts een beperkte invloed hebben, zoals de dalende response ratio's in de meta-analyse (en ook de resultaten van het terreinexperiment) aangeven (Figuur 2.2.4).

Eenzelfde verklaring kan gegeven worden aan de correlatie tussen de respons en het aantal passages (Figuur 2.2.7). Naarmate de berijdingsintensiteit toeneemt, verdicht de bodem steeds verder. In dit opzicht kon een significante correlatie vastgesteld worden voor de texturen klei en leem. Dit betekent dat op klei- en leembodems de verdichting verder toeneemt als het aantal passages toeneemt. Ook op zandbodems bestaat een positief verband tussen de response ratio en het aantal passages maar dit verband blijkt niet significant te zijn. De vorm van de regressielijn is echter ook van belang. Zoals reeds werd vermeld, geldt, hoe groter het aantal passages, hoe groter de bodemsterkte en hoe kleiner de extra toename in bulkdensiteit. De resultaten wijzen op een gelijke trend voor klei en zand, met een langzaam afnemende respons naar hogere berijdingsintensiteiten toe. Ampoorter et al. (2007) vonden daarentegen voor zandbodems reeds een grote bulkdensiteitstoename na één passage, terwijl de extra impact vanwege de vier volgende passages eerder beperkt bleef. Voor leem stijgt de respons sneller en kan geen duidelijke afname worden vastgesteld naar een hoger aantal passages toe. Volgens Brais & Camiré (1998) wordt de halfwaardecyclus, waar de helft van de potentiële impact bereikt is, voor fijne tot gemiddelde texturen sneller bereikt dan voor grove texturen, in tegenstelling tot de resultaten van deze meta-analyse. Gezien voor leem een echte limietwaarde ontbreekt (Figuur 2.2.7), kan hier geen uitspraak gedaan worden over de ligging van de halfwaardecyclus. Algemeen geldt dat, hoe sneller de halfwaardecyclus bereikt wordt (grote impact eerste passages), hoe meer het gebruik van vaste pistes aangewezen is. Namelijk, indien er een grote impact uitgaat van de allereerste passages, moet vermeden worden dat deze verdichting zich over het hele bos verspreid als gevolg van het kriskras berijden van het bosbestand. Wanneer de invloed van de eerste passages miniem is en een grote impact zich maar manifesteert na meerdere passages, wordt het machineverkeer beter verspreid in plaats van te concentreren op vaste ruimingspistes.

De invloed van het machinegewicht (Figuur 2.2.6) werd reeds verklaard in de discussie van het terreinexperiment. Voor de correlaties tussen het aantal passages en het machinegewicht enerzijds en de response ratio anderzijds is het van belang te vermelden dat er slechts een gering aantal niveaus voor deze factoren aanwezig is, vooral voor de textuur leem.

5. Conclusie

Bovenstaande vaststellingen kunnen mogelijke verklaringen bieden voor de resultaten van het terreinexperiment. Uit dit experiment zou geconcludeerd kunnen worden dat de machines, in Vlaanderen gebruikt tijdens een gemechaniseerde houtoogst, weinig schadelijk zijn voor een

bosbodem, gezien de beperkte en vaak niet-significante verdichting die vastgesteld werd. Deze redenering wordt verder onderbouwd door de correlatie tussen het machinegewicht en de response ratio (Figuur 2.2.6), waarbij de machines, gebruikt in het terreinexperiment, eerder licht kunnen genoemd worden. Hierbij moet opgemerkt worden dat deze conclusie niet geldt wanneer de gewichtsverdeling per band beschouwd wordt.

De resultaten van zowel het GLM, toegepast op het experiment, als de meta-analyse geven echter ook aan dat de referentiewaarden een belangrijke invloed hebben op de respons. In dit opzicht moet opgemerkt worden dat in Vlaanderen, in tegenstelling tot bosbouwlanden zoals Duitsland, tot nu toe geen traditie bestaat wat betreft het gebruik van vaste ruimingspistes. Bij het uitvoeren van een gemechaniseerde houtoogst rijden machines gewoonlijk doorheen het ganse bestand. De heel beperkte tot afwezige extra verdichting na het terreinexperiment is bijgevolg eerder te wijten aan de hoge initiële bulkdensiteiten (Figuur 2.2.5), die door deze jarenlange vlaksgewijze berijding gecreëerd zijn en een grote extra verdichting verhinderen. Ook de algemene bosbodemverzuring kan hierin een belangrijke bijdrage hebben omdat dit proces een negatieve invloed heeft op de diversiteit, vitaliteit en activiteit van de bodemfauna en -flora die normaliter een grote rol spelen in het losmaken van de bodem. Indien gestreefd wordt naar herstel van deze verdichte bosbodems, zal het dus noodzakelijk zijn maatregelen te nemen, zeker wat betreft de uitvoeringswijze van exploitaties (zoals vaste ruimingspistes), zodat verdichting in de toekomst in ruimte en intensiteit beperkt wordt.

2.3 Bepaling van het herstelpotentieel van Vlaamse bosbodems

1. Doelstelling

Een snel herstel van een verdichte bosbodem is wenselijk omdat de negatieve gevolgen zullen cumuleren indien dit herstelproces een langere periode in beslag neemt dan de omlooptijd. Verschillende studies hechtten reeds belang aan het herstelpotentieel van verdichte bosbodems maar leverden sterk uiteenlopende resultaten. Het proces is afhankelijk van het bodemtype (Alban et al. 1994), de biologische activiteit (Brais & Camiré, 1998), de onderzochte bodemvariabele (Rab, 2004; Von Wilpert & Schäffer, 2006) en uiteraard de initiële verdichtingsgraad (Tiarks et al., 1997; Brais, 2001). Gezien de ecologische en experimentele omstandigheden (bodemkenmerken, type machine, aantal jaar herstel) van de bestaande studies onderling sterk verschillen, kan informatie over het herstel van Vlaamse bosbodems niet geëxtrapoleerd worden. Verzameling in situ is dus aangewezen.

Aangezien het gebruik van vaste ruimingspistes in Vlaanderen in het verleden zo goed als onbestaande was, is de exacte ligging van de bereden zones niet gekend. Visuele lokalisatie is in veel bestanden eveneens uitgesloten omdat vegetatiegroei en accumulatie van strooisel de mogelijke aanwezige insporing verbergt. Om deze reden werd geopteerd voor een proefopzet waarbij metingen worden uitgevoerd langs transecten die verspreid in het bestand liggen. Een vergelijking van de waarnemingen zal aangeven of er nog verdichte zones te onderscheiden zijn en in welke mate deze nog verschillen van de resterende oppervlakte.

2. Selecteren van bestanden

i) Methodiek

Via rondvraag bij boswachters werden bestanden gezocht waar de laatste exploitatie dateert van ongeveer 8 jaar geleden (gemiddelde omlooptijd) en waar bomen met behulp van skidder of tractor zijn uitgesleept of met een forwarder zijn uitgereden. Na terreinbezoeken in de voorgestelde bestanden werd een selectie gemaakt op basis van vergelijkbaarheid in onder meer bodemtype, jaartal van de laatste exploitatie en de gebruikte machines. Bij de selectie is dus geen rekening gehouden met de mate van insporing die nog te zien is. Dit zou een vertekend beeld geven, omdat dan enkel de initieel heel zwaar beschadigde bestanden of bestanden met een heel laag herstelpotentieel zouden worden opgenomen. Voor de bodemtexturen zand, zandleem en leem (Belgische bodemclassificatie) werden op deze manier telkens drie bestanden verkregen die allen zeven tot negen jaar geleden geëxploiteerd zijn. De textuur klei werd niet in de proefopzet opgenomen gezien rondvraag bij boswachters geen resultaat opleverde voor deze textuur.

ii) Informatie over de geselecteerde bestanden

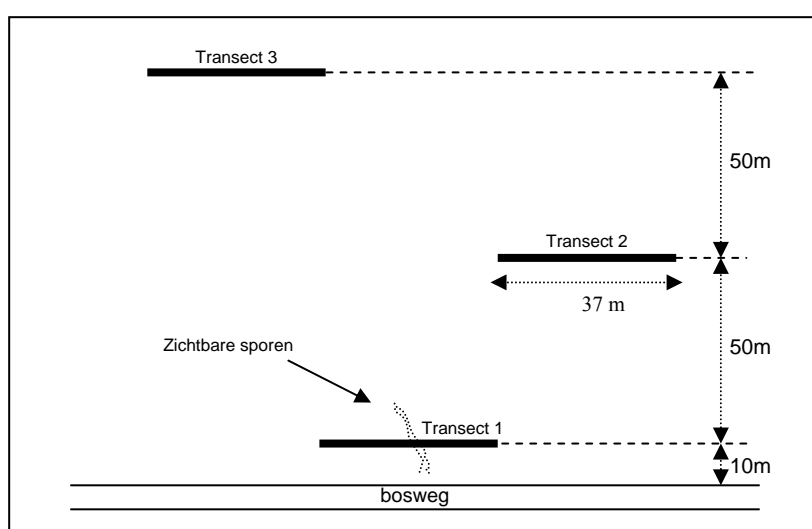
Informatie over de bestanden die geselecteerd werden, is terug te vinden in Tabel 2.3.1.

Tabel 2.3.1 Informatie over de bestanden die geselecteerd werden voor het bepalen van het herstelpotentieel van verdichte bosbodems

Locatie	Schilde	Arendonk	Lommel	Overijse	Oprakel	Liedekerke	Overijse	Oprakel	Halle
Bos	Driehoekbos	Hoge vijvers	Riebossersheide	Zoniënwood	Brakelbos	Liedekerkebos	Zoniënwood	Brakelbos	Hallerbos
Bestand	24-25-26	10-18		Ravenstein III-3	12	3c	Ravenstein II-2	10	12b
Textuur (bodemkaart)	zand	zand	zand	zandleem	zandleem	zandleem	leem	leem	leem
Oppervlakte		1.84ha		12.11ha	5.64ha	7.5ha	14.07ha	5.85ha	3ha
Hoofdboomsoort	grove den	douglas	grove/ Corsicaanse den	beuk	beuk	zomereik, es, esdoorn, populier	beuk	beuk	beuk
Dienstjaar laatste exploitatie	2000	2000	2000	2001	2001	1998-1999	2001	2001	1999
Machinetype	Harvester + forwarder	Harvester + forwarder	Harvester + forwarder	Skidder + tractor	Skidder + tractor	Skidder	Skidder + tractor	Skidder + tractor	Skidder
Bandensporen nog te zien?	ja	ja	nee	nee	ja	nee	ja	ja	ja

3. Algemene uiteenzetting verloop proefopzet en voorbereidingen

In elk bestand werden 3 transecten van 37.2m uitgezet. Aan de bestandsrand waar het meeste hout naartoe werd gesleept (info boswachter), werd gezocht naar nog zichtbare sporen. Vervolgens werd transect 1 evenwijdig aan en op 10 meter afstand van de bosweg in het bestand gelegd, zodat de teruggevonden sporen binnen het transect liggen (Figuur 2.3.1). Transect 2 werd op een afstand van 50m rechts van transect 1 en evenwijdig aan de bosweg gelegd. Transect 3 ten slotte werd nogmaals 50m verder geplaatst, links van transect 1 en evenwijdig aan de bosweg. De transecten liggen dus niet in elkaars verlengde maar verspreid. Op deze manier wordt een groter gebied bedekt, wat de kans op het kruisen van sporen vergroot. In een eerste fase werden langs elk transect metingen gedaan van de indringingsweerstand. Bij de dataverwerking van deze resultaten werd gezocht naar verdichte plaatsen langsheen deze transecten. In een tweede fase werd op deze zones en op enkele niet-verdichte zones de bodemrespiratie opgemeten met behulp van de soda-lime methode. Op dezelfde locaties werden ook vegetatieopnames gemaakt om te zien of de verdichting zich ook weerspiegelt in de vegetatie.



Figuur 2.3.1 Schematische voorstelling proefopzet herstelpotentieel

4. Dataverzameling en -verwerking

i) *Indringingsweerstand*

Zoals vermeld bij het terreinexperiment geeft de indringingsweerstand een goede indicatie van de bodemverdichting. Bijgevolg werden ook hier metingen uitgevoerd met de penetrologger. Langs elk van de drie transecten werden om de 30 cm telkens 4 metingen uitgevoerd. Met een transectlengte van 37.2m levert dit 125 meetlocaties met telkens 4 herhalingen. Per bestand werden dus 1500 metingen uitgevoerd wat voor de 9 bestanden samen een totaal oplevert van 13500 metingen. Na het opmeten van de indringingsweerstand werden de vier herhalingen per meetlocatie uitgemiddeld, waarna op gelijkaardige wijze als het microreliëf, een grafische voorstelling werd gemaakt van de data.

Uit de figuren van de indringingsweerstand kan afgeleid worden waar zich verdichte en niet-verdichte zones bevinden, alsook wat de actuele degradatietoestand van het bestand is. Op zowel de verdichte als de niet-verdichte zones zijn telkens 4 plotjes afgebakend voor een vegetatieopname. De helft ervan werd gemarkeerd en daar werd eveneens de bodemrespiratie opgemeten (zie Bijlage 2.3.1). Het betreft plotjes van 1m op 4m met de kortste zijde evenwijdig aan het transect en de

lengte loodrecht op het transect (in de vermoedelijke richting van de sporen). In deze plotjes wordt eerst de vegetatieopname uitgevoerd, en nadien de metingen van de bodemrespiratie.

Vervolgens wordt gekeken in welke mate de indringingsweerstand langsheen de transecten bepaalde grenswaarden overschrijden.

ii) Vegetatieopnames

In elk van de 8 geselecteerde plots (4 verdicht (V) + 4 niet-verdicht (NV)) werd een vegetatieopname uitgevoerd. Zowel voor plantensoorten als verjonging van bomen in de kruidlaag werd de procentuele bedekkingsgraad per soort en de totale bedekking door de kruidlaag bepaald. Eveneens werd een schatting gemaakt van de procentuele bedekking met mossen en het aandeel onbedekte grond. Tot slot werd ook de overschaduwing van het plot door boom- en struiklaag geëvalueerd. Van de verdichte plots werd, indien mogelijk, de diepte van het spoor genoteerd.



Vegetatieopname in een plotje van 1x4 m (afgebakend met rood-witte bakken), langsheen het transect waar indringingsweerstand werd opgemeten (gemarkeerd met groene paal)

De dataverwerking houdt een vergelijking in van de vegetatiesamenstelling tussen de verdichte en de niet-verdichte plots. De data werd voor elke locatie apart verwerkt omdat de verschillen in vegetatie tussen de verschillende locaties dermate groot zijn o.i.v. het bodemtype (cfr. bijvoorbeeld Brakel t.o.v. Lommel). Op die manier zouden de effecten van de verdichting volledig gemaskeerd worden.

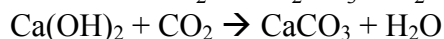
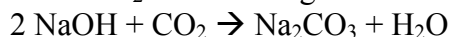
In de eerste plaats werd onderzocht of er significante verschillen zijn in het aantal voorkomende soorten en/of in bedekkingsgraad van boom-, struik-, kruid- of moslaag. Dit werd getest aan de hand van een Mann-Whitney test (niet parametrisch). Vervolgens werd gekeken of er verschillen zijn in soortensamenstelling. Dit gebeurde aan de hand van een multivariate data-analyse (ordinatie). Bij een ordinarie worden gegevens die in een multidimensionale ruimte liggen, in het tweedimensionaal vlak voorgesteld. Het is een middel om meerdere variabelen gelijktijdig te bestuderen en relaties tussen deze variabelen en de verklarende variabelen op te sporen. Het resultaat van ordinarie is een rangschikking van data in een laagdimensionale ruimte, zodanig dat gelijkende eenheden bijeen liggen en niet-gelijkende eenheden ver uit elkaar. De 2 dimensies van de voorstellingsruimte worden voorgesteld door de 2 assen, en deze zijn op die manier georiënteerd zodat ze de grootste variatie in de dataset verklaren. PCA (*principal component analysis*) is zo'n

ordinatietechniek. Aan de hand van PCA kunnen alle voorkomende soorten in een locatie gelijktijdig bestudeerd worden en eventuele relaties opgespoord worden met de factor verdichting. Door de scores op de 1^e en 2^e as van de PCA achteraf te testen op verschillen tussen verdichte en niet-verdichte plots, kan een uitspraak gedaan worden over het effect van verdichting op de vegetatiesamenstelling.

iii) Bodemrespiratie

Berijden kan een belangrijke invloed hebben op de luchtuitwisseling tussen bodem en atmosfeer. Een wijziging van de poriënverdeling en/of een daling van de poriëncontinuïteit kan ervoor zorgen dat de gassen, die in de bodem gevormd worden, moeilijker naar het vrije oppervlak kunnen bewegen. Dit kan onder meer leiden tot een accumulatie van CO₂ in de bodem (o.a. Conlin & van den Driessche, 2000) wat een negatieve invloed heeft op het bodemleven en de wortelgroei- en activiteit.

Om deze reden worden metingen uitgevoerd om de bodemrespiratie te begroten. De soda-lime methode wordt hiertoe frequent gebruikt omwille van de hoge betrouwbaarheid, de lage kost en de gebruiksvriendelijkheid. Soda-lime is een mengeling van natrium- en calciumhydroxiden die beiden reageren met CO₂ met vorming van carbonaten volgens deze reacties:



Het water dat tijdens deze reacties geproduceerd wordt, blijft tijdelijk aan het soda-lime geadsorbeerd. Bij deze soda-lime methode wordt een bepaalde bodemoppervlakte van de atmosfeer afgesloten door het omgekeerd plaatsen van een pot, de zogenaamde respiratiekamer. In deze kamer wordt een potje met ongeveer 8g vooraf gedroogde (24u, 105°C) en vervolgens afgewogen soda-lime korrels geplaatst. Het CO₂ dat uit de bodem vrij komt, wordt snel geabsorbeerd aan het soda-lime, samen met waterdamp. Na 24u absorptie wordt de pot verwijderd, wordt het schaalpje met soda-lime afgesloten en getransporteerd naar het labo, worden de korrels gedurende 24u bij 105°C gedroogd om het water te evaporeren, en tot slot opnieuw gewogen. De gewichtstoename die wordt vastgesteld is toe te wijzen aan de binding van CO₂.

Op elk van de vier plotjes per bestand (2 op de verdichte en 2 op de niet-verdichte zones) worden zes kamers geplaatst als herhalingen, alsook 1 blanco. Niet enkel tijdens de incubatie van de soda-lime, maar ook bijvoorbeeld bij het wegen van de korrels, het plaatsen en wegnemen van de kamers wordt CO₂ gebonden. Aangezien dit niet afkomstig is van de bodem, geeft dit een verkeerd beeld van de bodemrespiratie en moet hiervoor gecorrigeerd worden. Met behulp van een blankometing kan de hoeveelheid CO₂ die niet tijdens de incubatieperiode gebonden is, bepaald worden. Voor de blankometing wordt het deksel van een respiratiekamer omgekeerd op het bodemoppervlak gelegd. Hierop wordt het potje soda-lime geplaatst waarna de kamer op het deksel wordt vastgeklit zodat het geheel luchtdicht is afgesloten. Mossen en planten die in de overige respiratiekamers ingesloten worden, produceren eveneens CO₂ en oefenen dus een belangrijke invloed op de meetresultaten uit. Een verschil in begroeiing tussen de kamers zou bijgevolg kunnen leiden tot een grote variabiliteit tussen de meetresultaten. Om deze reden wordt alle vegetatie voor het plaatsen van de respiratiekamers verwijderd. Ook de strooisellaag wordt verwijderd. Deze laag is enerzijds opnieuw een bron van variatie en anderzijds een hindernis bij het plaatsen van de respiratiekamers aangezien deze een luchtdicht contact moeten hebben met de bodem.

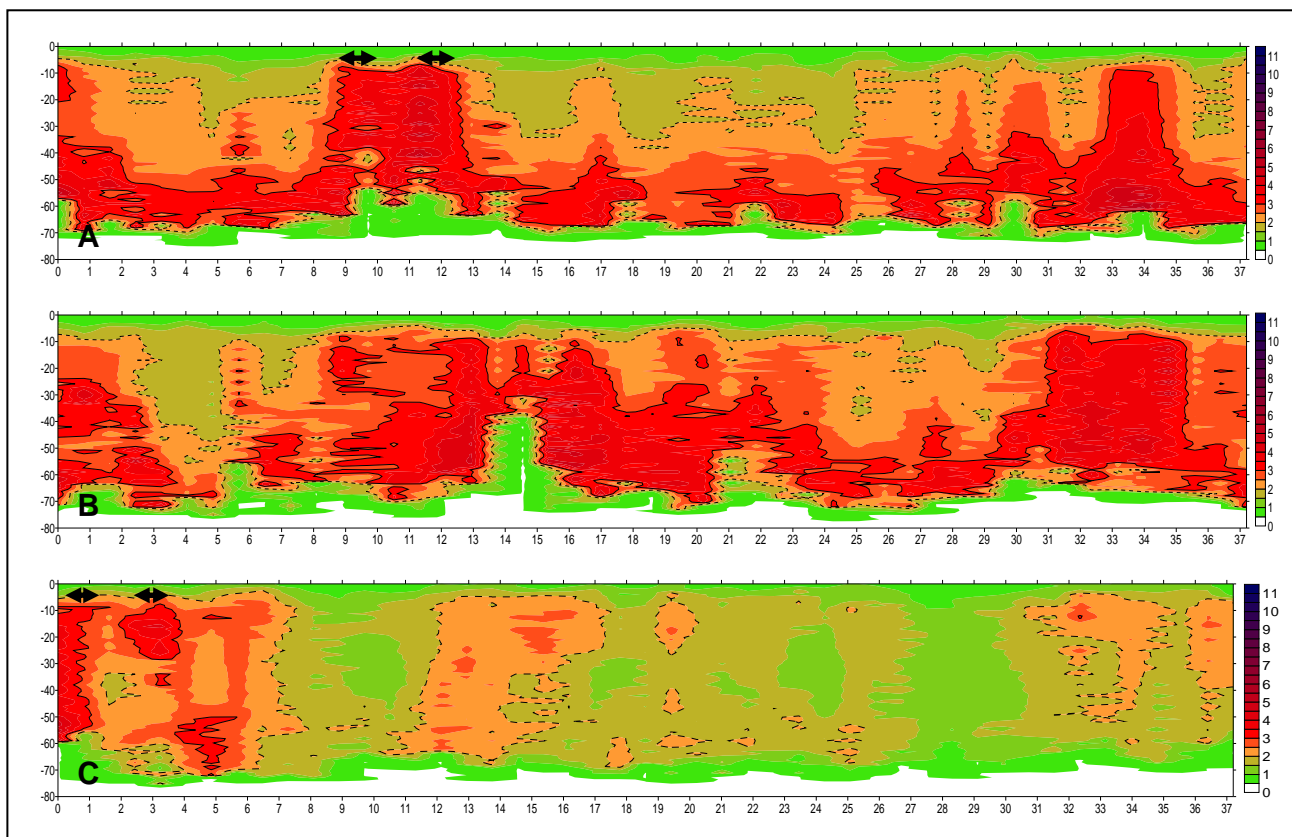
De data-analyse houdt een vergelijking in van de bodemrespiratie tussen de verdichte en niet-verdichte zones. Dit kan voor elk bestand aan de hand van een ANOVA of MANOVA gebeuren. De resultaten voor deze variabele zullen ook verwerkt worden met een GLM.

5. Resultaten

i) Indringingsweerstand

Figuur 2.3.2 geeft een overzicht van de indringingsweerstandens langsheen transect 1 voor telkens 1 bestand per textuur. Hieruit blijkt dat sommige sporen 8 jaar na exploitatie nog steeds visueel terug te vinden zijn. Bovendien weerspiegelen deze sporen zich in de verhoogde indringingsweerstandens. Met andere woorden, 8 jaar na exploitatie is in de sporen nog steeds geen volledig herstel opgetreden. Uit het transect van Ravenstein II op zandleem blijkt dat dit bestand over het hele transect hogere indringingsweerstandens vertoont hoewel duidelijke sporen niet meer te vinden zijn.

In Bijlage 2.3.1 wordt een overzicht gegeven van de indringingsweerstandens per bestand en per transect, alsook waar de locatie van de plots voor de vegetatieopnames en de bodemrespiratiemetingen gelegen zijn. In het grootste deel van de bestanden is de indringingsweerstand het grootst langsheen het eerste transect en daalt de verdichtingsgraad naar het derde transect toe. Dit transect is het verst van de bosweg, waarlangs het hout werd afgevoerd, gelegen. Ook de nog zichtbare sporen zijn vooral op dit eerste transect gelegen. De bestanden te Lommel en Ravenstein II en III vertonen uitzonderlijk hoge indringingsweerstandens. Deze laatste twee bestanden zijn gelegen in het Zoniënwoud dat zo goed als over gans de oppervlakte de problematiek van bodemverdichting kent. Dit is het gevolg van jarenlange ongecontroleerde berijding met zware machines, het gewicht van de zware beuken met een voornamelijk horizontaal georiënteerd wortelgestel en de verzuring van de bodem waardoor bodemstructuurverbeterende bodemfauna zo goed als afwezig is. Binnen eenzelfde textuur is er een relatief grote variatie tussen de bestanden aanwezig wat betreft de grootte van de indringingsweerstandens.



Figuur 2.3.2 Indringingsweerstand (kleurenschaal, stippellijn: isolijn voor 2 MPa, volle lijn: isolijn voor 3 MPa) in functie van de diepte (Y-as) langsheen transect 1 (X-as) (A: Schilde, textuur zand; B: Ravenstein III, textuur zandleem; C: Brakel 10, textuur leem). De zwarte pijlen geven de locatie aan van de nog zichtbare sporen.

Per transect kan bepaald worden in welke mate de algemeen aangenomen grenzen voor het vertragen en stopzetten van de wortelgroei overschreden worden. Hiertoe wordt berekend welk percentage van de opgemeten indringingsweerstand op de dieptes 5, 15 en 25 cm hoger zijn dan 2 en 3 MPa. Deze gegevens worden samengevat in Tabel 2.3.2. Hieruit blijkt dat in zo goed als alle bestanden de grenzen voor vertraagde wortelgroei langsheen een groot deel van het eerste transect overschreden zijn. De procentuele waarden zijn iets kleiner naar het derde transect toe, maar blijven toch relatief hoog in sommige bestanden, zoals Lommel en Ravenstein. Het aantal meetresultaten groter dan 3 MPa is kleiner en daalt eveneens naar het derde transect toe, behalve voor de bestanden Lommel en Ravenstein waar de procentuele overschrijdingen heel hoog zijn. De overschrijding van de grenswaarden voor wortelgroei heeft tot gevolg dat heel wat planten het moeilijker hebben om hun wortelgroei verder te zetten waardoor ze in nood geraken voor onder meer water en nutriënten. Als gevolg hiervan vertonen planten een kleinere bovengrondse groei en kunnen ze in het slechtste geval afsterven. Vaak worden deze groeiplaatsen dan ingenomen door tredvegetatie, met name planten die een sterker wortelgestel bezitten dat ook in verdichte bodems nog kan verder groeien, en worden de oorspronkelijke typische bosplanten weggeconcurrerd. De vlaksgewijze verdichting die in veel bestanden terug te vinden is, is, zoals reeds vermeld, te wijten aan ongecontroleerd verkeer in het verleden, de bodemverzuring en het gebrek aan voldoende natuurlijke remediatie (bodemfauna, krimp/zwel, bevroren/ontdooien).

Tabel 2.3.2 Procentuele overschrijding van grenswaarden 2MPa (vertraagde groei) en 3 MPa (groeistop) per transect per diepte (algemeen aantal meetpunten per transect: 125)

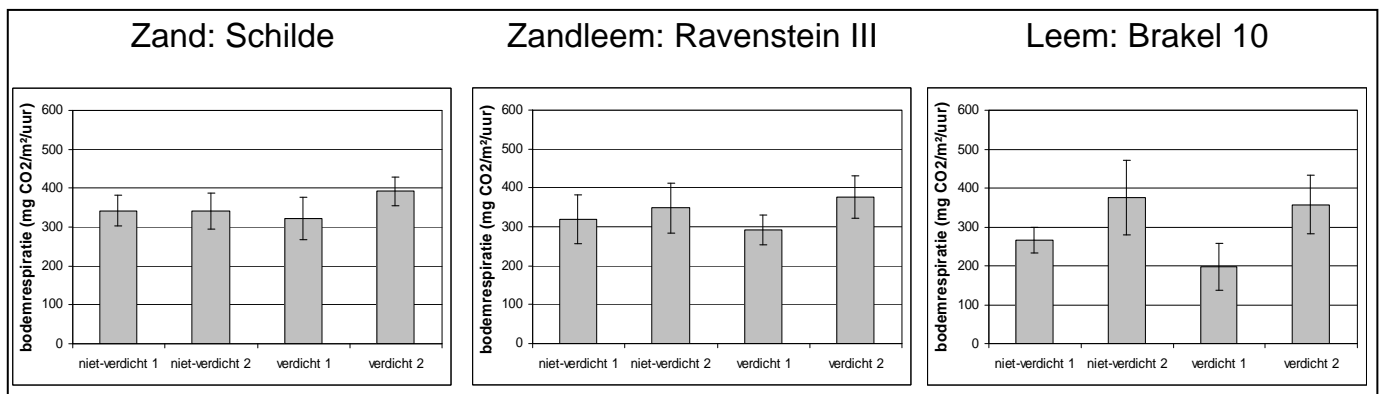
Textuur	Locatie	Diepte (cm)	Transect 1		Transect 2		Transect 3	
			≥ 2MPa	≥ 3MPa	≥ 2MPa	≥ 3MPa	≥ 2MPa	≥ 3MPa
Zand	Schilde	5	13	2	8	2	2	0
		15	63	18	22	6	14	2
		25	74	20	19	2	10	0
	Arendonk	5	54	10	14	0	3	0
		15	86	19	31	6	10	0
		25	86	23	62	14	25	0
	Lommel	5	29	4	28	5	58	21
		15	72	19	74	25	91	70
		25	82	28	78	26	94	77
Zandleem	Brakel 12	5	14	2	13	0	8	0
		15	48	15	46	12	57	2
		25	44	14	47	13	57	5
	Liedekerke	5	2	1	0	0	1	0
		15	31	2	12	0	11	0
		25	42	4	25	3	18	0
	Ravenstein III	5	21	3	30	2	40	9
		15	78	32	81	41	84	45
		25	81	38	91	46	85	48
Leem	Brakel 10	5	26	1	2	0	12	0
		15	50	10	11	0	36	2
		25	46	8	24	1	35	1
	Halle	5	7	1	17	0	2	0
		15	33	9	33	2	7	0
		25	39	12	38	2	14	0
	Ravenstein II	5	38	6	37	4	64	15
		15	98	54	85	42	91	45
		25	97	56	87	44	93	47

ii) Bodemrespiratie

Uit de CO₂-metingen na het terreinexperiment bleek dat de concentratie in de sporen hoger was dan naast en tussen de sporen, als gevolg van een daling van de permeabiliteit van de bodem. Een

slechtere bodemverluchting zorgt ervoor dat de CO₂ niet naar de atmosfeer verdwijnt maar zich opstapelt in de bodem. Uit deze conclusie kan ook afgeleid worden dat de CO₂-hoeveelheid die gevangen wordt door de soda-lime korrels in de respiratiekamers lager zou moeten zijn in de sporen in vergelijking met de niet-verdichte zones.

Per bestand zijn er op 2 verdichte en 2 niet-verdichte zones plotjes van 1 op 4 m dwars op het transect uitgezet. Op deze zones zijn vervolgens bodemrespiratiemetingen uitgevoerd aan de hand van de soda-lime methode. De resultaten van 3 bestanden zijn te zien in Figuur 2.3.3, de overige resultaten zijn voorgesteld in Bijlage 2.3.2. Uit deze figuren kan afgeleid worden dat er geen duidelijk verschil is in bodemrespiratie tussen de verdichte en niet-verdichte zones. Ook tussen de verschillende texturen kan geen onderscheid gemaakt worden op basis van de intensiteit van de bodemrespiratie.



Figuur 2.3.3 Bodemrespiratie op verdichte en niet-verdichte zones op drie verschillende texturen. De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Met behulp van de resultaten van de bodemrespiratiemetingen kan opnieuw een General Linear Model uitgevoerd worden. In dit model zijn ‘behandeling’ (verdicht, niet-verdicht) en ‘textuur’ (zand, zandleem, leem) ingevoerd als vaste factoren en ‘bestand’ (1^{ste}, 2^{de}, 3^{de} bestand per textuur) en ‘herhaling’ (plot 1 en 2) als random factoren. ‘Bestand’ is hierbij genest binnen ‘textuur’, terwijl ‘herhaling’ genest is binnen ‘behandeling’. De resultaten zijn samengevat in Tabel 2.3.3. Hierin wordt bevestigd dat er geen effect uitgaat vanwege de behandeling of de textuur. Binnen eenzelfde textuurgroep blijken de verschillende bestanden wel significant verschillend te zijn van elkaar wat betreft de bodemrespiratie. Ook tussen de twee herhalingen van een behandeling (verdicht of niet-verdicht) kunnen grote verschillen optreden.

Tabel 2.3.3 Resultaten General Linear Model voor de bodemrespiratie: invloed van factoren (hoofdeffecten en interacties) wordt aangegeven door de p-waarden (*: $p \leq 0.05$, **: $p \leq 0.001$)

Term	p-waarde	Term	p-waarde
Behandeling	0.192	Herhaling(behandeling)	0.049*
Textuur	0.662	Behandeling*Textuur	0.934
Bestand(textuur)	0.000**		

iii) Vegetatieopnames

In Tabel 2.3.4 staan de resultaten per locatie weergegeven van de statistische test (Mann-Whitney) die uitgevoerd werd om eventuele verschillen in enerzijds soortenaantal en anderzijds bedekkingsgraden op te speuren tussen de verdichte en de niet-verdichte plots. Uit de resultaten blijkt dat er voor geen enkele locatie significante verschillen bestaan tussen soortenaantal en bedekkingsgraad in relatie tot de factor verdichting (p is overall > 0.05).

Tabel 2.3.4 Overzicht van de resultaten (p-waarden; Mann-Whitney test) ter vergelijking van het aantal soorten en de bedekkingsgraad van boom-, struik-, kruid- en moslaag tussen de verdichte en de niet-verdichte plots

Bestand	Textuur	n	Aantal soorten	Boomlaag	Struiklaag	Kruidlaag	Moslaag
Brakel 10	leem	8	0.770	1.000	1.000	0.633	0.570
Halle	leem	8	1.000	1.000	0.481	0.657	0.422
Zoniën II	leem	6	0.468	0.134	1.000	0.201	0.065
Brakel 12	zandleem	8	1.000	1.000	1.000	0.973	1.000
Liedekerke	zandleem	8	0.145	1.000	0.592	0.316	0.422
Zoniën III	zandleem	8	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Schilde	zand	8	0.514	0.254	1.000	1.000	0.488
Arendonk	zand	8	0.664	0.431	1.000	0.798	0.829
Lommel	zand	8	0.721	0.575	1.000	0.434	0.434

Tabel 2.3.5 geeft een overzicht van de resultaten van de multivariate analyse (PCA), ter vergelijking van de soortensamenstelling, per locatie.

Enerzijds wordt het percentage van de variantie die verklaard wordt op de 1^e en 2^e as weergegeven. Hierbij is te zien dat de 1^e as meestal het overgrote deel van de variantie verklaart. Het is dus belangrijk te kijken hoe de data georiënteerd ligt t.o.v. de 1^e as (x-as). In de meeste gevallen verklaart de 2^e as (y-as) veel minder van de totale variantie. Alleen in Lommel en Liedekerke wordt ongeveer evenveel van de totale variantie verklaard op de 1^e en 2^e as.

Daarnaast werden de scores van de plotjes op de respectievelijke assen getest op eventuele verschillen tussen verdichte en niet-verdichte zones, om op die manier een uitspraak te kunnen doen over het effect van verdichting op de vegetatiesamenstelling. Ook hier werd een Mann-Whitney test (niet-parametrisch) angewend. De resultaten daarvan (p-waarden) geven aan dat enkel in Schilde een (marginaal) significant verschil bestaat in soortensamenstelling tussen de verdichte en niet-verdichte plots ($p \approx 0.05$). Voor de scores op de 2^e as is er een significant verschil in bestand 'Brakel 12', maar aangezien de 2^e as er slechts 19.2 % van de variantie verklaart, is dit resultaat te verwaarlozen. De resultaten van de multivariate analyse geven aan dat de verdichting in het onderzochte bestand in Schilde een zekere invloed heeft op de samenstelling van de vegetatie, m.a.w. er komen andere plantensoorten voor in de verdichte dan in de niet-verdichte zones. In alle andere onderzochte locaties kan dat effect van verdichting op de vegetatie echter niet worden waargenomen.

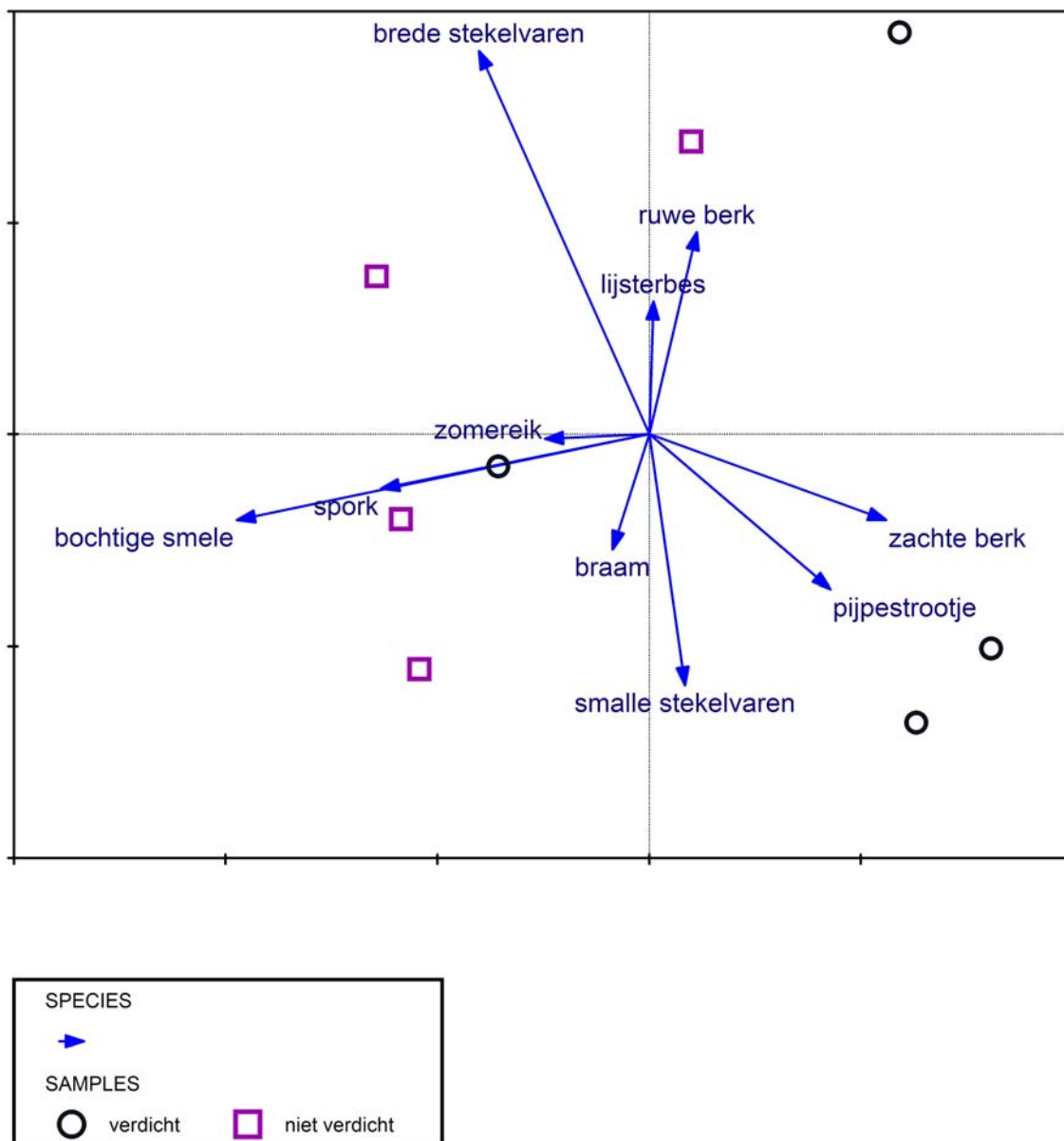
Tabel 2.3.5 Overzicht van de resultaten van de PCA, ter vergelijking van de soortensamenstelling tussen verdichte en niet-verdichte plots: % verklaarde variantie op 1^e & 2^e as en p-waarden (Mann-Whitney test) van de scores op de 1^e & 2^e as

Bestand	Textuur	n	Variantie 1e as (%)	Variantie 2e as (%)	Scores 1e as (p-waarde)	Scores 2e as (p-waarde)
Brakel 10	leem	8	71.7	18.3	0.887	0.487
Halle	leem	8	60.3	21.4	0.487	0.114
Zoniën II	leem	6	60.6	23.0	0.270	0.533
Brakel 12	zandleem	8	60.5	19.2	0.887	0.031 *
Liedekerke	zandleem	8	30.7	27.8	0.487	0.687
Zoniën III	zandleem	8	70.7	24.1	1.000	1.000
Schilde	zand	8	52.0	25.9	0.058 *	0.887
Arendonk	zand	8	59.8	32.2	0.114	0.687
Lommel	zand	8	42.7	37.3	0.687	0.487

Wanneer het resultaat van Schilde grafisch voorgesteld wordt in een PCA (Figuur 2.3.4) dan is inderdaad te zien dat er een zekere differentiatie bestaat tussen de verdichte en de niet-verdichte plots: het merendeel van de verdichte plots bevindt zich in de rechterhelft van de figuur, terwijl de

niet-verdichte plots voornamelijk in de linkerhelft liggen. De soorten die met deze differentiatie gepaard gaan (soorten met een vector georiënteerd volgens de 1^e as (x-as)) zijn: bochtige smele, zachte berk, pijpestrootje en spork. Bochtige smele en spork zijn de soorten die de niet-verdichte zones typeren, zachte berk en pijpestrootje zijn de soorten van de verdichte zones. Lijsterbes, smalle & brede stekelvaren, ruwe berk en braam zijn soorten die ongevoelig blijken te zijn voor de verdichting.

De boomsoorten die voorkomen in de analyse betreft steeds verjonging die deel uitmaakte van de kruidlaag.



Figuur 2.3.4 Grafische voorstelling van de PCA van de soortensamenstelling in Schilde

De grafische voorstellingen van de PCA's van de andere locaties worden weergegeven in Bijlage 2.3.3.

6. Discussie

Uit de resultaten van de indringingsweerstand langsheen de transecten blijkt dat heel wat bestanden bijna vlaksgewijs sporen van berijding uit het verleden vertonen. Verhoogde indringingsweerstand worden vooral vastgesteld dicht bij de (vermoedelijke) ruimingsweg terwijl de waarden lager zijn in diepere delen van het bestand. Dit is logisch te verklaren. Bij een exploitatie wordt al het hout van diep in het bestand naar dezelfde weg(en) gebracht. Om hout van diep in het bestand te halen moet de machine zowiezo telkens ook het eerste stuk, dus dicht bij de weg, berijden. Diepere delen worden dus veel minder beïnvloed dan de zones rond de wegen zelf. Dit leidt tot hogere verdichtingsgraden. Bovendien ondergaat de zone langsheen de ruimingsweg, meestal gebruikt door wandelaars of ook wel wagens, ongetwijfeld ook af en toe betreding.

In sommige bestanden op zand- of leembodems zijn de sporen van de laatste exploitatie nog steeds zichtbaar op het terrein en dit weerspiegelt zich ook in de verhoogde indringingsweerstand. Dit betekent bijgevolg dat volledig bodemherstel hier niet optreedt binnen één omlooptijd en dat de gevolgen zich bij een volgende berijding zullen cumuleren. Op leembodems kan het onvolledig bodemherstel te wijten zijn aan de hoge kwetsbaarheid die algemeen wordt aangenomen voor dit bodemtype. Het berijden van een dergelijke bosbodem met zware machines leidt tot zware verdichtingsgraden, die, ondanks het normaliter rijk bodemleven, niet opgeheven kunnen worden vooraleer een nieuwe berijding plaatsvindt. Op zandbodems wordt algemeen aangenomen dat de verdichtingsgraden heel wat beperkter zijn dan op leembodems maar de herstelmechanismen (biotiek, bevriezen van bodemwater, zwelproces kleipartikels) zijn op deze bodemtextuur zo goed als onbestaande. Om deze reden neemt herstel ook op deze textuur een hele tijd in beslag. De zandleembodems in dit onderzoek vertonen daarentegen geen sporen meer van de voorgaande exploitatie. De kwetsbaarheid van deze textuur ligt lager dan bij leembodems en indien al schade optreedt, zorgen de herstelmechanismen voor een relatief snel herstel. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat er geen duidelijk verschil is tussen de verschillende texturen wat betreft de grootte van de indringingsweerstand. De bestanden hebben ongeveer hetzelfde bereik van waarden, behalve enkele uitzonderingen zoals Ravenstein II en III.

De verschillen die opgemerkt worden in de indringingsweerstand weerspiegelen zich niet in de opgemeten bodemrespiratie. Uit de resultaten van de CO₂-metingen van het terreinexperiment bleek dat de concentratie hoger was in de bodem als gevolg van een afgenomen luchtuitwisseling met de atmosfeer. Voortbouwend op deze conclusie zou verwacht kunnen worden dat de hoeveelheid CO₂, die gecapteerd wordt met de soda-lime korrels, kleiner is in de verdichte zones in vergelijking met de niet-verdichte zones. De resultaten geven echter geen duidelijk verschil aan tussen deze beide behandelingen. De waarden liggen voor beide behandelingen telkens ongeveer binnen hetzelfde bereik. Bovendien is de variatie binnen elke behandeling relatief groot.

Voor het ontbreken van verschillen wat betreft bodemrespiratie tussen de verdichte en niet-verdichte plots kunnen twee redenen worden aangegeven. Enerzijds is het daadwerkelijk mogelijk dat er geen verschillen meer zijn in respiratie tussen de zones in en naast de sporen, 8 jaar na exploitatie. Dit zou betekenen dat deze variabele, ofwel nooit een invloed heeft ondergaan van berijden, ofwel na 8 jaar volledig hersteld is. Anderzijds kan het ontbreken van duidelijke verschillen gelegen zijn aan de methodiek zelf. Om ervoor te zorgen dat de plotjes vergelijkbaar zijn, werden de kruid- en strooisellaag vooraf verwijderd tot op de minerale bodemlaag. Dit zorgt echter voor een (beperkte) verstoring van de bodem, onder meer van de poriënstructuur in het bovenste minerale bodemlaagje. Deze verstoring kan zowel rechtstreeks een invloed hebben op de bodemrespiratie als onrechtstreeks via het verstoren van de bodemverluchting als gevolg van het afsluiten van de poriën. Deze zaken kunnen zorgen voor een grote variatie tussen de plotjes zodat verschillen tussen verdichte en niet-verdichte zones onduidelijk zijn. Om na te gaan of de methodiek aan de basis ligt van het ontbreken van verschillen tussen verdichte en niet-verdichte

zones, werd een kleine test uitgevoerd. Zowel op een verdichte zone als een niet-verdichte zone werd over de helft van de oppervlakte de strooisellaag intact gehouden en over de andere helft verwijderd, zoals in de proefopzet van het herstelpotentieel. Vervolgens werd op de 4 subplots de bodemrespiratie bepaald aan de hand van de soda-lime methode. De verdichte en onverdichte zone zonder strooisel vertoonden telkens lagere bodemrespiratiewaarden dan de zones waar de strooisellaag intact bleef. De afgenomen bodemrespiratie is te verklaren door het wegvallen van de respiratie vanwege het strooisel. Wanneer de zones zonder strooisel vergeleken worden, blijkt dat de verdichte zone een lagere bodemrespiratiegraad vertoont dan de niet-verdichte zone, zoals ook verwacht werd.

Op basis van deze kleine test zou dus besloten kunnen worden dat er geen problemen uitgaan vanwege de methodiek. De resultaten voldoen namelijk aan de verwachtingen, dit in tegenstelling tot de metingen voor het herstelpotentieel, waar dezelfde methodiek werd toegepast. Uit deze resultaten moet besloten worden dat er in de bestanden van het herstelpotentieel geen duidelijke verschillen in bodemrespiratie (meer) te zien zijn tussen de verdichte en niet-verdichte zones. De verklaring, dat 8 jaar na exploitatie misschien geen verschil meer bestaat in bodemrespiratie tussen bereden en onbereden zones, lijkt hier dus beter van toepassing.

Ondanks dat duidelijk verhoogde indringingsweerstand in bepaalde zones aangeven dat 8 jaar na exploitatie nog steeds sporen van verdichting gemeten kunnen worden, wordt dit niet weerspiegeld in de vegetatiesamenstelling. Zowel voor het aantal soorten als voor de bedekkingsgraad van de boom-, struik, kruid en moslaag konden geen verschillen opgespeurd worden tussen de verdichte en de niet-verdichte plots. Enkel in het onderzochte bestand in het Driehoekbos in Schilde, kon een verschillende soortensamenstelling in de verdichte t.o.v. de niet-verdichte plots vastgesteld worden. Daar bleken pijpestrootje en zachte berk de soorten te zijn die de verdichte zones typeren. Dit zou verklaard kunnen worden omdat dit soorten zijn die typisch voorkomen op plaatsen met een wisselende grondwatertafel. In de andere locaties kon geen enkel verschil in soortensamenstelling opgespeurd worden. Aangezien we niet weten in welke mate de vegetatiesamenstelling in de onderzochte bestanden vlak na exploitatie gewijzigd was, is het moeilijk om een uitspraak te doen waarom er in Schilde wél een verschil is en in de andere bestanden niet. Dit zou kunnen te wijten zijn aan het tragere herstel van de bosbodem na exploitatie in Schilde. Maar evengoed was er oorspronkelijk (vlak na exploitatie) geen sprake van een verschuiving in de soortensamenstelling in de andere bestanden, waardoor deze resultaten dus weinig zeggen over herstelpotentieel. Net zoals het geval is bij de resultaten van de bodemrespiratie, geven de resultaten van de vegetatieopnames aan dat de soortensamenstelling ofwel nooit een invloed heeft ondergaan van berijden, ofwel na 8 jaar volledig hersteld is in de onderzochte bestanden, behalve in Schilde.

In ieder geval was er tijdens het maken van de vegetatieopnames op terrein geen verschil te bemerken tussen de verdichte en de niet-verdichte plots. De resultaten van de dataverwerking bevestigen deze terreinervaring dus.

7. Conclusie

Uit dit onderzoek blijkt duidelijk dat 8 jaar na exploitatie de gevolgen van berijden nog steeds opspoorbaar of zelfs zichtbaar zijn. Het ongecontroleerd berijden in het verleden resulteerde, wellicht samen met het proces van bodemverzuring, in een vlaksgewijze en traag herstellende verdichting die nu nog steeds zichtbaar is in bepaalde bestanden. Over grote oppervlakten worden de limieten voor wortelgroei overschreden waardoor de vitaliteit en productiviteit geremd wordt. De impact op de vegetatie in de onderzochte bestanden is echter zeer beperkt. Het is toch noodzakelijk te vermijden dat deze verdichting zich ook in de toekomst verder zet en/of in de bestanden verder uitbreiding neemt. Een oplossing hiervoor wordt opnieuw

gevonden in het systeem van vaste ruimingspistes. Hierbij wordt slechts een beperkte oppervlakte negatief beïnvloed en wordt de resterende oppervlakte gevrijwaard van berijden zodat langzaam herstel kan optreden.

2.4 Bepaling van de huidige degradatietoestand van Vlaamse bosbodems

1. Inleiding en doelstelling

Het systeem van vaste ruimingspistes doet nu in de Vlaamse bossen stilaan zijn intrede. In het verleden werden echter geen restricties opgelegd aan het machineverkeer en dit is nog steeds het geval in een aantal bosbestanden. Het is veel makkelijker en minder arbeids- en tijdsintensief om met de machine tot bij de gevelde boom te rijden in plaats van de kabel over lange afstand uit te trekken om de boom tot op de piste bij te trekken. Indien het machineverkeer niet op vaste pistes gehouden wordt, ondergaat bijgevolg een groot aandeel van de bestandsoppervlakte berijding. Terwijl de bereiden oppervlakte bij gebruik van vaste ruimingspistes beperkt wordt tot ongeveer 25 à 30 procent, loopt dit zonder restricties snel op tot 70 à 80 procent.

Niet enkel de echte exploitatiemachines (harvesters, forwarders, skidders) zijn verantwoordelijk voor deze vlaksgewijze berijding en de hiermee gepaard gaande schade. Bij het opruimen van het kroonhout worden normaal gezien geen zware machines ingezet maar eerder kleine landbouwtractoren, jeeps en quads met aanhangwagentje. De bodemdruk vanwege deze voertuigen mag echter niet onderschat worden omdat het gewicht meestal verdeeld is over heel smalle bandjes die ook duidelijke spoorvorming en verdichting tot gevolg kunnen hebben. Andere bestandsvoorbereidingen, zoals frezen en machinaal planten, hebben vanzelfsprekend ook een grote invloed.

Zonder restricties wordt bij opeenvolgende exploitaties een groot deel van de oppervlakte dubbel bereiden. Uit vorig hoofdstuk bleek dat de huidige omlooptijd voor de meeste bosbodems te kort is om volledig herstel van bodemverdichting mogelijk te maken vooraleer de volgende exploitatie plaatsvindt. De gevolgen zullen zich dus accumuleren. Activiteiten uit het verleden en het heden hebben bijgevolg ongetwijfeld hun sporen nagelaten in de huidige toestand van de bosbodem.

In dit onderdeel worden voor een groot aantal bosbestanden de referentiewaarden voor bulkdensiteit en de indringingsweerstand onderzocht. Deze referentiewaarden zijn verkregen door semi-random metingen uit te voeren in de bestanden, 'random' omdat ze willekeurig verspreid genomen zijn, 'semi' omdat zichtbare sporen hierbij vermeden werden. Vervolgens worden deze waarden vergeleken met richtwaarden in de literatuur voor de onderzochte texturen en grenswaarden voor wortelgroei. Tot slot wordt bekeken of de bestanden van het terreinexperiment representatief zijn voor de Vlaamse bossen, wat betreft initiële bulkdensiteit en indringingsweerstand.

2. Algemene toestand in Vlaanderen

i) Bulkdensiteit

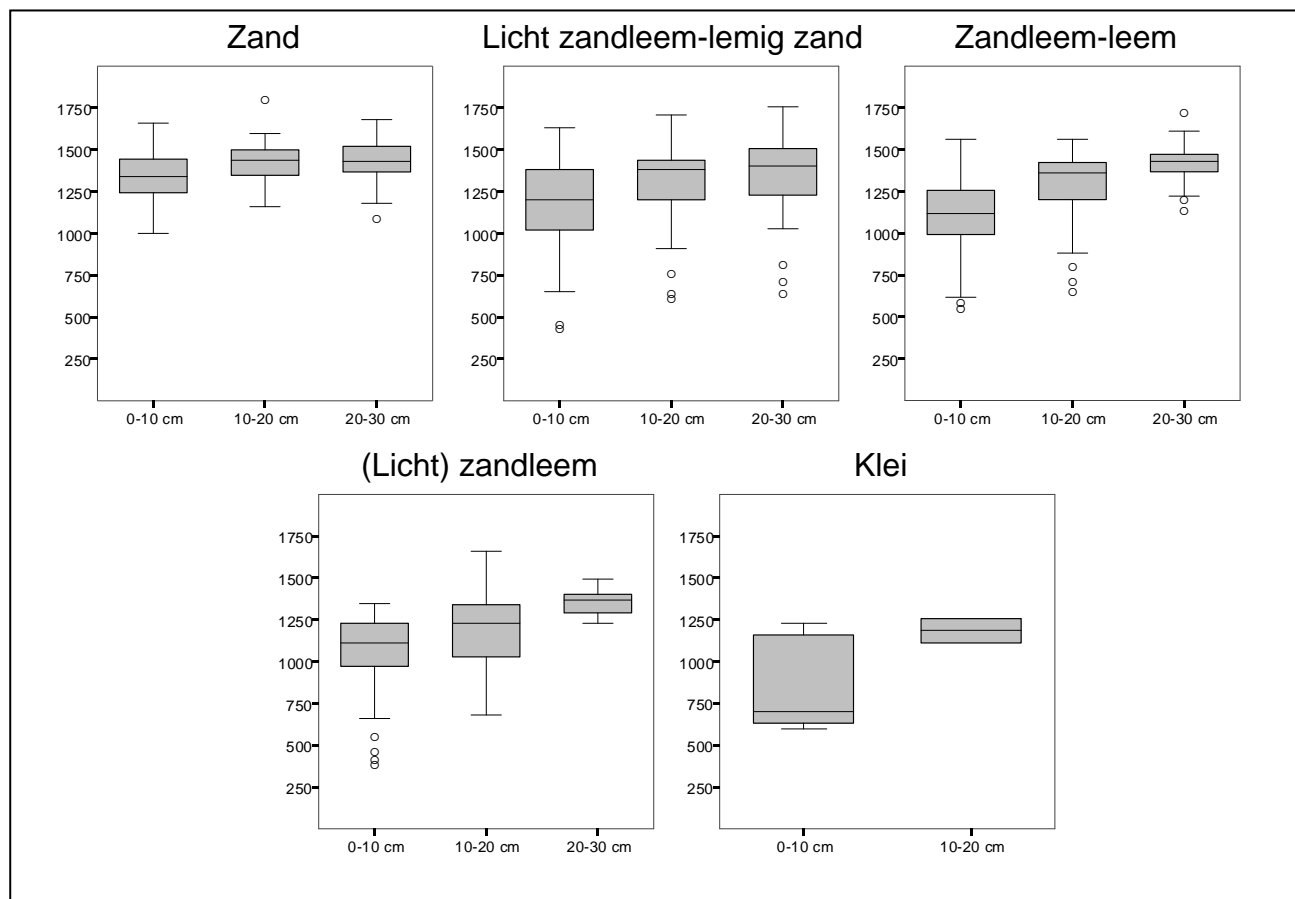
Een databank met bulkdensiteiten voor een groot aantal Vlaamse bosbestanden is aangelegd in het kader van een project aan het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (De Vos et al., 2005). Deze bulkdensiteiten zijn opgemeten op zones die representatief zijn voor het bestand en stellen 'achtergrondwaarden' voor, met andere woorden, de bulkdensiteit op een niet-verdichte zone. De gegevens zijn samengevat in Tabel 2.4.1 en Figuur 2.4.1. De texturen zijn in de databank weergegeven volgens de Belgische textuurclassificatie. Histogrammen op basis van de gegevens uit de databank zijn terug te vinden in Bijlage 2.4.1.

Uit Tabel 2.4.1 en Figuur 2.4.1 volgt algemeen dat de bulkdensiteiten dalen naarmate het percentage zand daalt en het percentage klei toeneemt. Dit geldt vooral voor het eerste diepte-interval maar deze trend is ook waar te nemen dieper in de bodem. Een mogelijke reden hiervoor is dat op een kleibodem meestal een grotere biodiversiteit, waaronder gravende insecten en

verschillende soorten planten, voorkomt, die de bodem losser maken. Bovendien bevat een kleibodem meestal een hoger gehalte organisch materiaal dan een zandbodem, zodat de bulkdensiteit lager is, vooral in het eerste diepte-interval. In het interval 0 tot 10 cm variëren de bulkdensiteiten van ongeveer 1350 kg/m³ (zand) naar 1000-1100 kg/m³ voor zandleem-leem-lemig zand en naar ongeveer 850 kg/m³ voor klei. Voor elke textuur stijgt bovendien de bulkdensiteit naar diepere bodemlagen toe. Dit is toe te wijzen aan de bovenliggende bodem die via zijn gewicht zelf een verdichting teweegbrengt.

Tabel 2.4.1 Overzicht van de gemiddelde bulkdensiteiten (met 95% betrouwbaarheidsinterval) per diepte-interval per textuur voor een groot aantal bestanden verspreid over Vlaanderen (databank INBO), waarbij n = aantal opgemeten bestanden in die klasse

Textuur	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
	n	bulkdensiteit (kg/m ³)	n	bulkdensiteit (kg/m ³)	n	bulkdensiteit (kg/m ³)
Zand	39	1338 ± 49	46	1435 ± 33	34	1436 ± 43
Licht zandleem-lemig zand	90	1171 ± 54	67	1306 ± 54	55	1361 ± 60
Zandleem-leem	247	1113 ± 24	110	1286 ± 38	71	1394 ± 42
(Licht) zandleem	49	1053 ± 67	17	1181 ± 114	13	1308 ± 113
Klei	11	860 ± 163	2	1185 ± 147		



Figuur 2.4.1 Boxplots van de bulkdensiteiten per textuur en per diepte-interval voor een groot aantal bestanden verspreid over Vlaanderen (databank INBO), waarbij de X-as het diepte-interval aangeeft en de Y-as de bulkdensiteit (kg/m³)

Deze gemiddelde bulkdensiteitswaarden voor Vlaamse bosbestanden kunnen vergeleken worden met bestanden met gelijkaardige textuur die gelegen zijn in andere landen en/of continenten. Hiertoe worden de referentiegegevens gebruikt van de bestanden uit de meta-analyse (uitgezonderd de bestanden van het terreinexperiment). De gemiddelde bulkdensiteiten voor deze bestanden zijn gegeven in Tabel 2.4.2. Uit de vergelijking van Tabel 2.4.1 met Tabel 2.4.2 blijkt dat de bestanden

in Vlaanderen op textuur zand een hogere dichtheid hebben dan de bestanden in andere landen. Voor de textuur (licht) zandleem, is duidelijk het omgekeerde te zien. De vergelijking tussen de kleibestanden in Vlaanderen en internationaal levert op dat de waarden in het eerste interval duidelijk lager zijn voor de Vlaamse bestanden, maar in het tweede diepte-interval ongeveer gelijk zijn. Met andere woorden, de bestanden in Vlaanderen, vertonen een hogere of lagere bulkdensiteit ten opzichte van de internationale bestanden, afhankelijk van de textuur. Een verhoogde bulkdensiteit kan te wijten zijn aan ongecontroleerd machineverkeer in het verleden, bodemverzuring,....

Tabel 2.4.2 Overzicht van de gemiddelde bulkdensiteiten (met 95% betrouwbaarheidsinterval) per diepte-interval per textuur voor de bestanden uit de meta-analyse, waarbij n = aantal verschillende bestanden in die klasse

Textuur	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
	n	bulkdensiteit (kg/m ³)	n	bulkdensiteit (kg/m ³)	n	bulkdensiteit (kg/m ³)
Zand	5	1298 ± 33	6	1262 ± 54	2	1358 ± 42
Leem	3	1237 ± 175	3	1503 ± 62		
Klei	19	1069 ± 45	19	1191 ± 52	18	1321 ± 41

In Tabel 2.4.3 wordt een overzicht gegeven van bulkdensiteitswaarden die in de literatuur worden aangenomen als algemeen geldend voor bepaalde bodemtypes zonder een specifieke voorafgaande verstoring, alsook bulkdensiteitswaarden die limiterend zouden zijn voor de groei. Wanneer de gemiddelde waarden uit Tabel 2.4.1 hiermee worden vergeleken, moet worden vastgesteld dat deze waarden gelegen zijn binnen de grenzen, aangegeven voor zandige en kleilig-lemige gronden door Richtlijnen (1997). Anderzijds blijken de zandgronden in Vlaanderen gemiddeld een hogere bulkdensiteit te bezitten dan de waarden volgens Kuipers (2002) voor zandgronden met weinig organisch materiaal. De bulkdensiteit van de Vlaamse bosbestanden op kleigrond is daarentegen veel lager dan de aangegeven waarde. Hierbij moet opgemerkt worden dat in het onderzoek van Powers et al. (2005) geen verdichting meer voorkwam bij initiële bulkdensiteiten rond 1400kg/m³. Wanneer dit als grens wordt genomen voor een verdichte bodem waar verdere verdichting (bijna) niet meer mogelijk is, dan blijken vooral de zandbodems en in mindere mate ook de zandleem-lemig zandbodems hieraan te voldoen. Deze bodems zijn al in dergelijke mate verdicht dat verdere verdichting verhinderd wordt als gevolg van de toegenomen bodemsterkte.

Een vergelijking met de algemene waarden voor vertraagde groei of groeistop leert dat op geen enkele textuur de grenzen voor groeistop, zoals aangegeven door Jones (1983) en Fisher & Binkley (2000) overschreden zijn. Dit geldt ook voor de limietwaarde voor de vertraagde groei, behalve op zandgronden in de diepte-intervallen 10-20 en 20-30 cm. Met andere woorden, de Vlaamse bosbestanden hebben voor sommige texturen op de referentieoppervlakte hogere gemiddelde bulkdensiteitswaarden dan algemeen aangenomen, maar deze waarden overschrijden nog steeds niet de limieten voor vertraagde groei of groeistop door wortels. De kruidlaag en boomlaag ondervinden dus in principe geen hindernis vanwege een relatief hogere densiteit.

Tabel 2.4.3 Literatuuroverzicht: normale en groeilimiterende waarden voor bulkdensiteit en indringingsweerstand (OM = organisch materiaal)

Publicatie	bodemtype	waarde
Algemeen aangenomen waarden onder normale, niet-verdichte omstandigheden		
Richtlijnen (1997)	Zandig	1300-1700 kg/m ³
	Kleilig-lemig	1100-1600 kg/m ³
	Losse grond	1000-1100 kg/m ³
Kuipers (2002)	Zandgrond, veel OM	900 kg/m ³
	Zandgrond, weinig OM	1300 kg/m ³

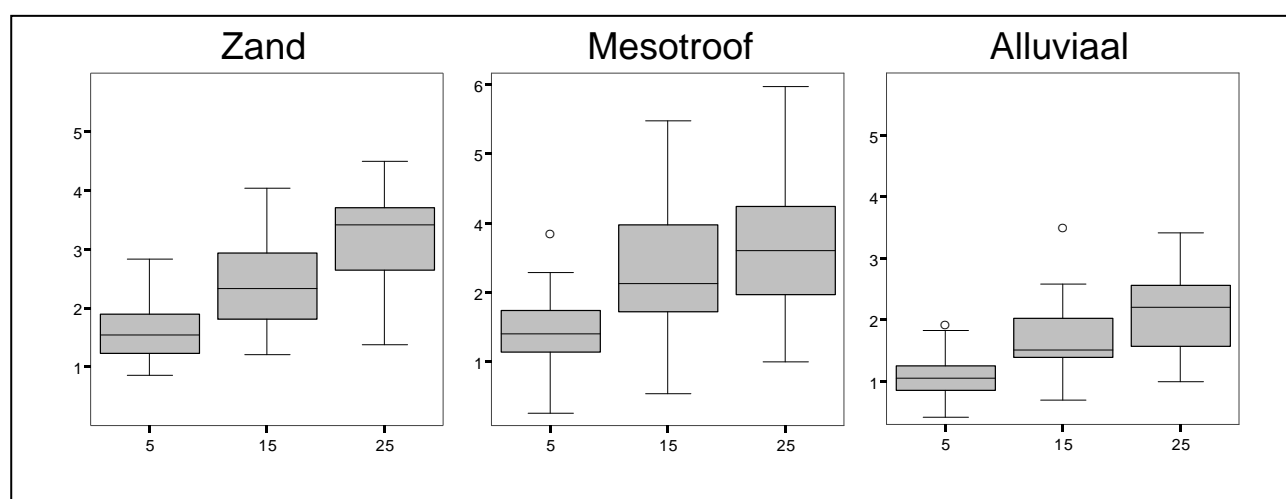
	Kleigrond, goede structuur	1400 kg/m ³
	Kleigrond, dichte structuur	1600 kg/m ³
Limietwaarden voor vertraagde groei of groeistop		
Jones (1983)	Leem/kleibodem	1400-1550 kg/m ³
	Zandbodems	1750 kg/m ³
Fisher & Binkley (2000)	Algemeen	1400 kg/m ³ (limiet vertraagde groei)
		1700 kg/m ³ (limiet groeistop)
Whalley et al (1995)	Algemeen	2 MPa (limiet vertraagde groei)
		3 MPa (limiet groeistop)

ii) Indringingsweerstand

In het kader van het EDUBO-project (Fontaine et al., 2007) is een aantal metingen uitgevoerd van de indringingsweerstand in een groot aantal bosbestanden, verspreid over Vlaanderen. De gegevens zijn samengevat in Tabel 2.4.4 en Figuur 2.4.2. Histogrammen op basis van de indringingsweerstand in de databank zijn terug te vinden in Bijlage 2.4.2. Ook hier vertonen kleibodems de laagste waarden en stijgen de waarden naar diepere bodemintervallen toe. De waarden voor zandgronden en leembodems zijn gelijkaardig.

Tabel 2.4.4 Overzicht van de gemiddelde indringingsweerstand (met 95% betrouwbaarheidsinterval) per diepte per bodemtype voor een groot aantal bestanden verspreid over Vlaanderen (databank EDUBO), waarbij n = aantal opgemeten bestanden in die klasse

Textuur	5 cm		15 cm		25 cm	
	n	Indringingsweerstand (MPa)	n	Indringingsweerstand (MPa)	n	Indringingsweerstand (MPa)
Droge zandgrond	35	1.65 ± 0.18	35	2.42 ± 0.25	35	3.20 ± 0.27
Mesotrofe leembodem	49	1.67 ± 0.17	47	2.77 ± 0.30	47	3.20 ± 0.33
Alluviale grond	31	1.08 ± 0.12	31	1.72 ± 0.20	31	2.14 ± 0.22



Figuur 2.4.2 Boxplots van de indringingsweerstand per bodemtype en per diepte voor een groot aantal bestanden verspreid over Vlaanderen (databank EDUBO), waarbij de X-as de diepte (cm) aangeeft en de Y-as de indringingsweerstand (MPa)

In Tabel 2.4.3 worden de grenzen van 2 MPa en 3 MPa aangegeven als remmend, respectievelijk limiterend voor de wortelgroei (Whalley et al., 1995). Een evaluatie van de waarden in Tabel 2.4.4

levert in dit opzicht de conclusie dat voor bijna elk bodemtype de groei gelimiteerd zou zijn in het tweede en derde diepte-interval. Bij het nemen van deze conclusie moet echter het bodemvochtgehalte op het tijdstip van meten in rekening gebracht worden (zie opmerking in 3.ii)

De richtlijnen voor vertraagde groei en groeistop in Tabel 2.4.3 zijn echter algemene waarden. De respons van de kruidlaag is soortafhankelijk. Sommige soorten reageren negatief op verdichting, terwijl andere soorten geen invloed ondervinden vanwege een verhoogde bulkdensiteit, of zelfs beter groeien. Godefroid & Koedam (2004) stelden voor een hele reeks typische bosplanten en niet-bosplanten de groeirespons op bij een indringingsweerstand die stijgt van 0 tot 12 MPa. Wat betreft de typische bosplanten vertoont ongeveer de helft van de onderzochte soorten een klokvormige respons of een monotone respons van de groei bij toename van de indringingsweerstand. Ongeveer 14 soorten vertoont optimale groei bij een intermediaire indringingsweerstand (vb. wilde hyacint, pilzegge), ongeveer 3 soorten kent een monotone afname van de groei bij een toename van de verdichtingsgraad (vb. slanke zegge, muursla) en bij vier soorten neemt de groei toe bij toenemende verdichtingsgraden. Voor de overige soorten werd geen respons, gerelateerd aan compactie vastgesteld. Van de 30 niet-bosplanten die een significante respons op compactie tonen, kennen 18 soorten een hoge tolerantie ten opzichte van hoge compactiegraden (vb. klein springzaad, waterpeper). Slechts enkele soorten (vb. grote brandnetel) groeien minder goed bij hogere indringingsweerstand.

Hoewel dus algemene waarden in de literatuur te vinden zijn over de groeirespons van planten op een toename van de verdichtingsgraad, wordt de evaluatie dus best per soort gemaakt. Wat wel als algemene trend kan beschouwd worden, is dat bij steeds hogere verdichtingsgraden de echte bosplanten aan terrein zullen verliezen ten opzichte van de niet-bosplanten die meestal een hogere tolerantiegraad ten opzichte van verdichting bezitten.

3. Evaluatie bestanden terreinexperiment

i) Bulkdensiteit

De gemiddelde waarden voor de bulkdensiteit, opgemeten voorafgaand aan het toepassen van de behandelingen tijdens het terreinexperiment en dus beschouwbaar als referentiewaarden, zijn weergegeven in Tabel 2.4.5.

Uit de meta-analyse bleek reeds dat de initiële waarden voor de bulkdensiteit voor de bestanden van het terreinexperiment relatief hoog waren in vergelijking met de andere onderzoeken, uitgevoerd in andere landen. In dit onderdeel worden de bestanden van het terreinexperiment vergeleken met andere bosbestanden uit Vlaanderen waarvoor de gemiddelde bulkdensiteiten gegeven zijn in Tabel 2.4.1. De bestanden uit het terreinexperiment, gelegen op een bodem met textuur zand of klei, vertonen ongeveer gelijke of iets kleinere bulkdensiteiten dan de overige opgemeten Vlaamse bestanden. De bestanden op zandleem-leem blijken daarentegen een hogere dichtheid te bezitten dan algemeen geldig is in Vlaanderen, vooral in het eerste en tweede diepte-interval. Deze waarden bevinden zich echter nog steeds binnen het bereik van waarden die in Tabel 2.4.3 worden aangegeven als algemeen geldend voor deze texturen.

De bestanden van het terreinexperiment, waarvan de gegevens samengevat zijn in Tabel 2.4.5, kunnen nu ook geëvalueerd worden ten opzichte van de limieten in Tabel 2.4.3. Voor de bestanden op zand en klei blijkt er geen probleem te bestaan voor de vegetatie. Voor zandleem-leem wordt de limiet van 1400 kg/m³, aangegeven door Jones (1983) en Fisher & Binkley (2000) als limiet voor vertraagde groei, overschreden in het tweede en derde diepte-interval. Wortels die zich hier bevinden zullen bijgevolg problemen ondervinden bij groei.

Tabel 2.4.5 Overzicht van de gemiddelde bulkdensiteiten (met 95% betrouwbaarheidsinterval) per diepte-interval voor de bestanden van het terreinexperiment, waarbij n = aantal opgemeten bestanden in die klasse

Bestand	Textuur (Belgische textuurΔ)	0-10 cm		10-20 cm		20-30 cm	
		n	bulkdensiteit (kg/m ³)	n	bulkdensiteit (kg/m ³)	n	bulkdensiteit (kg/m ³)
L1	Zandleem-leem	48	1286 ± 42	48	1454 ± 33	48	1435 ± 26
L2	Zandleem-leem	48	1219 ± 81	48	1471 ± 29	48	1410 ± 34
L3	Zandleem-leem	48	1193 ± 45	48	1346 ± 28	48	1371 ± 36
L4	Zandleem-leem	48	1106 ± 54	47	1308 ± 28	48	1351 ± 28
K1	Zand	48	1399 ± 87	48	1481 ± 21	47	1491 ± 26
K2	Zand	48	1276 ± 45	48	1312 ± 33	48	1309 ± 30
W1	Klei	48	869 ± 26	48	1008 ± 20	48	1100 ± 27
W2	Klei	48	914 ± 32	48	1111 ± 35	48	1281 ± 29

ii) *Indringingsweerstand*

De gemiddelde waarden voor de indringingsweerstand, opgemeten voorafgaand aan het toepassen van de behandelingen tijdens het terreinexperiment en dus beschouwbaar als referentiewaarden, zijn weergegeven in Tabel 2.4.6. Deze waarden kunnen vergeleken worden met algemeen geldende waarden in Vlaanderen, te zien in Tabel 2.4.4. Hieruit blijkt voor elke textuur dat de bestanden van het terreinexperiment veel lagere waarden vertonen dan algemeen geldend zou zijn in Vlaanderen. Dit lijkt echter onwaarschijnlijk gezien deze bestanden, wat betreft bulkdensiteit, eerder gelijkaardige of zelfs hogere verdichtingsgraden vertonen. Een mogelijke verklaring voor de hogere indringingsweerstand die in de overige Vlaamse bestanden worden opgemeten, kan gevonden worden in een lager bodemvochtgehalte bij het uitvoeren van de metingen. Indien de bodem zich niet bij veldcapaciteit bevindt, bestaat er een grote zijdelingse kracht op de staaf van de penetrologer. De uiteindelijke opgemeten indringingsweerstand is dan niet enkel het resultaat van de verticale weerstand die de bodem uitoefent op het indringen van de staaf, maar ook van deze zijdelingse krachtwerking vanwege de bodem. Dit resulteert in hogere waarden en bijgevolg een vertekend beeld van de verdichtingsgraad van de bodem. Om deze reden wordt de verdere vergelijkende analyse achterwege gelaten.

Wanneer de waarden uit Tabel 2.4.6 worden vergeleken met de limietwaarden die in Tabel 2.4.3 worden vermeld, moet hier, behalve voor zandleem-leem, in overeenstemming met de bulkdensiteit vastgesteld worden dat deze limietwaarden hier nergens overschreden worden. Ook uit de indringingsweerstand volgt dus de conclusie dat de vegetatie geen hinder ondervindt voor wortelgroei.

Tabel 2.4.6 Overzicht van de gemiddelde indringingsweerstand (met 95% betrouwbaarheidsinterval) voor de dieptes 5, 15 en 25 cm voor de bestanden van het terreinexperiment, waarbij n = aantal metingen in die klasse

Bestand	Textuur (Belgische textuurΔ)	5 cm		15 cm		25 cm	
		n	weerstand (MPa)	n	weerstand (MPa)	n	weerstand (MPa)
L1	Zandleem-leem	216	1.34 ± 0.09	213	1.80 ± 0.12	210	1.56 ± 0.12
L2	Zandleem-leem	215	1.31 ± 0.09	213	1.74 ± 0.11	217	1.43 ± 0.11
L3	Zandleem-leem	223	1.10 ± 0.08	220	1.45 ± 0.09	220	1.31 ± 0.08
L4	Zandleem-leem	216	0.82 ± 0.06	211	1.27 ± 0.10	210	1.44 ± 0.10
K1	Zand	216	1.09 ± 0.06	216	1.55 ± 0.08	215	1.56 ± 0.07
K2	Zand	216	0.88 ± 0.05	216	1.15 ± 0.06	215	1.33 ± 0.09
W1	Klei	216	0.40 ± 0.03	216	0.84 ± 0.04	216	1.10 ± 0.04

W2	Klei	216	0.38 ± 0.03	216	0.74 ± 0.04	216	1.11 ± 0.04
----	------	-----	-----------------	-----	-----------------	-----	-----------------

4. Discussie en conclusie

Wanneer de bulkdensiteitsresultaten uit de Vlaamse bosbestanden vergeleken worden met resultaten van bestanden over heel de wereld (meta-analyse), blijkt dat de bodems op textuur zand in Vlaanderen meer verdicht zijn, in tegenstelling tot de bestanden op zandleem-leem en klei, waar de waarden lager zijn dan internationaal wordt vastgesteld. Dit blijkt eveneens uit de vergelijking met de algemeen aangenomen gemiddelde waarden. De gemiddelde bulkdensiteit in Vlaanderen op bodems met textuur zand ligt hoger dan de aangenomen waarde, terwijl de waarden voor klei er ver onder liggen. De limietwaarden voor de groei van wortels (1400 kg/m^3 (Fisher & Binkley, 2000)) worden voor de bulkdensiteit bovendien nergens overschreden, behalve op de zandgronden. Voor de indringingsweerstand bestaat het vermoeden dat een te laag bodemvochtgehalte verantwoordelijk is voor de hogere indringingsweerstand en om deze reden worden uit deze resultaten geen conclusies getrokken wat betreft de degradatietoestand van de Vlaamse bosbestanden. **Uit de bulkdensiteit kan besloten worden dat de Vlaamse bosbestanden vergelijkbaar zijn met bosbestanden in andere landen en dat de bodemdegradatie op vlak van verdichting enkel hoger dan normaal is op zandgronden waar ook de vegetatie negatief beïnvloed wordt.**

De bulkdensiteit van de bestanden op zand en klei, gebruikt in het terreinexperiment, is vergelijkbaar met de overige bestanden in Vlaanderen. De bestanden op zandleem-leem vormen hierop een uitzondering, gezien de waarden hier voor de bestanden van het terreinexperiment een stuk hoger liggen dan elders in Vlaanderen. Deze waarden voor zandleem-leem zijn vergelijkbaar met de waarden voor bestanden op leem uit de meta-analyse. **Behalve de bestanden op zand zijn de bestanden, gebruikt in het terreinexperiment, dus ook internationaal representatief.** Het ontbreken van hoge verdichtingsgraden na berijden tijdens het terreinexperiment, is op zandbodems vanzelfsprekend te verklaren aan de hand van de hoge initiële bulkdensiteitswaarden, in tegenstelling met de internationale onderzoeken. De bestanden op zandleem-leem zijn vergelijkbaar met internationale bestanden en dit uit zich eveneens in de gevolgen van berijden. Noch in de (beperkte) internationale onderzoeken, noch in het terreinexperiment, werden hoge compactiegraden vastgesteld. In veel gevallen daalde de bulkdensiteit zelfs. Op de kleibodems te Walem tot slot was de initiële bulkdensiteit heel wat lager dan in de internationale onderzoeken, maar omwille van de hoge bodemvochtigheidsgraden is hier een groot deel van de krachten omgezet in spoorvorming, in plaats van verdichting. Om deze reden zijn ook op deze textuur de compactiegraden heel wat lager dan in de internationale onderzoeken.

2.5 Algemene conclusie en aanbevelingen

Het terreinexperiment werd uitgevoerd ter bepaling van de gevoeligheid van de meest voorkomende Vlaamse bosbodemtexturen, alsook welke invloed uitgaat vanwege het bodemvochtgehalte, het machinegewicht en het aantal passages. De resultaten beantwoorden echter niet aan de verwachtingen. Hierin werd verondersteld dat de klei- en zandleem-leembodems duidelijk verdicht zouden zijn, zeker na 5 passages, en dat op een verzadigde bodem een hogere verdichtingsgraad zou voorkomen als op een drogere bodem. Uit het experiment bleek echter dat de verdichtingsgraad op alle texturen heel beperkt was, dat 5 passages geen significante extra verdichting veroorzaakten ten opzichte van de eerste passage, en bovendien dat de invloed significant groter was op de drogere bodem in vergelijking met de natte bodem. Dit is in strijd met resultaten van andere onderzoeken.

Een verklaring kan deels gevonden worden in de initiële toestand van de bosbodem. Uit de meta-analyse blijkt dat de response ratio, dus de mate waarin een bodem extra verdicht, afneemt naarmate de initiële bulkdensiteit hoger wordt. De bestanden op textuur zand uit het terreinexperiment zijn representatief voor Vlaanderen maar bezitten, in vergelijking met internationale studies hogere initiële waarden, zodat de respons hier kleiner is dan algemeen verwacht wordt. Bovendien werd hier voor berijden al de grenswaarde voor de groei overschreden, zodat de vegetatie nadelige gevolgen zal ondervinden vanwege de aanwezige hoge verdichtingsgraad. De bestanden op zandleem-leem zijn initieel meer verdicht dan algemeen geldt in Vlaanderen, maar deze referentiewaarden zijn wel vergelijkbaar met internationale studies. Tot slot zijn de bestanden op klei zowel voor Vlaanderen als internationaal representatief. Voor deze twee textuurgroepen moet dus een andere verklaring gevonden worden voor de heel beperkte verdichting. Op de kleigronden moet de oorzaak eerder gezocht worden in de heel hoge bodemvochtgehaltenes die hier zowel in winter als zomer aanwezig waren. Algemeen geldt voor bodems met een gemiddelde tot fijne textuur dat de cohesie tussen de bodempartikels maximaal is bij intermediaire vochtgehaltenes en afneemt naarmate het bodemvochtgehalte verder stijgt. In verzadigde toestand zijn zo goed als alle poriën gevuld met water dat bijna niet compacteerbaar is, zodat berijden van een dergelijke natte bodem eerder leidt tot spoorvorming dan verdichting, zoals vooral in het winterexperiment kon worden vastgesteld. Deze redenering verklaart ook waarom het General Linear Model aangaf dat de verdichting algemeen hoger was na de berijding van de drogere bodem tijdens het zomerexperiment in vergelijking met de berijding van de natte bodem tijdens het winterexperiment. Voor de beperkte verdichtingsgraden tot eerder decompactie op de zandleem-leembodems kan geen verklaring gevonden worden. Deze resultaten zijn echter in overeenstemming met de studies op gelijkaardige bodemtypes in de meta-analyse waar de bodem ook eerder ontlicht dan verdicht werd.

Uit de **resultaten van het herstelpotentieel** kan geconcludeerd worden dat de rijsporen 8 jaar na exploitatie nog vaak terug te vinden zijn aan de hand van de indringingsweerstand, in sommige gevallen zelfs visueel. Volledig herstel treedt dus niet op binnen één omlooptijd zodat gevolgen zich zullen cumuleren als deze sporen opnieuw gebruikt worden. Wanneer de beweging van een exploitatiemachine niet beperkt is tot vaste pistes, wordt vaak een veel groter aandeel van de bestandsoppervlakte bereden. Namelijk, het gebruik van bijvoorbeeld een kabel om een boom bij te trekken, is heel tijds- en arbeidsintensief, zodat sneller de keuze gemaakt wordt om tot bij deze boom te rijden, hem vast te maken en ermee weg te rijden. Een groot aandeel van het bestand heeft dan een invloed ondergaan. Bij de volgende exploitatie is nog geen volledig herstel opgetreden en zal, indien opnieuw geen pistes gebruikt worden, een groot deel van deze reeds beïnvloedde oppervlakte opnieuw bereden worden. Het is bijgevolg **aan te raden het machineverkeer te concentreren op vaste ruimingspistes** zodat de tussenliggende oppervlakte gevrijwaard wordt van berijden en enkel de bereden oppervlakte op de pistes beïnvloed wordt. De afstand tussen de pistes bedraagt hierbij minstens 20m, in overeenstemming met de huidige limiet voor de kraanreikwijdte van de exploitatiemachines. Indien een kabel gebruikt wordt om bomen dichterbij de machine te trekken, kan de tussenafstand beduidend vergroot worden.

Deze aanbeveling geldt niet enkel in het kader van het herstelpotentieel, maar ook in het opzicht van de **huidige degradatietoestand van de Vlaamse zandbodems**, zoals reeds hoger werd vermeld. Dit type bodem wordt algemeen als weinig tot niet kwetsbaar beschouwd met als gevolg dat er geen restricties aan de beweging van het machineverkeer worden opgelegd. Deze stelling klopt enkel indien de gevoeligheid van dit bodemtype relatief vergeleken wordt met zandleem, leem of klei. Zandbodems kunnen echter wel degelijk verdicht worden, zoals bleek uit verschillende onderzoeken (vb. Ampoorter et al., 2007). Bovendien verloopt het **herstel op dit type bodem heel traag** gezien de belangrijkste herstelmechanismen (bodemorganismen, rijke doorwortelende kruidlaag, zwel/krimp van kleipartikels, bevriezen/ontdooien van bodemwater) zo goed als afwezig zijn. Om (extra) verdichting te vermijden en herstel van de reeds verdichte zandige bosbodems toe te laten, wordt het verkeer hier dus best geconcentreerd op vaste tracés.

Algemeen wordt aangenomen dat **kleibodems** het meest kwetsbare bodemtype voor bodemverdichting vormen. Bovendien zijn dit vaak heel vruchtbare bodems met een grote biodiversiteit die nadeel kan ondervinden vanwege deze verdichting. Deze aanname wordt echter niet door de resultaten van het terreinexperiment bevestigd. Het bodemvochtgehalte op het tijdstip van berijden was te hoog om een duidelijk mate van verdichting toe te laten. De krachten van de machine werden hier eerder omgezet in spoorvorming. Deze vorm van bodemschade heeft echter ook een grote invloed op het bodemecosysteem. Enerzijds kan het positief zijn omdat in de sporen uitzonderlijke microklimatologische condities heersen waar andere soorten kunnen van profiteren, zodat de biodiversiteit kan stijgen. Anderzijds is diepe spoorvorming heel schadelijk voor plant- en boomwortels die bloot komen te liggen en beschadigd worden. Ook worden verschillende bodemlagen blootgesteld waar de aanwezige organismen en de chemische en fysische processen beïnvloed kunnen worden. Bovendien daalt de technische berijdbaarheid van de bodem wanneer de sporen steeds dieper worden. Het berijden van een dergelijke bodem **in natte omstandigheden kan dus als gevolg van spoorvorming** veel schade met zich meebrengen, ondanks de mogelijke positieve aspecten. Aangezien het niet uit het terreinexperiment kon worden besloten, wordt uit de resultaten van verschillende internationale onderzoeken, afgeleid dat **kleibodems in intermediaire vochttoestand heel kwetsbaar zijn voor verdichting**. Dus ook op dit bodemtype zijn vaste ruimingspistes aan te raden. Omwille van de hoge biodiversiteit in dit type bodem en het zwel/krimpproces van de kleipartikels treedt herstel hier wel sneller op dan bij zandbodems.

Aan de afwezige verdichting op de **zandleem-leembodems** kon niet onmiddellijk een verklaring gegeven worden. De initiële toestand van de bodems in het terreinexperiment is gelijkaardig aan de bestanden die onderzocht worden in de meta-analyse en waar eveneens zo goed als geen effect werd vastgesteld. Deze begintoestand is wel meer verdicht dan algemeen geldend in Vlaanderen. Er kan dus aangenomen worden dat een **hogere graad van verdichting zal resulteren uit berijding van andere, voor Vlaanderen meer representatieve bestanden**, in vergelijking met het terreinexperiment. Om deze reden is het tot slot ook op dit bodemtype aangeraden het verkeer te limiteren op vaste ruimingspistes.

Schade aan de bosbodem is dus niet uit te sluiten bij een exploitatie, maar kan wel in belangrijke mate beperkt worden. Vaste ruimingspistes blijken hier een ideale oplossing voor te zijn door de verdichting te beperken op een bepaalde oppervlakte en de rest van het bosbestand zo goed als ongestoord te laten. Uit het General Linear Model volgt ook dat de impact groter is naarmate het **machinegewicht** stijgt en dit resultaat werd bevestigd door de meta-analyse. Het is dus aanbevolen de geschikte machine te kiezen voor een bepaald type werk. Nu worden heel vaak te zware machines gebruikt voor relatief licht werk. Dit heeft te maken met de zware kost van een bosbouwmachine. De meeste exploitanten kunnen er zich maar één veroorloven zodat eerder gekozen wordt voor het zwaarste type dat alle soorten werk aan kan.

Tot slot bleek ook de **bodemvochttoestand** een significante invloed te hebben op de verdichtingsgraad. Aanbevelingen hieromtrent hangen af van textuur tot textuur. Voor kleibodems blijkt uit het experiment dat berijden in heel natte omstandigheden (die zowel bij het winter- als zomerexperiment voorkwamen) kan leiden tot diepe spoorvorming. Andere onderzoeken wijzen uit dat kleibodems bij intermediaire vochtgehaltenes zeer gevoelig zijn voor verdichting. In droge toestand zijn deze bodems veel minder kwetsbaar. Dit is dan ook de aangewezen situatie voor berijden. Gelijkaardige aanbevelingen kunnen gemaakt worden voor de zandleem- en leembodems. Zand vormt hierop een uitzondering. Hier is de cohesie minimaal in heel droge toestand, zodat berijden op dit type bodem beter onder vochtige omstandigheden verloopt zodoende te diepe sporen te vermijden. Verdichting blijft hier beperkt in vergelijking met klei-, zandleem- en leembodems maar mag niet verwaarloosd worden gezien de reeds beperkte biodiversiteit en het laag herstelpotentieel.

Hoofdstuk 3: Sensibilisatie van de exploitatiesector

3.1 Inventarisatie van de exploitatiesector (enquête)

1. Doelstellingen

Het doel van de enquête is enerzijds de exploitatiesector in Vlaanderen te inventariseren en anderzijds te achterhalen of er verbanden bestaan tussen bepaalde variabelen en of er factoren zijn die de houding van een exploitant bepalen (typologie).

2. Opbouw enquête

In Bijlage 3.1.1 wordt een overzicht gegeven van de enquête en de bijhorende brief, gericht aan erkende exploitanten.

De enquête bestaat uit 5 grote hoofdstukken:

- Houding ten opzichte van schade aan het bos
- Houding ten opzichte van bosvriendelijke methoden
- Informatiebronnen
- Opleidingen
- Algemene informatie over het bedrijf

Het 2^e hoofdstuk (bosvriendelijke methoden) is opgedeeld in volgende thema's: vaste ruimingspistes, lier, bomenkraan, takkenmat, bandendruk, water in de banden, vergoeding.

Elk hoofdstuk bevat een reeks hoofdvragen, bij elke hoofdvraag horen 1 of meerdere bijvragen. Voorafgaand aan de hoofdstukken werd gepeild naar welke activiteiten de exploitant uitvoert binnen de exploitatiesector. Zo telt de enquête in totaal 193 vragen.

3. Respons

De enquêtes werden in oktober 2006 verzonden naar 260 erkende exploitanten (volgens de lijst erkende exploitanten van eind september 2006) en tegen halfweg december werden reeds 75 ingevulde enquêtes ontvangen. Om een nog grotere respons te verkrijgen werd besloten de enquête een tweede maal te versturen, met een herinneringsbrief. Dit gebeurde begin januari 2007. Op 26 februari 2007 werd van 131 exploitanten een reactie ontvangen, wat een respons van 50 % betekent.

Van de 131 reacties konden er 9 niet opgenomen worden. Dit waren immers: 4 Franstaligen, 2 exemplaren 'retour verkeerd adres' en 3 personen die meldden (telefonisch, per brief en email) dat ze de enquête niet wensten in te vullen. Daarnaast waren ook 27 ingevulde enquêtes niet van toepassing. Uit de inleidende vraag bleek dat deze personen andere activiteiten uitvoeren dan vellen & bewerken of uitslepen/uitrijden. Aangezien de vragenlijst gericht is op exploitanten die in het bos zelf werken, werden deze respondenten verwijderd uit de dataset en dus niet opgenomen bij de verwerking van de enquêtes.

Uiteindelijk beschikken we over een dataset met 95 bruikbare enquêtes waarop de verwerking wordt uitgevoerd. Dit is 36,5 % van het oorspronkelijk aantal verstuurdde enquêtes.

Tabel 3.1.1 geeft hiervan een overzicht.

Tabel 3.1.1 Respons enquête erkende exploitanten

	Aantal	Percent
Verstuurd	260	
Respons 1 ^e fase	83	31,9 %
Respons 2 ^e fase (na herinneringsbrief)	48	18,5 %
Respons totaal	131	50,4 %
Niet opgenomen	9	
Niet van toepassing	27	
Bruikbaar	95	36,5 %

4. Methodiek & resultaten

4.1. Inventarisatie exploitatiesector in Vlaanderen

Eerst en vooral werd per hoofdstuk een beschrijvende analyse gemaakt, ter karakterisatie van de Vlaamse exploitatiesector. Bij de *meerkeuzevragen* (waar antwoorden voorzien waren), staat cijfermatig weergegeven hoeveel respondenten de mogelijke antwoorden hebben ingevuld en daarbij is meestal ook een taartdiagram weergegeven waarop de antwoorden procentueel te zien zijn. Bij de *open vragen* staan de meest voorkomende antwoorden in korte zinnen opgelijst. Hierbij heeft de volgorde geen betekenis.

In bijlage 3.1.2 wordt deze beschrijvende analyse volledig weergegeven.

4.2. Verwerking enquête

Voor de verwerking van de enquêtes werd in verschillende stappen te werk gegaan. Hiervoor werden 2 grote blokken beschouwd, namelijk HOOFDSTUKKEN en TYPOLOGIE (zie Figuur 3.1.1).

i) *TYPOLOGIE*

Eerst werd bekeken of een typering van exploitanten kan gemaakt worden op basis van de activiteiten die men uitoefent. Uit deze analyse bleek echter dat er heel weinig exploitanten zijn die gespecialiseerd zijn in één welbepaalde activiteit, maar het merendeel verschillende activiteiten in de sector uitoefent (zie bijlage 3.1.2, §1). De indeling in activiteiten is bijgevolg geen gunstige basis om een typologie van exploitanten op af te bakenen.

Vervolgens werd het hoofdstuk ‘Algemene bedrijfsinfo’ aangewend als uitgangssituatie om een typologie op te stellen (Figuur 3.1.1). Hierbij werd gefocust op enkele cruciale vragen, die al dan niet gebundeld werden, om te komen tot 4 typologische parameters, zoals hieronder beschreven.

Wordt in uw bedrijf gebruik gemaakt van gespecialiseerde machines (harvester, forwarder, skidder, omgebouwde landbouwtractoren)?

→ MECHANISATIEGRAAD

Hoeveel werknemers telt uw bedrijf?

Hoeveel kubieke meter hout wordt jaarlijks ongeveer verwerkt in uw bedrijf?

Wat is de omzet van uw bedrijf?

Hoeveel investeert u gemiddeld per jaar in nieuw materiaal?

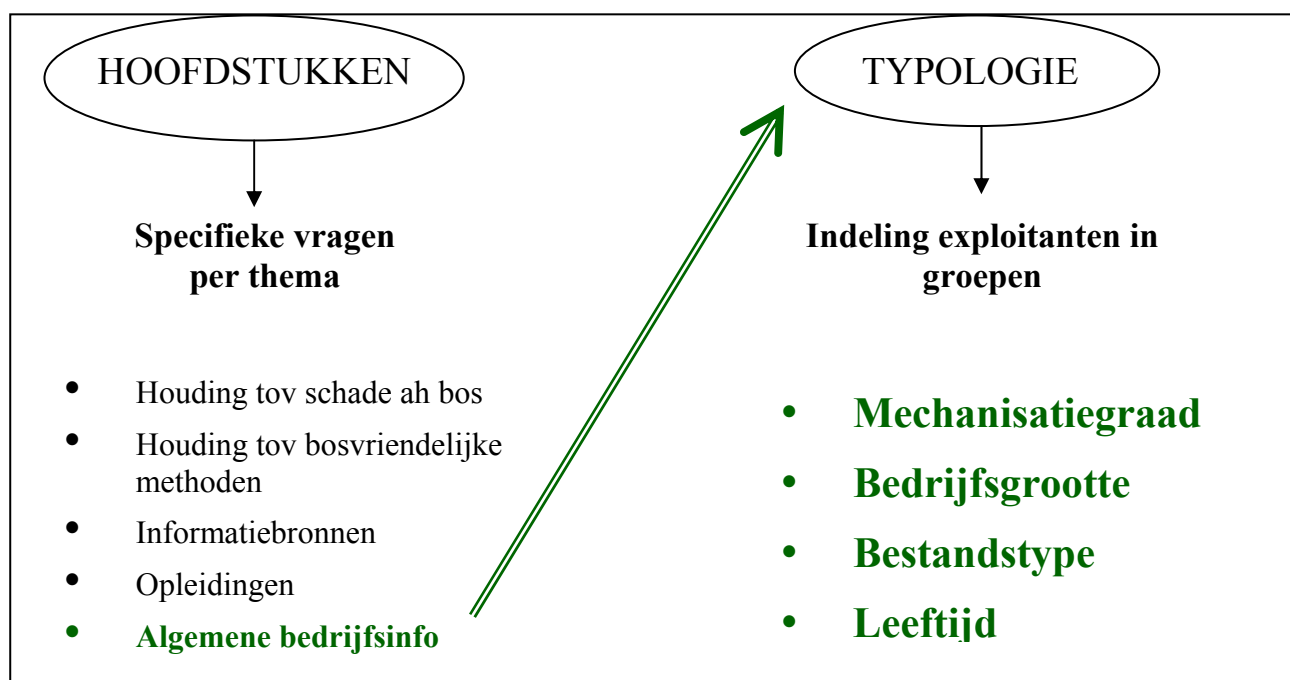
→ BEDRIJFSGROOTTE

In welke bestanden wordt voornamelijk geëxploiteerd?

→ BESTANDSTYPE

Welke leeftijd heeft de zaakvoerder?

→ LEEFTIJD



Figuur 3.1.1 Schematische voorstelling van de verwerking van de enquêtes: Stap 1 - TYPOLOGIE

Voor **mechanisatiegraad** werden 3 categorieën onderscheiden op basis van het machinetype (geen, landbouw- of bosbouwmachine), zoals aangegeven in Tabel 3.1.2.

Tabel 3.1.2 Indeling van de typologische parameter 'mechanisatiegraad'

Machinetype	Mechanisatiegraad	Aantal respondenten
geen	1	20
landbouw	2	22
bosbouw	3	48

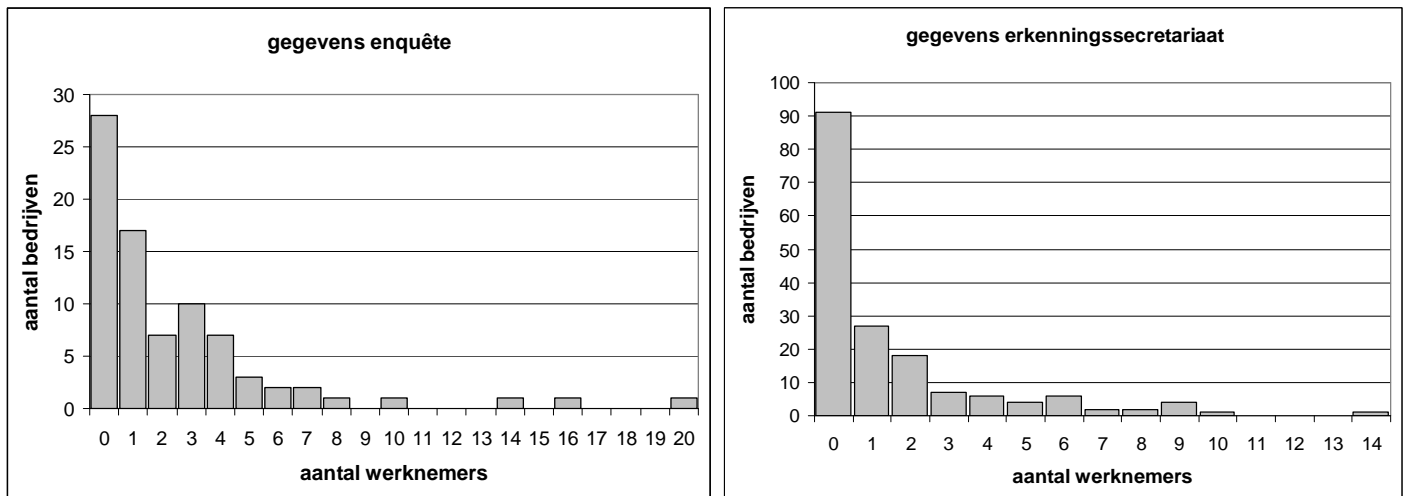
Voor **bedrijfs grootte** werden zowel het aantal werknemers, het aantal m³ verwerkt per jaar, de omzet en de investeringen ingedeeld in klassen van 1 tot 3 (zie Tabel 3.1.3).

Tabel 3.1.3 Indeling in klassen van de variabelen die gebruikt werden voor de parameter 'bedrijfs grootte'

# Werknemers		# m ³ /jaar		Omzet (€)		Investering (€/jr)	
0 - 1	1	< 10 000	1	< 150 000	1	< 15 000	1
2 - 9	2	10 000 – 39 999	2	150 000 – 999 999	2	15 000 – 99 999	2
10 - 20	3	40 000 – 280 000	3	1 – 25 miljoen	3	100 000 – 423 000	3

Om te achterhalen of de respondenten van de enquête als representatieve steekproef beschouwd kunnen worden, werden de gegevens van het aantal werknemers vergeleken met de gegevens van het erkenningssecretariaat. Uit Figuur 3.1.2 blijkt duidelijk dat beide gegevensreeksen een analoge

verdeling kennen. De respondenten van de enquête vormen dus een representatieve groep binnen de erkende exploitanten.



Figuur 3.1.2 Verdeling van het aantal werknemers volgens de gegevens van de enquête en van het erkenningssecretariaat

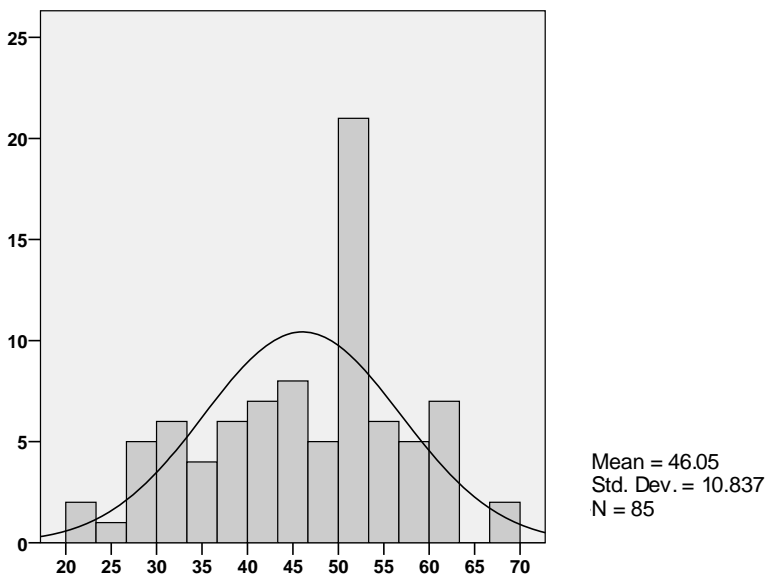
Vervolgens werden de klassen uit Tabel 3.1.3 gecombineerd. In de eerste plaats werd gekeken naar de uitkomst van de combinatie ‘# werknemers’ en ‘# m³/jaar’. Indien dit geen eenduidige uitkomst gaf, werd verder ook gekeken naar ‘omzet’ en ‘investeringen’, om zo tot een betrouwbare indeling in categorieën voor bedrijfsgrootte te komen. De bekomen categorieën en het respectievelijk aantal respondenten staat weergegeven in Tabel 3.1.4.

Tabel 3.1.4 Indeling van de typologische parameter ‘bedrijfsgrootte’

	Bedrijfsgrootte	Aantal respondenten
klein	1	41
middel	2	28
groot	3	15

Voor **bestandstype** werd bekeken of een typering van exploitanten mogelijk was op basis van het type bestand waarin men exploiteert. Uit deze analyse bleek echter dat er heel weinig exploitanten zijn die gespecialiseerd zijn in één welbepaald bestandstype, maar het merendeel in verschillende bestandstypes exploiteert en zowel voor brandhout als zaaghout werkt (zie bijlage 3.1.2, §3.3 en §3.3.a). De indeling in **bestandstype** is **bijgevolg geen gunstige basis om een typologie van exploitanten op af te bakenen**.

De **leeftijd** van de zaakvoerder is een variabele die niet werd onderverdeeld in klassen of categorieën. In de verwerking van de enquête werd m.a.w. met de effectieve leeftijden van de zaakvoerders verder gewerkt. Figuur 3.1.3 toont de verdeling van de leeftijden. Uit deze figuur blijkt dat het leeuwendeel van de zaakvoerders tussen 27 en 63 jaar oud is, met een duidelijke piek tussen 50 en 53 jaar oud.



Figuur 3.1.3 Verdeling van de leeftijden van de zaakvoerders

Eens de 3 bruikbare typologische parameters ‘mechanisatiegraad’, ‘bedrijfs grootte’ en ‘leeftijd zaakvoerder’ afgebakend waren, kon gestart worden met het verwerven van inzicht in de onderlinge relaties tussen deze parameters. Dit gebeurde aan de hand van kruistabellen, Chi²-tests (testen van (on)afhankelijkheid) en Spearman’s rho correlaties (niet-parametrisch). In een later stadium werd dan bekeken of er verbanden bestaan tussen deze typologieën en het gedrag van deze mensen (zie verder, § iii).

De kruistabel en Chi²-test in Figuur 3.1.4 tonen aan dat ‘mechanisatiegraad’ (rijen) en ‘bedrijfs grootte’ (kolommen) wel degelijk afhankelijk zijn van elkaar ($p = 0.000$). De cirkels geven aan dat er 2 grote groepen te onderscheiden zijn: enerzijds de kleine, niet tot weinig gemechaniseerde bedrijven en anderzijds de middelgrote tot grote, sterk gemechaniseerde bedrijven. Dit verband kwam ook naar voor uit de correlaties die opgesteld werden tussen de 3 parameters, voorgesteld in Tabel 3.1.5. De leeftijd van de zaakvoerder bleek noch met de bedrijfs grootte, noch met de mechanisatiegraad gecorreleerd te zijn.

mechanisatiegraad		bedrijfs grootte			
	1	2	3	RowTotal	
1	14 10.82 10.35 10.17	2 10.12 10.074 10.024	1 10.059 10.067 10.012	17 10.21	N N/RowTotal N/ColTotal N/Total
2	17 10.85 10.42 0.21	2 10.1 10.074 10.024	1 10.05 10.067 10.012	20 10.24	
3	9 10.2 10.22 10.11	23 10.51 10.85 10.28	13 10.29 10.87 10.16	45 10.55	
ColTotal	40 10.49	27 10.33	15 10.18	82	

Test for independence of all factors
Chi² = 33.09713 d.f. = 4 (p=1.141015e-006)

kleine, niet tot weinig gemechaniseerde bedrijven

middelgrote tot grote, sterk gemechaniseerde bedrijven

Figuur 3.1.4 Kruistabel en Chi²-test om onderlinge relaties tussen mechanisatiegraad en bedrijfs grootte op te sporen

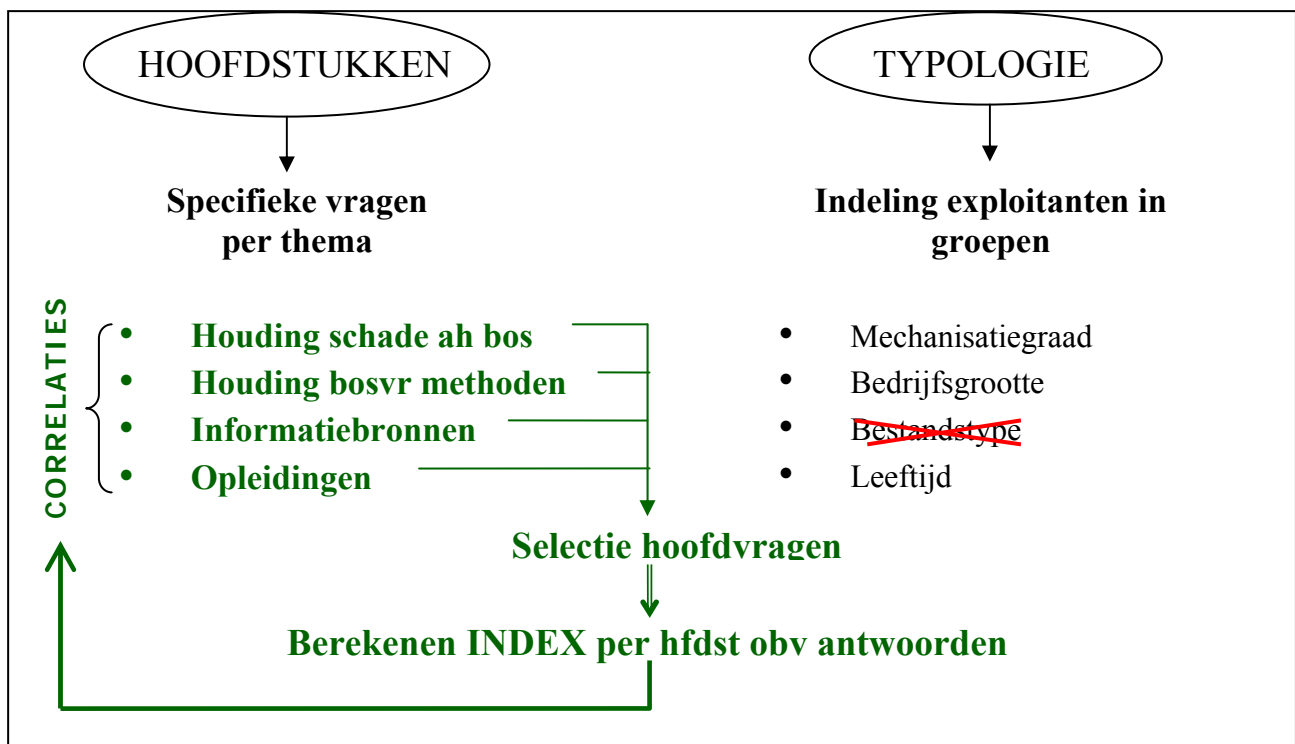
Tabel 3.1.5 Correlatie coëfficiënten van de Spearman's rho correlatie tussen de 3 typologische parameters

	<i>Leeftijd zaakvoerder</i>	<i>Bedrijfs grootte</i>
<i>Leeftijd zaakvoerder</i>		
<i>Bedrijfs grootte</i>	0.039	
<i>Mechanisatiegraad</i>	- 0.125	0.572 ** (p = 0.000)

** Correlatie is significant op het 0.01-niveau

ii) *HOOFDSTUKKEN*

De manier waarop een respondent de vragen van de enquête beantwoordt, zegt iets over zijn gedrag in de exploitatiesector. In dit luik werd voornamelijk onderzocht of er verbanden bestaan tussen de verschillende hoofdstukken; bijvoorbeeld of respondenten die meer opleidingen gevolgd hebben al dan niet positiever staan tegenover bosvriendelijke exploitatiemethoden. In een later stadium werd dan bekeken of exploitanten volgens de afgebakende typologieën een specifiek gedrag vertonen (zie verder, § iii).



Figuur 3.1.5 Schematische voorstelling van de verwerking van de enquêtes: Stap 2 - HOOFDSTUKKEN

De aanpak van de verwerking van dit luik staat schematisch voorgesteld in Figuur 3.1.5. Om te kunnen bepalen of er verbanden bestaan tussen de hoofdstukken, werden in de eerste plaats de relevantste hoofdvragen geselecteerd van de 4 hoofdstukken die peilden naar ‘Houding t.o.v. schade aan het bos’, ‘Houding t.o.v. bosvriendelijke methoden’, ‘Informatiebronnen’ en ‘Opleidingen’. De geselecteerde vragen per hoofdstuk staan hieronder opgelijst. Het laatste hoofdstuk ‘Algemene bedrijfsinfo’ werd niet in dit luik van de verwerking opgenomen; het werd enkel aangewend als uitgangssituatie voor de typologieën en werd volledig beschreven ter karakterisatie van de sector (zie Bijlage 3.1.2, §2 en §3).

HOUDING T.O.V. SCHADE AAN HET BOS

- *Vindt u dat bosexploitatie schade kan toebrengen aan het ecosysteem?*
- *Door hun zware gewicht resulteert het gebruik van houtoogstmachines (harvester, forwarder, skidder of omgebouwde landbouwtractor) vaak in bodemverdichting. Is bodemverdichting volgens u schadelijk voor het bosecosysteem?*
- *Hoe lang denkt u dan dat deze schadelijke invloed blijft duren?*
- *Wat is volgens u beter? het machineverkeer concentreren op vaste pistes of het machineverkeer spreiden?*

HOUDING T.O.V. BOSVRIENDELIJKE METHODEN

- *Heeft u zelf al met vaste ruimingspistes gewerkt bij exploitaties?*
- *Vindt u het gebruik van vaste ruimingspistes nuttig?*
- *Vindt u het gebruik van een lier nuttig?*
- *Maakt u zelf gebruik van een lier, indien nodig?*
- *Indien er een mogelijkheid zou zijn een afstandsbediening te gebruiken voor de lier, zou u dit dan nuttig vinden?*
- *Maakt u zelf gebruik van een bomenkraan?*
- *Zou u een dergelijke investering (bomenkraan) overwegen?*
- *Vindt u een takkenmat nuttig?*
- *Maakt u zelf gebruik van een takkenmat, indien mogelijk?*
- *Vindt u het voorstel om de bandendruk te verlagen nuttig?*
- *Vult u de banden van uw machine (volledig of gedeeltelijk) met water?*

INFORMATIEBRONNEN

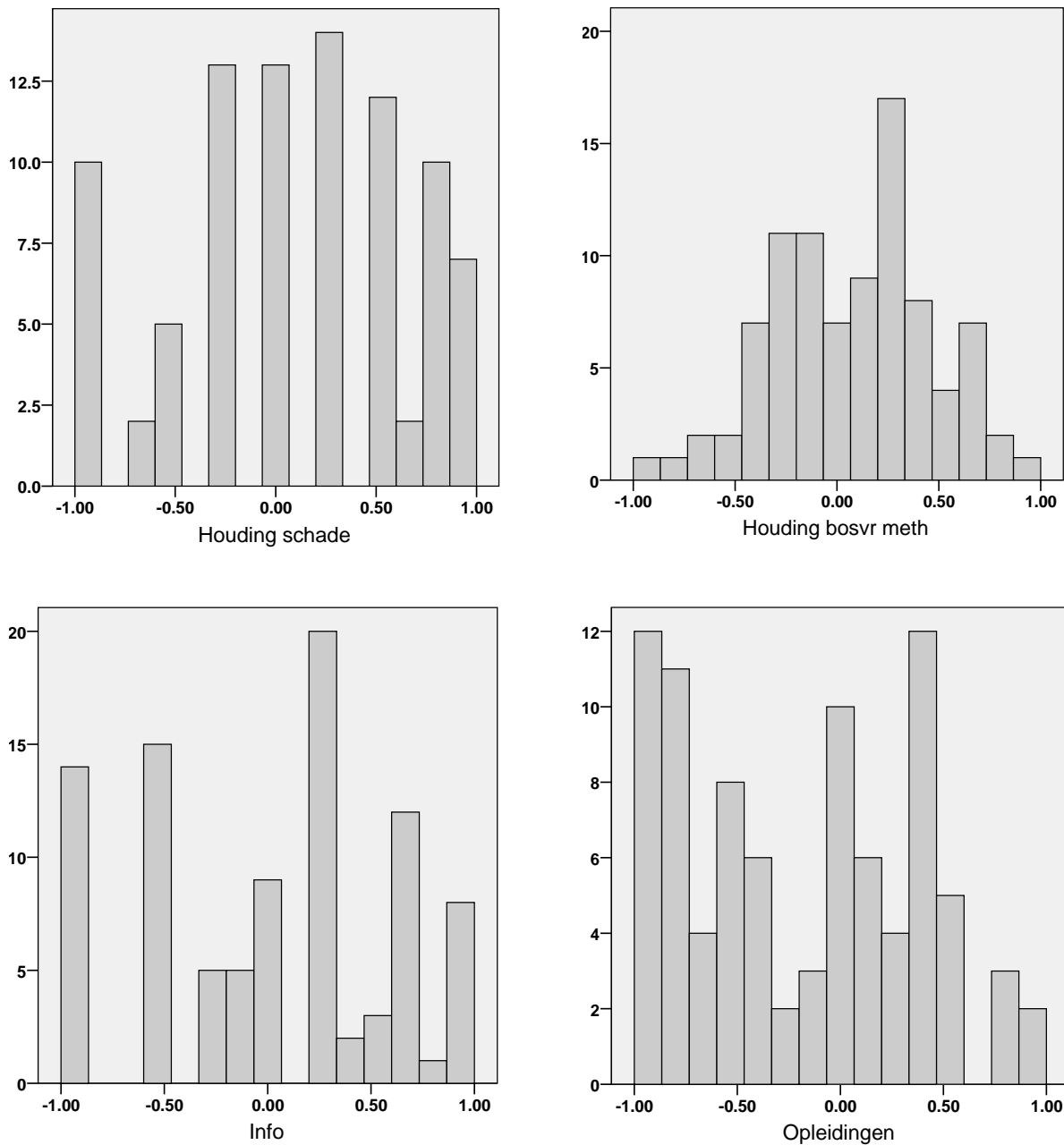
- *Ontvangt u reeds regelmatig informatie omtrent bosbeheer/bosexploitatie?*
- *Hebt u deze informatie zelf aangevraagd?*
- *Bent u geabonneerd op een bepaald tijdschrift?*
- *Zoekt u verder nog actief naar informatie omtrent bosbeheer/bosexploitatie?*
- *Met welke frequentie zoekt u naar nieuwe informatie?*
- *Is er nood aan bijkomende infobronnen?*

OPLEIDINGEN

- *Heeft u in het verleden een opleiding omtrent bosexploitatie of bosbeheer gevolgd?*
- *Heeft u deze uit eigen motivatie of uit verplichting gevolgd?*
- *Zoekt u actief naar informatie omtrent opleidingen?*
- *Zou u in de toekomst nog opleidingen willen volgen?*
- *Vindt u dat er nood is aan een extra opleiding betreffende een bepaald onderwerp omtrent bosexploitatie, die nu nog niet wordt ingericht?*
- *Erkende exploitanten zijn verplicht jaarlijks één dag permanente vorming te volgen. Vindt u dit: te weinig, ok, of te veel?*

Om vervolgens voor elk hoofdstuk een (ver)werkbaar variabele te creëren, werd op basis van de geselecteerde hoofdvragen voor elke respondent een **index** berekend per hoofdstuk. Iedere respondent kreeg voor elke beantwoorde vraag een score: een positief antwoord gaf score 1, een negatief antwoord gaf score -1 en antwoord 'soms' gaf score 0. Antwoorden 'weet niet' of 'niet van toepassing' werden genegeerd. Vervolgens werden deze scores gesommeerd en gedeeld door het aantal beantwoorde vragen. Op die manier werd per hoofdstuk een index gegenereerd tussen -1 en +1 voor elke respondent. Wanneer een respondent minder dan de helft van de geselecteerde vragen binnen een hoofdstuk beantwoord had, werd die (voor het respectievelijke hoofdstuk) niet opgenomen.

In Figuur 3.1.6 staan de verdelingen van de indices per hoofdstuk. Hieruit blijkt dat door de verschillende respondenten over de volledige range antwoorden geformuleerd werden.



Figuur 3.1.6 Verdelingen van de berekende indices per hoofdstuk

Op basis van de indices werden correlaties berekend tussen de 4 hoofdstukken (Tabel 3.1.6). Het hoofdstuk ‘Opleidingen’ is sterk positief gecorreleerd met ‘Houding t.o.v. schade aan het bos’ en met ‘Informatiebronnen’. Hieruit kan geconcludeerd worden dat exploitanten die meer opleidingen gevolgd hebben (of willen volgen) ook actiever op zoek gaan naar informatiebronnen en zich bewuster zijn van het feit dat exploitatie schade kan aanbrengen aan het bos. Deze redenering gaat ook op in de andere richting: exploitanten die meer info raadplegen, volgen meer opleidingen en ook exploitanten die zich bewuster zijn van schade o.i.v. exploitatie staan positiever tegenover het volgen van opleidingen. Andersom kan deze redenering opgebouwd worden voor de ‘negatieve’ exploitanten: minder opleidingen volgen staat in relatie tot minder infobronnen raadplegen en een kleiner bewustzijn of onwetendheid m.b.t. schade aan het bos.

Daarnaast komen nog 2 verbanden naar voor die positief gecorreleerd zijn, zij het minder sterk dan de voorgaande. Er blijkt een relatie te zijn tussen het hoofdstuk ‘Informatiebronnen’ en ‘Houding t.o.v. schade aan het bos’ enerzijds en ‘Houding t.o.v. bosvriendelijke methoden’ anderzijds. Opnieuw kan dezelfde redenering opgebouwd worden: exploitanten die meer informatiebronnen raadplegen, zijn zich bewuster van mogelijke schade aan het bos en hebben een positievere houding t.o.v. gebruik van bosvriendelijke methoden, en vice versa. Hoe minder info geraadpleegd wordt, hoe kleiner het bewustzijn m.b.t. schade aan het bos en hoe negatiever de houding t.o.v. bosvriendelijke methoden is.

De houding t.o.v. bosvriendelijke methoden blijkt niet in verband te staan met de houding t.o.v. schade aan het bos. Dit wil zeggen dat exploitanten die zich ervan bewust zijn dat er exploitatieschade kan aangebracht worden aan het bos niet per se gebruik zullen maken van bosvriendelijke exploitatiemethoden. Evenzo blijkt er geen verband te zijn tussen het volgen van opleidingen en de houding t.o.v. bosvriendelijke methoden.

Tabel 3.1.6 Correlatie coëfficiënten van de Spearman’s rho correlatie tussen de 4 hoofdstukken

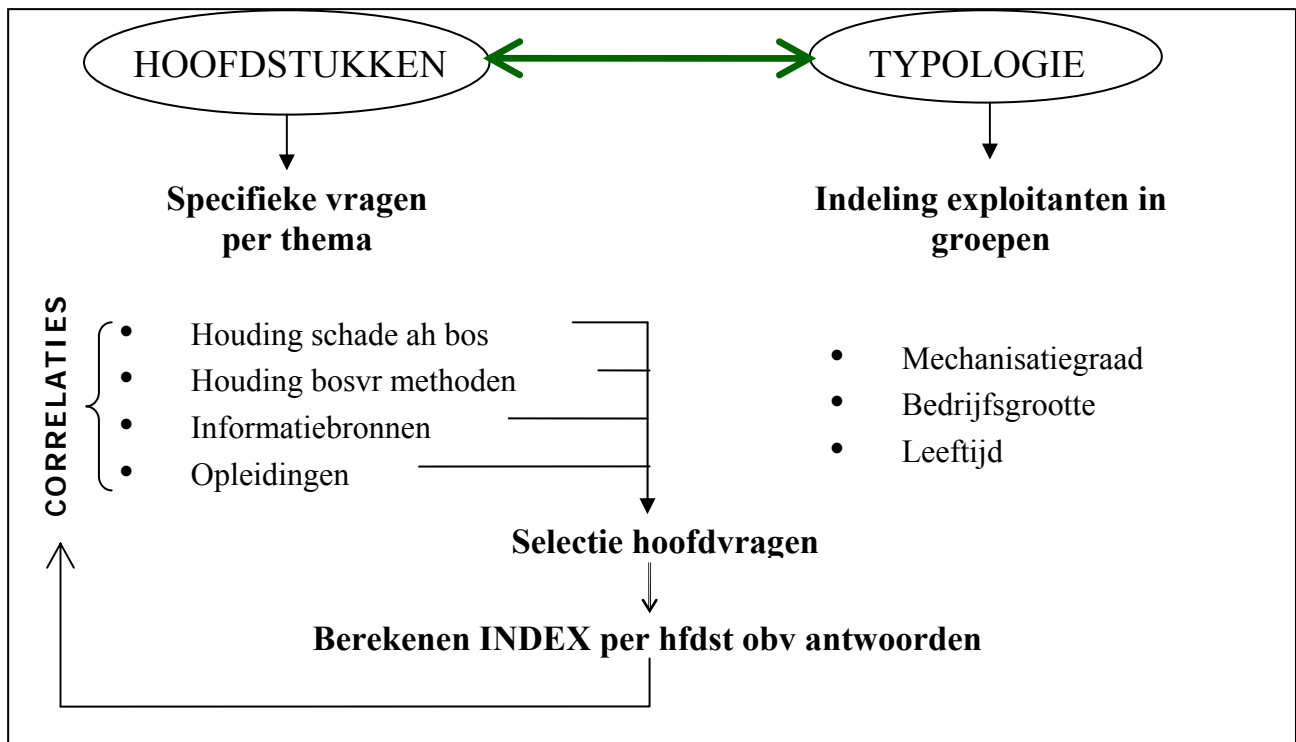
	<i>Houding schade</i>	<i>Houding bosvr meth</i>	<i>Informatiebronnen</i>
<i>Houding schade</i>			
<i>Houding bosvr meth</i>	0.069		
<i>Informatiebronnen</i>	0.210 * (p = 0.051)	0.191 * (p = 0.074)	
<i>Opleidingen</i>	0.289 ** (p = 0.009)	0.099	0.362 ** (p = 0.001)

* Correlatie is significant op het 0.1-niveau

** Correlatie is significant op het 0.01-niveau

iii) *TYOLOGIE - HOOFDSTUKKEN*

Om te achterhalen of de afgebakende types exploitanten (volgens de typologieën) een specifiek gedrag vertonen, werd in dit laatste luik onderzocht of er verbanden bestaan tussen de 2 voorgaande luiken (Figuur 3.1.7). Op die manier kan bijvoorbeeld bepaald worden of oudere/jongere zaakvoerders of sterker gemechaniseerde bedrijven een andere houding hebben t.o.v. bosvriendelijke methoden of het volgen van opleidingen.



Figuur 3.1.7 Schematische voorstelling van de verwerking van de enquêtes: Stap 3 – HOOFDSTUKKEN ↔ TYPOLOGIEËN

In de eerste plaats werd opnieuw een Spearman's rho correlatie uitgevoerd (Tabel 3.1.7). De leeftijd van de zaakvoerder is sterk negatief gecorreleerd met 'Informatiebronnen'. Dit wil zeggen dat jongere zaakvoerders meer info raadplegen dan oudere zaakvoerders. Verder is de leeftijd van de zaakvoerder tevens negatief gecorreleerd met 'Opleidingen', zij het minder sterk dan met 'Info'. Jongere zaakvoerders zullen dus ook meer geneigd zijn om opleidingen te volgen dan de oudere. De leeftijd van de zaakvoerder blijkt geen invloed te hebben op de houding t.o.v. schade aan het bos of bosvriendelijke methoden. Daarnaast komt er ook een zwakke positieve correlatie voor tussen 'Mechanisatiegraad' en 'Informatiebronnen': hoe sterker een bedrijf gemechaniseerd is, hoe meer info men zal raadplegen. 'Bedrijfs grootte' ten slotte is met geen enkel hoofdstuk gecorreleerd. Hieruit is af te leiden dat de grootte van het bedrijf weinig invloed zal hebben op het gedrag van de exploitanten die er voor werken.

Tabel 3.1.7 Correlatie coëfficiënten van de Spearman's rho correlatie tussen de 3 typologische parameters en de 4 hoofdstukken

	<i>Leeftijd zaakvoerder</i>	<i>Bedrijfs grootte</i>	<i>Mechanisatiegraad</i>
<i>Houding schade</i>	- 0.177	- 0.056	- 0.159
<i>Houding bosvr meth</i>	0.039	0.080	0.054
<i>Informatiebronnen</i>	- 0.356 ** (p = 0.001)	0.130	0.188 * (p = 0.077)
<i>Opleidingen</i>	- 0.208 * (p = 0.065)	- 0.068	- 0.167

* Correlatie is significant op het 0.1-niveau

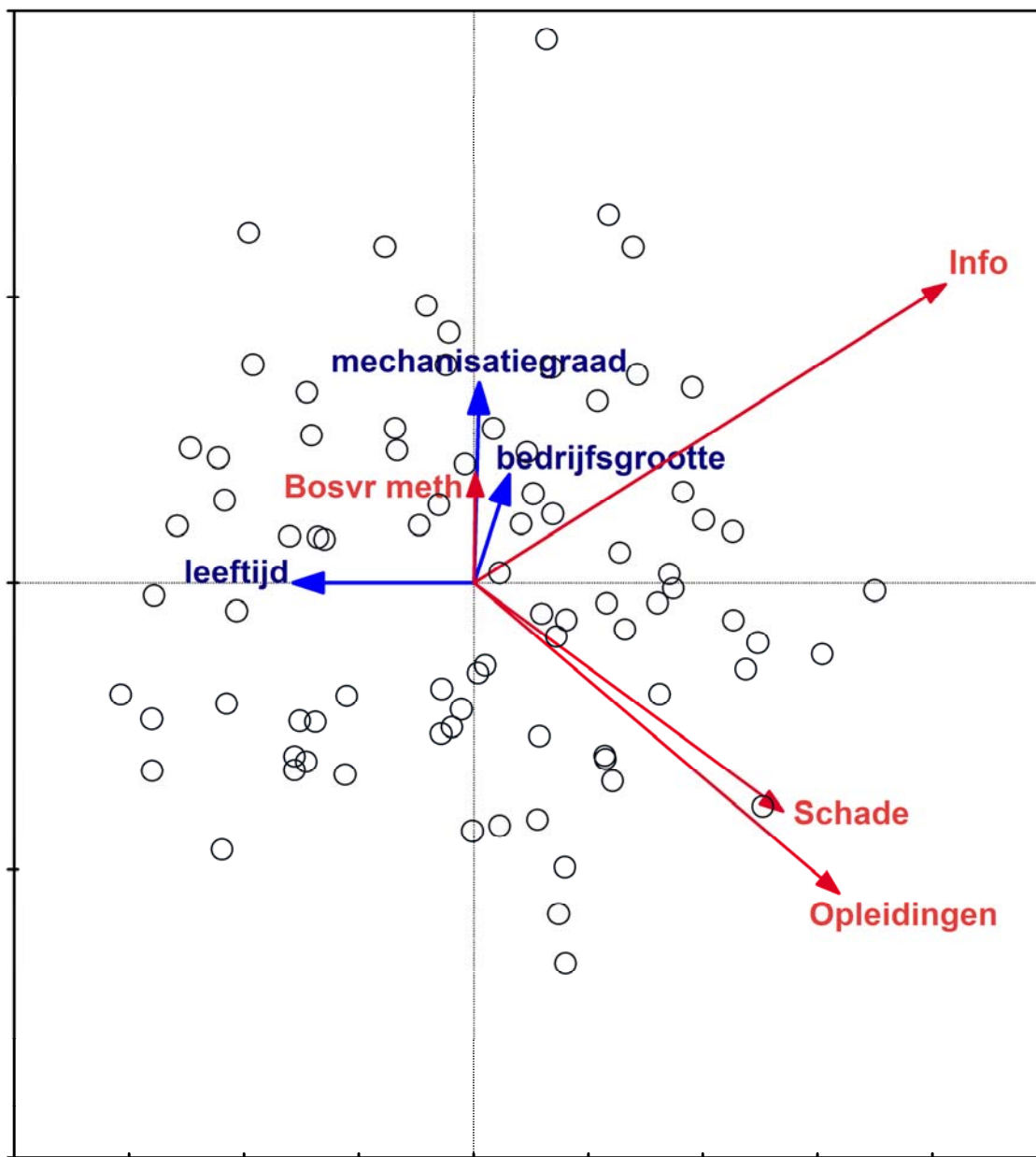
** Correlatie is significant op het 0.01-niveau

Analoge resultaten werden bekomen na het uitvoeren van een multivariate data-analyse (**ordinatie**). Bij ordinarie worden gegevens die in een multidimensionale ruimte liggen, in het tweedimensionaal vlak voorgesteld. Het is een middel om meerdere variabelen gelijktijdig te bestuderen en relaties tussen deze variabelen en de verklarende variabelen op te sporen. Het resultaat van ordinarie is een

rangschikking van data in een laagdimensionale ruimte, zodanig dat gelijkende eenheden bijeen liggen en niet-gelijkende eenheden ver uit elkaar. De 2 dimensies van de voorstellingsruimte worden voorgesteld door de 2 assen, en deze zijn op die manier georiënteerd zodat ze de grootste variatie in de dataset verklaren.

RDA (redundatieanalyse; *redundancy analysis*) is zo'n ordinatietechniek. Aan de hand van RDA konden zowel de typologische parameters als de indices van de hoofdstukken opgenomen worden in de analyse (Figuur 3.1.8). Uit de analyse bleek dat de 1^e as 10 % van de variatie in de dataset verklaart, de 2^e as verklaart slechts 1 % van de variatie. In Figuur 3.1.8 is duidelijk te zien dat de 1^e as volledig gestuurd wordt door 'leeftijd van de zaakvoerder'. Deze typologische parameter is dus cruciaal bij het verklaren van het gedrag van exploitanten. De andere 2 typologieën 'Mechanisatiegraad' en 'Bedrijfsgrootte' zijn georiënteerd volgens de 2^e as en geven m.a.w. weinig tot geen verklaring voor het gedrag van exploitanten.

Leeftijd van de zaakvoerder blijkt dus meest bepalend te zijn voor het gedrag van de exploitanten. Jongere exploitanten (bevinden zich in de rechter helft van Figuur 3.1.8) raadplegen meer info, volgen meer opleidingen en zijn zich bewuster van schade o.i.v. exploitatie. De houding t.o.v. bosvriendelijke methoden is echter onafhankelijk van de leeftijd (hoek 90°). Op basis van deze resultaten zou men kunnen stellen dat jongere exploitanten 'bewuster' exploiteren. De oudere exploitanten beschikken echter wel over een flinke dosis ervaring, wat waarschijnlijk de hoofdreden is waarom zij niet massaal op zoek gaan naar bijkomende informatie en/of opleidingen.



Figuur 3.1.8 Visuele voorstelling van de data in het tweedimensionaal vlak (RDA), met de typologische parameters (blauw) en de hoofdstukken (rood) als verklarende variabelen

Ten slotte werd bekeken welke hoofdstukken al dan niet gecorreleerd zijn wanneer de opsplitsing gemaakt wordt in de verschillende categorieën van ‘Mechanisatiegraad’ en ‘Bedrijfsgrootte’. Hieronder staan de respectievelijke categorieën opgelijst met tussen haakjes het aantal respondenten. Daarbij staan steeds de hoofdstukken die gecorreleerd zijn, met tussen haakjes de Spearman’s rho correlatie coëfficiënt.

- * Correlatie is significant op het 0.05-niveau
- ** Correlatie is significant op het 0.01-niveau

Mechanisatiegraad = 1 (20):
geen

Mechanisatiegraad = 2 (22):
** houding bosvriendelijke methoden - info (r = 0.538)

Mechanisatiegraad = 3 (48):

- * houding schade - info (r = 0.361)
- ** houding schade – opleidingen (r = 0.474)
- ** info – opleidingen (r = 0.451)

Bedrijfsgrootte = 1 (41):

- ** houding bosvriendelijke methoden - info (r = 0.461)

Bedrijfsgrootte = 2 (28):

- * info – opleidingen (r = 0.443)

Bedrijfsgrootte = 3 (15):

- * houding schade - info (r = 0.608)
- ** houding schade – opleidingen (r = 0.712)

Deze resultaten tonen aan dat er duidelijke profielen van exploitanten af te leiden zijn naarmate het bedrijf sterker gemechaniseerd wordt. De niet gemechaniseerde bedrijven (categorie 1) zijn zeer heterogeen en moeilijk als groep te vatten, terwijl bij de sterk gemechaniseerde bedrijven (categorie 3) er duidelijk een groep van ‘positieven’ en een groep van ‘negatieven’ is. Hoe meer informatie geraadpleegd wordt en hoe meer opleidingen gevolgd worden, hoe bewuster men zich is van schade aan het bos o.i.v. exploitatie, en vice versa.

Bij opsplitsing volgens bedrijfsgrootte is deze trend minder duidelijk. Desondanks komen wel gelijkaardige correlaties naar voor, wat niet ongewoon is aangezien in §i bleek dat ‘Mechanisatiegraad’ en ‘Bedrijfsgrootte’ niet onafhankelijk zijn van elkaar.

Hieruit kan geconcludeerd worden dat investeren in opleidingen en informatieverstrekking vooral doeltreffend is bij sterk gemechaniseerde, grotere bedrijven.

5. Conclusie

Uit de verwerking van de enquête kunnen een aantal conclusies getrokken worden.

- **Exploitanten zijn niet te typeren o.b.v. bestandstype of activiteit binnen de sector**
→ **Exploitatie in Vlaanderen is relatief kleinschalig; iedereen doet een beetje vanalles, weinigen zijn gespecialiseerd.**
- **Leeftijd van de zaakvoerder is meest bepalend voor het gedrag van de exploitanten**
→ **Jonge exploitanten exploiteren ‘bewuster’.**
→ **Oudere exploitanten hebben meer ervaring en gaan daarom minder (actief) op zoek naar bijkomende informatie en/of opleidingen.**
- **Mechanisatiegraad en bedrijfsgrootte zijn niet onafhankelijk van elkaar**
→ **Er zijn enerzijds kleine, niet tot weinig gemechaniseerde bedrijven en anderzijds middelgrote tot grote, sterk gemechaniseerde bedrijven.**
→ **Duidelijke profielen van exploitanten af te leiden bij de sterk gemechaniseerde bedrijven.**
→ **Investeren in opleidingen en informatieverstrekking is vooral doeltreffend bij sterk gemechaniseerde, grotere bedrijven.**

3.2 Visie houtvesters over schade en kwetsbaarheidsclassificatie (diepte-interviews)

1. Doelstelling

In oktober – december 2006 werd van de 9 houtvesters een diepte-interview afgenomen. Via de diepte-interviews was het de bedoeling om te achterhalen waar de knelpunten liggen bij (het gebruik van) de kwetsbaarheidskaart (KBHK), die het eindproduct was van de studie ‘Ecologisch verantwoorde houtexploitatiewijzen voor bossen op kwetsbare bodems’ (Goris et al., 2005). Verder werd ook ondervraagd welke informatie de beheerders nodig hebben m.b.t. schade ten gevolge van bosexploitatie en de kwetsbaarheidsclassificatie. De diepte-interviews zouden ook moeten kunnen dienen om te bepalen wat een werkbaar instrument kan zijn ter validatie en inschatting van bodemdegradatie, als eindproduct van deze studie.

2. Inhoud interview

In de diepte-interviews met de houtvesters werd gepeild naar hun visie op schade ten gevolge van bosexploitatie enerzijds en hun visie op en ervaringen met de KBHK anderzijds. Hieronder staan de vragen van de 2 luiken opgelijst.

i) Visie schade

- *Is de impact van gemechaniseerde houtoogst schadelijk voor het bosecosysteem?*
- *Brengt gemechaniseerde houtoogst meer schade dan vroeger?*
- *Op welke manier wordt ervoor gezorgd dat schade gereduceerd wordt (gebruik vaste ruimingspistes, kabel)? En worden hierop uitzonderingen toegestaan?*
- *Is de erkenningsregeling een verbetering voor de bosexploitatie en de toegebrachte schade?*
- *Wat is uw mening omtrent de schoontijd?*
- *Zijn exploitanten algemeen weigerachtig of gewillig om exploitatievoorwaarden na te leven?*

ii) Visie KBHK

- *Bent u op de hoogte van details omtrent de KBHK?*
- *Wordt deze kaart hier al in gebruik genomen? Zo nee, waarom niet? (knelpunten)*
- *Is deze kaart een geschikt formaat om exploitatievoorwaarden toe te kennen? (suggesties)*
- *Zou u ze gebruiken als leidraad of als suggestief element?*
- *Nuttig om de kaart te integreren in een beheerplan?*
- *Kennen de boswachters de info omtrent de KBHK? Wat is hun mening?*

3. Resultaten

Voor de meeste vragen kon een zekere heterogeniteit in de antwoorden van de verschillende houtvesters opgemerkt worden. Daarom was het niet mogelijk om een eensluidende samenvatting van de diepte-interviews te maken. Hieronder volgen dan ook de voornaamste antwoorden uit deze interviews, gebundeld per vraag.

1. Vindt u dat de impact van de gemechaniseerde houtoogst, meer bepaald van de voertuigen, op het bosecosysteem schadelijk is? En zo ja, in welke zin?

- *Altijd wel schade, maar veel hangt af van de exploitant en de omstandigheden waarin*
- *Hangt ervan af op welke manier die machines gebruikt worden (machinist!!)*
- *Ja, elke machine, zelfs een paard, is schadelijk.*
- *Ja, vooral het uitslepen is schadelijk*

- Nog niet ervaren, neen.
- Gemechaniseerde houtoogst kan plaatselijk een heel negatieve impact hebben als je dat niet voldoende stuurt, dat is zeer duidelijk.
- Op zandgronden geeft gemechaniseerde houtoogst, mits een aantal afspraken, bijna geen probleem voor het bosecosysteem. Integendeel, het is zelfs positief, want je kan bij wijze van spreken in een week doen wat vroeger soms een half jaar duurde. Je kan dus een aantal dingen concentreren in tijd, snelheid...
- Elke houtoogst heeft uiteraard een impact op het bosecosysteem. Maar als je op de juiste manier gemechaniseerd hout oogst, dan wordt normaal gezien de draagkracht van een bos naar ecologische functie helemaal niet overschreden.

2. *Is deze schade groter dan bij de vroeger gebruikte methoden en voertuigen (vb. uitrijden met lichte tractoren, uitslepen met paard --> nu vervangen door zware forwarders en skidders)?*

- Neen, de grotere machines brengen niet per se meer schade aan. Schade is voornamelijk afhankelijk van de machinist en de (weers)omstandigheden waarin de exploitatie gebeurt.
- Het is niet de grootte of zwaarte van de machine, het is de bouw of het draagvlak van de banden die belangrijker is.
- In brandhoutloten is er nog altijd het probleem van de tractors met dunnen banden die enkel trekken op de achteras.
- De mechanisatie is nog te recent om te kunnen vaststellen of er nu heel zeker schade is.
- Neen, veel voordelen en weinig nadelen op zandgronden (harvesters). Soms veel meer problemen te zien met het trekken en draaien van klassieke, zogezegd lichtere tractoren, dan met een goede harvester-processor.
- Neen, maar het jammere is dat ze er twee keer doormoeten (harvester + forwarder). En nu zelfs een derde keer als ze het kroonhout voor energiehout willen meenemen. Als dat in één beweging allemaal had gekund, dan denk ik dat we de perfecte oplossing hadden voor gemechaniseerde houtoogst.
- Neen, harvesters zijn minder erg dan die landbouwtractorke waar ze vroeger mee in het bos zaten te crossen.

3. *Men zegt dat het gebruik van zware houtoogstmachines een grote impact op de bodem heeft, wat zou leiden tot bodemverdichting, bodemomwoeling en bodeminstulping. Vindt u/ bent u akkoord dat er bodemverdichting en -instulping wordt aangebracht?*

- Ja.
- Vooral visueel te zien. Ook bodemverdichting, maar mag niet overroepen worden: de duur van de impact (herstel) is afhankelijk van de situatie
- Ja maar schade is een relatief begrip. Schade werd vroeger voornamelijk geïnterpreteerd als instulping, terwijl dat eigenlijk het minste van de zorgen is (vergeleken met langdurige schade aan het bosecosysteem)
- Ja, bodemverdichting is het grootste risico
- Nog niet vastgesteld
- Schade is een moeilijk te definiëren begrip en na vele jaren ervaring op zandgronden heb ik nog altijd niet echt duidelijke bodemschade gezien op die gronden. Maar het is natuurlijk niet omdat er niets te zien is dat er geen schade is...
- Er is bodemverdichting, ja, maar in hoeverre die nadelig is voor het ecosysteem, daar zou ik nog niet zo eenduidig kunnen op antwoorden (bossen op zandgronden).
- Ja, dat is niets nieuws.

4. *Vindt u dat deze gevolgen voor de bodem schadelijk zijn voor het boscysteem? Zo ja, op welke manier?*

- Fysisch → bodemverzuring. Op bepaalde plaatsen ook op de flora. Op de boomgroei moeilijk te zeggen omdat het niet visueel waarneembaar is.
- Op dat vlak zijn wij eigenlijk onvoldoende op de hoogte. We zien duidelijke veranderingen in de vegetatie gedurende de afgelopen decennia, maar we weten niet welk aandeel exploitatie daarin heeft.
- Fysisch → o.i.v. het dichtklappen van de poriën wijzigen de mechanische eigenschappen van de bodem, de bodemverluchting en waterhuishouding → wat op termijn schade toebrengt aan de wortels.
- Er is weinig zichtbare schade, ook op de kruidlaag is er geen effect te zien
- Alles begint met de abiotiek en als die verstoord is dan is het ecosysteem per definitie ook verstoord, aangezien alles daaraan vasthangt: kruidlaag, boomlaag, bodemfauna, ...
- Vernieling van de porositeit

5. *Vanaf wanneer vindt u deze processen schadelijk?*

- ????? Definitie schade????

6. *Vindt u dat deze bodemschade moet vermeden worden? Zo ja, hoe vindt u dan dat dat moet gebeuren (vb. uitkabelen, vaste ruimingspistes)*

- Ja, maar het moet haalbaar zijn. Geen voorstander van altijd en overal vaste ruimingspistes
- Zorgen dat er op het goede moment kan geëxploiteerd worden! Uitbreiding van de exploitatietermijn, zodat ze bij de juiste omstandigheden kunnen werken. Of verbieden van te werken tijdens natte periodes (ruimingsstop) en die periode dan erna erbij rekenen. Stukken waar té veel miserie verwacht wordt, daar exploiteren we gewoon niet meer. Vaste ruimingspistes moeten nog wat uitgeteerd worden. Niet in alle situaties werkbaar. Bijvoorbeeld in ongelijkvormig hooghout met verjongingsgroepen is dat problematisch.
- Absolute voorstander van pistes in naaldhout, in zwaar loofhout is en blijft de haalbaarheid een probleem.
- In naaldhout bezig met aanleggen van pistes in de jonge bestanden die aan een eerste dunning toe zijn of nog te jong zijn om met de processor door te kunnen. In de oudere naaldbestanden wordt nog niet met vaste pistes gewerkt.
- Er zijn terreinen die uiterst gevoelig zijn en waar zelfs een zeer goed bestuurder van een harvester of zo nog een belangrijke negatieve impact zal hebben en waar je naar alternatieven moet zoeken. Er zijn terreinen waar je met een goede reglementering, bijvoorbeeld vaste ruimingspistes, en ervaren mensen de schade tot een aanvaardbaar niveau kunt herleiden. Probleem van de vaste pistes is dat die vaak een heel kunstmatig beeld creëren.
- Het aantal keren dat teruggekomen wordt in een bestand beperken, bijvoorbeeld om de 9 jaar i.p.v. om de 6 jaar, en dan dus meer volume meenemen in een keer (naaldhout). Probleem met vaste pistes is dat de beheerder er veel extra tijd moet insteken terwijl die machinist wel best zelf weet waar hij moet/kan rijden.
- Vaste pistes zijn een goede zaak en dragen bij tot het werken op gestructureerde manier. Ook in jonge naaldhoutbestanden leggen wij al de basis voor vaste pistes: door bij de 1^e dunning om de 14m er een rij tussenuit te halen.
- Op alle nattere of vochtige plaatsen komt geen harvester binnen. Als er daar moet gewerkt worden, dan is het met de rupskraan of anders niet. Met de rupskraan, of uitlieren. Eén van de twee, en dat staat zo in het lastenboek.
- Wat is het nut van vaste ruimingspistes in een dennenbestand van 70-80 jaar oud? Die exploitant kan er perfect doorheen. Die mannen gaan hun tijd niet verliezen om systematisch door heel het bos

te gaan rijden. Nee, die pakken altijd het beste pad dat ze maar één keer doormoeten en dat ze alle bomen hebben. Dat doen die uit nature.

- Een ander bezwaar tegen de vaste pistes is dat men een veel te dicht wegennet creëert. Om de 200 of 100 m heb je sowieso altijd een bosweg. Wat zin heeft dat om om de 50 m allemaal wegskes te leggen? Je hebt daar niets dan overlast mee later, want die worden dan gebruikt door de mountainbikers, de joggers, de ruiters, iedereen begint dat te gebruiken, en op het laatste heb je uw boske versnipperd in allemaal kleine blokskes van 50m.

- Als de boswachter van in het begin bij de exploitatie aanwezig is en regelmatig naar de exploitatie gaat kijken heb je weinig problemen, anders gebeuren er allerlei fouten.

7. *Vaste ruimingspistes enkel in naaldhout --> indien ook in loofhout, dan uitkabelen naar de piste?*

- Ook in loofhout (waar voorjaarsflora groeit). Daar wordt inderdaad geëist dat er uitgekabeld wordt, inrijden mag enkel in uitzonderlijke omstandigheden, mits toestemming van de boswachter. Het toepassen van vaste ruimingspistes is een proces dat nog wat tijd nodig heeft; zowel beheerders als exploitanten moeten daar aan (kunnen) wennen.

- Kabelen wordt voor sommige bestanden opgelegd, voor andere niet; soms wordt er dus met de machine tot aan de voet gereden.

- Bomen van 3m50 uitkabelen, dat is om miserie vragen! Bomen > 2m krijgen ze toelating om leeg naartoe te rijden en de boom op te heffen en naar de kant te trekken. Er moet nog meer ervaring opgedaan worden over pistes in loofhout in de praktijk.

- Het loofhout is veel te zwaar om te kabelen

- Kabelen is een goed systeem in heel natte omstandigheden, anders de kortste of minst schadelijke weg vanop de piste tot aan de boom.

8. *Hoe wordt in uw houtvesterij de brandhoutruiming geregeld?*

- Opruimen kroonhout wordt niet losgekoppeld van exploitatie van de stammen. De exploitant verkoopt de kronen door aan particulieren. Alle schade die daar dan gebeurt is de verantwoordelijkheid van de koper.

- Brandhoutloten worden bewust aan kleine brandhoutkopers uit de buurt verkocht, uit overtuiging dat dat het draagvlak voor het bos vergroot. Wij beheerders moeten er dan voor zorgen dat zij dat op een milieuvriendelijke manier kunnen doen.

- Brandhout wordt heel vaak in kleine lotjes aan de plaatselijke bevolking verkocht, apart van de commerciële houthandel. We maken daarbij geen onderscheid in de voorwaarden die we opleggen.

- Kroonhout blijft tot 31 december eigendom van de koper; particulieren regelen dan iets met die koper ivm dat kroonhout. Zolang ze zich aan onze regels houden kunnen ze hun brandhout dan zelf uit het bos halen (persoonlijke beschermingsmiddelen, ons op de hoogte stellen wanneer hij om het kroonhout komt)

- Nadat we in het verleden problemen gehad hebben met de onderaankopers die het kruinhout kwamen halen en alles vernield hadden, hebben we daarna de verkoop van de stammen en de kruinen losgekoppeld. Daarna kruinhout apart verkocht zodat we dat heel goed in de hand hadden, met bepaalde voorwaarden

9. *Vindt u dat de erkenningsregeling een verbetering inhoudt voor de bosexploitatie en de schade die wordt toegebracht (verplichte opleidingen en vormingsdagen, opleidingen wel zelf te kiezen...)?*

- Erkenningsregeling is zeker een positieve evolutie omdat ze verplichte opleiding inhoudt en regels oplegt en zo hopelijk de 'slechte' exploitanten zal doen verdwijnen. Maar de dossiers zullen

voldoende streng aangepakt moeten worden om de beoogde veranderingen daadwerkelijk te realiseren. Alleen dan kan het een succes worden.

- Ja, is een positief proces met hopelijk goede gevolgen
- Erkenningsregeling houdt kansen in voor verbetering, maar enkel en alleen als ze daadwerkelijk toegepast zal worden.
- Ja, het is enigszins een stok achter de deur: ze weten dat er het één en het ander boven hun hoofd hangt als ze er echt hun voeten aan vege. Maar die stok achter de deur is ook positief, in die zin dat zij zich gewaardeerd voelen dat zij kwaliteitswerk kunnen leveren.
- Die erkenningsregeling maakt onmiskenbaar deel uit van het bewuster klimaat waarin wij de afgelopen 10 jaar werken (beheervisie, CDB). Ook naar arbeidsveiligheid is het een grote verbetering.

10. Heeft u problemen met de schoontijd voor de exploitaties (manier waarop vastgelegd, redenen voor schoontijd,...)?

- Geen problemen ermee, zolang ze maar flexibel toegepast wordt (vaste periode die kan uitgebreid of ingekort of afgeschaft worden is OK)
- Zolang je kan afwijken van de standaard schoontijd weinig problemen ermee. Bepaalde bestanden (populier zonder ondergroei of homogeen naaldhout) zouden vrij van schoontijd moeten kunnen zijn. Daar zou je bijvoorbeeld de regel van 1/3 schoontijdvrije bestanden kunnen toepassen.
- Neen, geen problemen, want in de lente zijn de bomen heel gevoelig voor schorsschade. Is een belangrijke reden om schoontijd te behouden.
- Het is niet slecht dat zo een periode bestaat voor de bewustwording van alle groepen die ermee geconfronteerd worden, maar in principe zouden we het niet alleen op de exploitanten mogen afwentelen, maar ook op wandelaars, fietsers, ruiters, enz; hoewel dat ook wel bijzonder verregaand is. Belangrijk is dat er soepel omgegaan wordt met verlengingsaanvragen.
- Probleem is dat de criteria niet objectief genoeg zijn waardoor het toepassen van de schoontijd vaak afhangt van de beheerverantwoordelijke. Werken met een zeker percentage schoontijdvrije bestanden is geen goed criterium want het ene jaar zijn de geschalmde bestanden waardevoller dan het andere.
- Als agentschap hebben wij ook een verantwoordelijkheid tov de economische sectoren die van het bos afhangen, o.a. de houtsector dus. Daarom vinden wij dat 1/3 schoontijdvrij moet zijn. Dit is perfect mogelijk zonder dat de doelstellingen van broedperiode en verstoring ed. in het gedrang komen.
- Neen, op voorwaarde dat men er niet van uit gaat dat er geen uitzonderingen mogelijk zijn. Grosso modo 1/4 tot 1/3 van het volume dat je aanbiedt zou schoontijdvrij moeten zijn. Het is soms zelfs ecologisch interessanter om toch tijdens schoontijd te kunnen werken, gewoon omwille van weersomstandigheden. Als het altijd nat is en in de schoontijd droog, dan heb ik veel liever dat ze in de schoontijd exploiteren dan dat ze in nat weer heel de boel om zeep rijden.
- Schoontijd is in eerste instantie een ethische kwestie, een begrip, dat moet er echt zijn. Maar je mag daar als bosbeheerder dan ook geen misbruik van maken en dat gewoon te pas en te onpas gaan toepassen! Je moet immers ook met de economische realiteit rekening houden.
- Ja, een vaste schoontijd is iets zinloos. Bij ons wordt die schoontijd bekeken naar de aard van de zaak. Dat is een periode met (meestal) droog weer dus het is belangrijk dat er ook dan gewerkt kan worden in het bos. Als er gevoelige soorten zitten (bijvoorbeeld nachtzwaluw), ofwel ga je daar niet kappen (natuurreservaat of bosreservaat), ofwel ga je daar kappen met een schoontijd. Maar voor de rest, in de heel grote (naaldhout)complexen, is er weinig probleem. Als er daar toevallig een haviknest zit, dan wordt gevraagd om dat te sparen of daar een beetje rond te rijden. En als je met de harvester werkt, en je werkt die blokken rap af, en dat gaat snel, en nog geen halve dag later zit die vogel al terug op zijn nest. Zo gaat het meestal.

11. Weet u reeds iets van deze kwetsbaarheidsclassificatie en bijhorende kwetsbaarheidskaart af?

- Ja, maar kaart wordt niet gebruikt.
- Nog nooit toegepast op een concreet geval
- Ja, maar nog niet toegepast/getest
- Ja
- Ja maar geen details
- Ja maar nog niet bekeken

12. Vindt u het nuttig/correct om bodems op deze manier onder te verdelen in categorieën en hieraan de exploitatievoorwaarden op te hangen? Of zouden deze categorieën en voorwaarden op een andere manier moeten worden afgeleid?

- Er komen te veel categorieën uit al die kaarten. En de bodemkaart is te dominant in het hele concept. Bodemkaart wordt beter niet als detailinstrument gehanteerd om op voort te bouwen.
- In de praktijk is dat gewoon niet werkbaar.
- Gegevens BWK en hellingen en zo zijn weinig relevant gezien de boswachters de bestanden door en door kennen en wel weten waar de waardevolle en de minder waardevolle stukken liggen.
- Louter afgaan op de bodemkaart is niet voldoende
- Een kaart is altijd een abstractie, dus je moet altijd nog een stuk terreinaanvulling doen. BWK bijvoorbeeld is op vele plaatsen totaal achterhaald.
- Het is een academisch product, maar als praktijkmens kan je er toch altijd iets uithalen.
- Negen categorieën is veel te veel!

13. Heeft u deze kaart reeds in gebruik genomen? Zo nee, om welke reden?

- Neen, omwille van de moeilijke hanteerbaarheid (digitaal) en bedenkingen bij de correctheid ervan (bodemkaart). Er staan veel te veel categorieën op. Zo'n kaart zal/kan pas z'n nut bewijzen als ze veel nieuwe inzichten geeft bij zaken die men ervaringsgewijs al weet. Zou handiger zijn als ze gedrukt zou worden én vereenvoudigd (minder categorieën!)
- Neen, wegens tijdsgebrek. Vaak zijn het ook zeer evidente zaken die eruit komen (kwetsbare stukken in het bos zijn meestal gekend)
- Bodemkaart en terreinervaring geeft ons evenveel informatie.
- Neen, want ze leert me weinig nieuws.
- Neen, het idee was om ze te bekijken op het moment dat we de catalogus voor de houtverkopen opmaakten, maar we hebben geen tijd gehad om naar die kaart te kijken.
- Neen, weinig gedetailleerd en geeft mij geen nieuwe informatie. Je moet me niet verkeerd begrijpen, maar het zou mij verwonderen dat er dingen zouden in staan waarvan wij ineens van onze stoel vallen en dat we daar ons beheer zouden op enten. Toen dat cd-tje nog niet bestond, wisten we ook wel dat die grond gevoelig was en die grond niet gevoelig.

Indien u ze wel in gebruik zou nemen,

14. Zou u deze kaart echt gebruiken als leidraad om exploitatievoorwaarden op te stellen of enkel suggestief/informatief?

- Eerder ondersteunend, voornamelijk bij twijfelgevallen kunnen we erop terugvallen. Bij het opstellen van voorwaarden / opleggen van maatregelen kan je je beter verantwoorden waarop het gesteund is (is dus formeler).
- Bijvoorbeeld bij opstellen van een beheerplan kan de kaart er wel bijgenomen worden ipv alleen de bodemkaart
- Als suggestief element voor de meest kwetsbare delen

- Niet als een strikt gegeven op te vatten, daarvoor is het veel te rigide, maar eerder als denkoefening bij de extreme gevallen
- Het is een hulpmiddel, het kan een alarmbelletje doen rinkelen waar het eventueel moet, maar je moet toch nog altijd op terrein gaan om er een inschatting van te maken natuurlijk.
- In de eerste plaats toepassen op de meest gevoelige stukken. Er moet toch goed nagedacht worden over het hoe & wat bij een exploitatie en dat dient dan vertaald te worden in verkoopsvoorwaarden.
- Op basis van die kaart denk ik niet dat ik een lastenboek van een houtverkoop kan opstellen.
- Neen, wij gaan eerder af op terreinkennis. Als de wachters een aantal weken lopen te hameren dan zien ze toch wel heel wat meer dan wat je uit zo'n cd-tje zou zien.

15. Zou u deze kaart gebruiken voor alle bossen of eerder enkel voor algemene situaties of eerder specifieke situaties?

- Specifieke situaties, bijvoorbeeld plekken waar er grote natuurwaarde is, die overeenkomt met kwetsbare bodem.
- Bijvoorbeeld keuze van gebieden waar je vaste ruimingspistes wil aanleggen. De kaart kan wel helpen als je prioriteiten zou moeten stellen.
- Het is belangrijk om daar toch een objectief verhaal van te maken: wat al dan niet kan in bepaalde situaties. De boswachter kan dat voor een stuk maar die heeft in de meeste gevallen niet echt het overzicht over het grotere geheel. Daarom is dit een verhaal dat op niveau van de houtvesterij bekeken moet worden.
- Alle bossen, want deze kaart moet eigenlijk een instrument zijn dat bij de opmaak van een beheerplan wordt bekeken.

16. Vindt u dat deze kwetsbaarheidskaart het geschikte formaat is om exploitatievoorwaarden toe te kennen voor een bepaald bestand? Zo neen, heeft u andere suggesties (vb. PC-programma waarmee omstandigheden kunnen worden ingegeven → decision support system)?

- Kaart is beter en directer, ook voor de wachters. Veel computergestuurd plannen of beslissen is niet realistisch in Vlaanderen.
- Belangrijk is dat de resultaten van al die studies getoetst worden aan de realiteit op terrein.
- Dat kan allemaal een belangrijke meerwaarde geven, maar ik heb niet het gevoel dat de voordelen daarvan opwegen tegen de energie dat dat kost
- Het grootste probleem is tijdsgebrek. Welk format er ook zou komen, het opstellen van de houtcatalogus is op zich al zo een heksentoer, dat bijkomende dossiers gewoon onbegonnen werk zijn...
- Kaart is het meest aangewezen werkmiddel, en werkt voor de meeste mensen ook het simpelste.
- Bosbeheerders appreciëren goed kaartmateriaal, eerder dan alle mogelijke accesstabelletjes en queries waar geen resultaat uitkomt. De meeste mensen zijn kaarten gewend dus ik zou dat op die manier blijven visualiseren.

17. Vindt u het zelf nuttig om deze kaart te integreren in een uitgebreid beheerplan?

- Ja natuurlijk is dat nuttige informatie. De UBP's die opgemaakt worden door het INBO bevatten deze kaart systematisch, bij de studie bureaus echter niet.
- Niet echt, omdat een beheerplan openbaar is en een buitenstaander deze info verkeerd zou kunnen interpreteren.
- Kan als hulpmiddel/leidraad dienen bij opmaak beheerplan
- Het is zeker niet de bedoeling om op basis van die kaart vaste ruimingspistes te gaan vastleggen over de ganse oppervlakte van het beheerplan.

- Ja eigenlijk wel. Het luik exploitatie wordt meestal vrij beperkt ingevuld in een beheerplan, en dat zou eigenlijk serieus uitgebreid moeten worden: met de vaste ruimingstracés, de stapelplaatsen, de verharde wegen waarlangs het hout kan worden afgevoerd. Ook de inkleuring van zones waar de schoontijd geldt. En dan die kwetsbaarheid als basis om randvoorwaarden op te stellen bij de houtverkoop. Dus een soort syntheseblad dat je dan ook heel gemakkelijk kan gebruiken, of synthesekaart.

- Ja, ik denk dat die kaart voornamelijk haar nut kan bewijzen bij de opmaak van beheerplannen. Ook achteraf, bij wissel of wegvallen van ervaren boswachters, kan deze informatie/richtlijnen in het beheerplan van cruciaal belang zijn voor de nieuwe wachters.

- Ja, het zou eigenlijk een reflex moeten zijn om bij de opmaak van een beheerplan naar die kaart te kijken. Studiebureaus schrijven in twee zinnen "vaste ruimingspistes, zoveel mogelijk" en daar blijft het bij. Daar weet je dus niets mee. Dan zouden ze zich op zijn minst op een wetenschappelijk document moeten beroepen om zoiets in een beheerplan te schrijven.

- Die info mag gerust in het beheerplan staan maar uiteindelijk wordt dat na een tijd toch niet meer gelezen. Voor het dagdagelijkse bosbeheer zitten wij niet de hele tijd in al die rapporten en boeken te lezen.

18. Zijn de boswachters in uw houtvesterij reeds op de hoogte van de informatie omtrent het gebruik van de kwetsbaarheidskaart?

- Ze kennen de hoofdlijnen ivm doel en gebruik van vaste ruimingspistes, maar de kaart hebben de meesten nog nooit gezien.

- Niet echt. Bedoeling was om met alle wachters eens een praktisch geval op terrein te gaan bespreken maar dat is er (nog) niet van gekomen.

- De kaart is vermeld en zelfs getoond op dienstvergadering, maar verder geen details daarrond gegeven. Voor het niveau waarop de boswachters werken is die kaart eigenlijk niet relevant want ze is te grof.

- Neen.

- Ik heb een stil vermoeden dat ze daar nog niet veel over weten.

- Niet de details

o Indien niet, ligt nochtans voor hen een belangrijke taak weggelegd in de toepassing ervan. Hoe vindt u dat informatieoverdracht omtrent de kwetsbaarheidskaart naar boswachters toe best verloopt (via uzelf, ANB, Inverde)?

- Verplichte vormingsactiviteit; per houtvesterij!! Zaken die vernieuwend zijn binnen het bosbeheer zouden door de volledige boswachtersploeg gevolgd & bediscussieerd moeten worden.

- Noodzakelijk dat daar binnen de houtvesterij, met de hele ploeg, over kan gediscussieerd worden!! Het moet alleszins gekoppeld worden aan de dagdagelijkse praktijkervaring. Moet niet noodzakelijk door Inverde gebeuren.

- Er kunnen duidelijkere & rechtstreekse afspraken gemaakt worden als we het vanuit de houtvesterij zelf duiden.

- Een vormingsdag omtrent allerlei aspecten van bosexploitatie zou heel nuttig zijn voor de wachters. Niet op niveau van Vlaanderen (te veel volk) maar bijvoorbeeld op niveau van de provincie. Het mag niet te grootschalig zijn zodat er ook ruimte is voor vragen en debat! Moet goed begeleid zijn.

o Indien wel, kent u hun mening betreffende het gebruik van de kaart en de mogelijke problemen?

- Net zoals bij de houtvesters zijn er onder de boswachters voor- en tegenstanders en twijfelaars

- De bodem is het minste van hun zorgen. Na een exploitatie kijken zij voornamelijk naar de mate waarin de struiklaag beschadigd is.

19. Zijn exploitanten naar uw mening algemeen weigerachtig of gewillig om opgelegde exploitatievoorwaarden na te leven?

- Zeer afhankelijk van exploitant tot exploitant. Positieve ervaringen met Nederlanders, mindere ervaringen met Walen & Fransen...
- We zien een verandering. Vooral de jongere generatie beseft dat ze met een aantal zaken rekening zal moeten houden, wil ze blijven exploiteren in de toekomst. De oudere generatie is daar moeilijker in. Maar dat is iets dat moet groeien. Zolang we er blijven op aandringen, volgen ze op den duur toch. En degenen die de miserie geven zijn meestal dezelfde...
- Het systeem is de afgelopen jaren erg verstrengd dus uiteraard beschouwen de exploitanten dat als een beperking van hun vrijheid. Het draait voor hen dan ook allemaal om geld. Daarom is het belangrijk om het systeem eerst op kleine schaal te veranderen en dat dan langzaam en systematisch uit te breiden. Dat is de enige manier om veranderingen door te voeren die op lange termijn werkbaar blijven.
- Als we even bekijken aan welk tempo we sinds enkele jaren veranderingen aan het doorvoeren zijn, dan zijn de exploitanten over het algemeen eigenlijk wel gewillig. We hebben al veel vooruitgang geboekt op zeer korte tijd! Voornamelijk naar veiligheidsmaatregelen (kledij) en milieuvriendelijkheid (bv. bio-afbreekbare olie) is er een sterk groeiend bewustzijn. Ivm bosvriendelijke methoden (bijv. pistes) ligt dat anders, daar staat de sector zeker nog niet achter.
- Als de voorwaarden in hun ogen redelijk zijn, dan zijn ze gewillig. Als ze in hun ogen niet redelijk zijn, dan hebben ze het er moeilijk mee. De kunst is om ze zoveel mogelijk te informeren. Hoe beter we hen informeren, hoe meer inzicht ze kunnen hebben in het waarom en hoe van de voorwaarden, en hoe beter ze aanvaard zullen worden. Dus communicatie met de houtsector is heel belangrijk!!
- Het merendeel zijn mensen waar je wel deftige afspraken mee kan maken en die dan ook inzien dat er een aantal zaken moeten worden afgesproken. Voor een aantal andere, die hebben het er wel moeilijker mee. Maar over het algemeen valt het goed mee; zeker omdat die sector meer en meer wordt geprofessionaliseerd.
- Dat zijn meestal fatsoenlijke mensen die doen wat wij vragen. Iemand die zich niet aan de voorwaarden houdt, die wordt daar natuurlijk onmiddellijk op aangesproken.
- Zeer gewillig! De ene exploitant is de andere niet, maar diegene waar je door de loop van de jaren een goede relatie mee hebt opgebouwd, die zijn zeer gewillig om geen problemen met u te krijgen. Als beheerder moet je logisch, menselijk en pragmatisch zijn. Je moet geen ondoenbare dingen aan die mannen proberen op te leggen. Op het moment dat je hamert, moet je je eigenlijk in de plaats stellen van de exploitant, en denken hoe die dat hout daaruit kan krijgen. En ik ben ervan overtuigd dat de exploitanten niets liever wensen dan samen te werken.

20. Hoe denkt u dat ze staan tegenover het gebruik van de kwetsbaarheidskaart? (als deze zou worden opgenomen in beheerplan --> veel extra voorwaarden in lastenboek!)

- Kopers zullen zeker afgeschrikt worden door zo'n kaart, al zal dat soms totaal niet nodig zijn.
- Moesten we die gegevens uit die studie (te) strikt toepassen, dan zouden er waarschijnlijk wel bemerkingen komen van de exploitanten. Maar die kaart wordt niet als een dogma beschouwd, eerder als een steun, dus niet verplicht toe te passen.
- Extra voorwaarden die hun werk bemoeilijken daar staan ze uiteraard niet positief tegenover
- Als je op voorhand goed communiceert en als je die kwetsbare zones op het terrein een beetje logisch afbakent zodat zij zich daar ook kunnen naar schikken, dat moet dat kunnen. Maar zij zijn natuurlijk geen vragende partij voor beperkingen om de beperkingen te hebben. Er is één belangrijk element om ons dat duidelijk te maken, en dat is de prijs die zij bieden. Het is dan ook essentieel dat we in het begin bij de communicatie heel duidelijk stellen wat we juist willen, en dan zien wat dat oplevert als resultaat bij de bieding uiteindelijk.

4. Conclusie

Hoewel de meningen van de houtvesters over schade, de impact van exploitatie op het boscysteem en de kwetsbaarheidsclassificatie niet altijd even consistent zijn, kan toch uit de diepte-interviews in grote lijnen geconcludeerd worden dat volgens hen de schade door gemechaniseerde exploitaties niet toegenomen is t.o.v. vroeger en dat de impact voornamelijk afhankelijk is van de machinist, de weersomstandigheden en de degelijkheid van de machine (belang bandbreedte bijvoorbeeld). Het is opvallend dat het begrip schade nog steeds het onderwerp vormt van een semantische discussie: schade is moeilijk te definiëren en wordt dus vaak op een subjectieve manier beoordeeld.

Het concept vaste ruimingspistes is relatief nieuw en kent dus zowel voor- en tegenstanders. Algemeen bestaat er wel een consensus over de toepasbaarheid ervan in naaldhout, terwijl in loofhout de haalbaarheid een probleem blijft. Hier wordt het belang benadrukt om zulke (ver)nieuwe(nde) methoden geleidelijk aan in te voeren, afhankelijk van locatie en situatie, maar ze zeker niet als horizontale maatregel op te leggen.

De kwetsbaarheidskaart wordt algemeen niet gebruikt. Hiervoor bestaan verschillende redenen, maar de beheerders staan hier voornamelijk sceptisch tegenover omdat het hen weinig nieuwe inzichten over hun bossen geeft. Bij de opmaak van nieuwe beheerplannen zouden ze echter wel overwegen deze kaart te raadplegen. De meeste boswachters weten amper van het bestaan van de kwetsbaarheidskaart af.

3.3 Sensibilisatie omtrent de problematiek van bodemdegradatie (vormingsdagen)

In het kader van de erkenningsregeling werden door Inverde cursusedagen georganiseerd voor exploitanten en boswachters. Deze vormingsdagen gingen door op 18 (exploitanten Antwerpen), 19 (ANB Antwerpen), 20 (exploitanten Leuven) en 21 (ANB Leuven) juni 2007. Op deze dagen kregen de deelnemers in de voormiddag les van Robbie Goris over de geschiedenis van de bosexploitatie, schade door exploitatie, gebruikte methoden en machines bij klein- en grootschalige bosexploitaties en hoe een exploitatie best gepland wordt. In de namiddag volgde een terreinbezoek waarbij een bestand werd opgezocht, gebruikt in het winterexperiment van het TWOL-project. De bedoeling hiervan was om enerzijds een beeld te geven van de visuele schade na exploitatie en anderzijds de ondergrondse effecten te verduidelijken aan de hand van enkele figuren (microreliëf, zie § 2.1.7.vi, blz. 39). Verder werd met de deelnemers ook gediscussieerd over knelpunten bij exploitaties. De boswachters kregen een praktische oefening omtrent het aanduiden van vaste ruimingspistes.

In de onderstaande tekst worden de voornaamste knelpunten weergegeven die gedurende deze dagen naar voor gebracht werden.

1. Het standpunt van de exploitanten

- Vorbereiden van een exploitatie
 - i. Uitzetten van ruimingspistes: bij het uitzetten, is het, zeker voor het slepen, van belang dat de pistes *recht genoeg* zijn. Dit is echter heel moeilijk rechtlijnig uit te zetten, wat kan leiden tot sleepschade in de bochten. Bovendien wordt al te vaak veel te weinig plaats voorzien voor rijden en draaien.
Soms lijkt het *nutteloos* om ruimingspistes aan te duiden. Stel een bestand van 2 ha met elke 20m een ruimingspiste van 4m breed. Hierdoor wordt 20-25% van de oppervlakte sowieso bereden en is deze niet meer bruikbaar voor houtoogst. Bovendien zitten er vaak slechte plekken in de ruimingspistes waardoor toch rondgereden moet worden en de bereden oppervlakte bijgevolg vergroot.
 - ii. Schalmen: *meerzijdig schalmen* is een absolute noodzaak opdat de exploitant de schalm goed zou kunnen zien. Bovendien moet er bij het schalmen meer rekening gehouden worden met het daadwerkelijk vellen van de bomen. De bomen moeten relatief gemakkelijk kunnen vallen (niet inhaken in andere bomen).
 - iii. Kwetsbare plaatsen: boswachter en exploitant brengen best vooraf samen een *bezoek* aan het terrein zodat de boswachter kan wijzen op de meest kwetsbare plaatsen of speciale omstandigheden. Deze kwetsbare plaatsen worden idealiter ook extra aangeduid zodat ze goed te zien zijn vanuit de machine.

- Exploitatieperiode-houtverkoop

Het gebruik van vaste ruimingspistes wordt als nuttig beschouwd bij droog weer, maar bij nat weer is er op deze pistes ook veel schade, en worden er ook diepe sporen gemaakt. Om zoveel mogelijk schade aan de kruidlaag te vermijden, wordt sowieso best gewerkt bij droog weer. Men acht het beter om de exploitatieperiode om deze reden te beperken tot de *drogere periode*. Dit brengt dan wel weer de discussie omtrent de schoontijd op gang die net in de droogste periode van het jaar gelegen is.

De exploitatie van beuk is in dit opzicht ook heel lastig. Beuken moeten er nog in het najaar uit, terwijl de openbare verkoop pas in oktober plaatsvindt. Op het moment dat de exploitatie

kan doorgaan, is de bodem bijgevolg al redelijk nat. Een oplossing zou zijn om de *openbare verkopen vroeger* te houden zodat de exploitaties in een drogere periode kunnen gebeuren.

- Exploitatievoorwaarden

- i. Voorwaarden aan machines: vaak wordt geopperd dat het beter zou zijn om met *lichtere* machines rond te rijden in het bos. Volgens sommige exploitanten hebben deze machines echter meer slip wat ook zorgt voor bodemschade. Soms wordt geëist dat *paarden* gebruikt worden omdat deze een veel lagere bodemdruk hebben. Echter, de sleepschade van paarden aan stamvoeten is zeker niet te verwaarlozen en op vlak van tijdsefficiëntie is dit ook geen voordelige methode als hier geen compensatie voor voorzien wordt. Bovendien weegt langhout vaak veel zwaarder dan de paardentrekkracht van 500kg waardoor de inzet beperkt is. Een *lagere bandendruk* zou kunnen leiden tot een minder zwaar schadebeeld. Veel exploitanten begrijpen dit wel maar volgens hen is er zowiezo een minimumdruk nodig om tractie mogelijk te maken. Over die minimumgrens is er redelijk wat verdeeldheid. Bovendien beschikken niet alle exploitanten over een even grote kennis over het bosbouw materiaal. Volgens vele lopen banden op lagere druk veel sneller lek. Een bosbouwband heeft echter een veel sterker karkas waardoor de band minder snel zal slijten en zich rond hindernissen zal plooiën in plaats van te scheuren. Wat betreft de bandendruk geldt het volgende. Bij ‘normale’ lage druk is de druk op de bodem ongeveer gelijk aan de druk in de band. Als de bandendruk stijgt, kan de band zich wel nog tot in een bepaalde mate vervormen maar deze vervormbaarheid is beperkt door de intrinsieke bandsterkte. Bijgevolg is de druk, doorgegeven aan de bodem, groter dan de bandendruk, en is er meer schade. Er zijn heel wat *bosvriendelijke aanpassingen* mogelijk aan de machines die in Vlaanderen rondrijden, maar deze worden niet toegepast. Volgens de exploitanten zijn investeringen in het machinepark voor de sterk versnipperde bosoppervlakte in Vlaanderen niet rendabel.
- ii. Financiële compensatie: de meeste exploitanten zijn akkoord met het principe van *ruimingspistes*. Echter, in loofhoutbestanden wordt nu vaak een tussenafstand van 20-40m aangehouden, zodat een grote afstand door lieren overbrugd moet worden. Maar er ontbreekt momenteel een compensatie of meerprijs voor de fysieke arbeid en extra tijd die het sleuren met de kabel met zich meebrengt. Bovendien kost het de beheerder ook geld om de bodem na een exploitatie terug los te maken door frezen. Voorstel is dat geld te gebruiken om de exploitant wat meer te betalen om proper te werken en eventueel de kabel te gebruiken. Van hogerhand worden heel wat regels opgelegd, zoals het verplicht gebruik van biologisch afbreekbare *olie* of het gebruik van *paarden*. Dit zijn echter soms dure en tijdrovende verplichtingen en een tegemoetkoming bestaat (nog) niet. Een financiële compensatie zou kunnen door op houtverkopen de verkoopprijs per kubieke meter te laten dalen of door de exploitant (in onderaanneming) te betalen per uur in plaats van per kubieke meter gekapt hout.
- iii. Herstellen van schade aan wegen: in exploitatievoorwaarden wordt vaak geëist dat wegen niet *beschadigd* mogen worden, en als dat toch gebeurt, dat ze hersteld moeten worden. Het grote probleem hierbij is echter dat de wegen vaak op voorhand al in slechte staat zijn, waardoor ze niet anders dan beschadigd kunnen worden. Hier wordt gevraagd aan de beheerders om de exploitant tegemoet te komen, door de wegen op voorhand in een goede staat te brengen.
- iv. Opmerking: er worden heel wat exploitatievoorwaarden opgelegd, maar deze worden veelal *niet nageleefd of gecontroleerd*. Dit is heel frustrerend voor exploitanten die wel veel moeite doen om deze voorwaarden strikt na te komen. Bij het optreden van een zwaar schadegeval krijgt de hele sector al vlug een stempel opgedrukt, ook al menen velen het heel goed.

Bovendien, als er iets fout gaat, wordt de schuld heel snel in de schoenen van de exploitant geschoven, ook al ligt de fout niet steeds bij die persoon.

Het gebruik van een *kabelkraan* wordt hier meestal als ondenkbaar beschouwd en gelinkt aan bergachtige streken. Echter, wanneer alle kosten voor het opruimen van de schade meegerekend worden, blijkt de kostprijs voor het inzetten van een tractor en een kabelkraan ongeveer gelijk te zijn.

- Algemeen

- Opmerking: ook al wordt een boom geveld over de piste of bijgelierd tot op de piste, dan blijft er nog een grote fysieke *arbeid over* om alle stamstukken (vb bij brandhout) van in het bestand tot op de weg te brengen, ook al bedraagt deze afstand maar 30m. Om deze arbeid te vermijden, wordt heel vaak met de machine het bestand ingereden.
- Certificering: rond certificering voert het ANB volgens de exploitanten een ietwat *tegenstrijdig beleid*. Men stimuleert (of verplicht) het certificeren, maar om een FSC/PEFC label te krijgen, moet elke schakel een certificaat hebben (exploitant, onderaannemer, zagerij,...). Er moet veel meer energie in het hout gestoken worden, maar er is geen compensatie vanwege de overheid. Dit zorgt ervoor dat het hout veel duurder wordt dan niet-gecertificeerd hout. Het wordt bijgevolg niet gekozen boven het goedkopere gewone hout waardoor het systeem ineen valt.

2. Het standpunt van de beheerders

- Vorbereiden van een exploitatie

- Uitzetten van ruimingspistes: Als overall rondgereden wordt met zware machines beïnvloedt dat niet enkel de bodem zelf via bodemverdichting en –verwonding. Op deze manier kan ook de loofverjonging kapotgereden worden, waardoor de subsidie verloren kan gaan. De meningen ten opzichte van het al dan niet aanleggen van vaste ruimingspistes zijn echter *verdeeld*. Sommige boswachters werken met vaste ruimingspistes, de meesten niet. Uit de discussie blijkt ook dat het type bestand hier van belang is. In naaldhoutbestanden (meestal zandige bodem) wordt met de harvester eerder zonder ruimingspistes gewerkt, in loofhoutbestanden worden wel vaker ruimingspistes aangelegd (discussie ANB Antwerpen). Bij het plannen van een exploitatie met vaste ruimingspistes dient *rekening gehouden* te worden met het volgende:
 - voldoende stapelruimte voorzien, alsook genoeg plaats om te manoeuvreren;
 - pistes leggen dat ze zo evenwijdig mogelijk aan de weg uitkomen, anders moet te kort gedraaid worden, met sleepschade aan stamvoeten als mogelijk gevolg;
 - voorzie ‘draaibomen’ (kantbomen): bomen die aan de rand van de pistes staan en die sowieso gekapt moeten worden (maar daarom niet meteen in de eerste exploitatie). Deze bomen blijven tot op het laatste staan en worden gebruikt om andere bomen bij het slepen tegen te draaien. Hier schuilt echter het probleem dat kapper en sleper vaak los van elkaar werken en bijgevolg soms geen rekening met elkaar houden. Draaibomen worden dan vaak te vroeg gekapt zodat er niet meer tegen gesleept kan worden. Een goede communicatie onderling is dus ook van groot belang.
 - Eventueel al bij de bepaling van de ligging van de ruimingspistes rekening houden met het gebruik van de kort- of langhoutmethode (voorzien van randbomen).

Het aanleggen van ruimingspistes is in feite deels tegenstrijdig met de *visie van ANB*. Er worden geen rechtlijnige aanplantingen meer voorzien om het inkijkeffect en sluikwegen te vermijden. Ruimingpistes moeten echter recht zijn om het slepen zo efficiënt mogelijk en met de minste schade te laten verlopen. Dit geeft echter net aanleiding tot dit inkijkeffect en sluikwegen.

- ii. Schalmen: soms wordt er geschalmd zonder echt rekening te houden met het feit of het wel mogelijk is om te *vellen zonder schade*. Men vindt het daarom beter dat de beheerder vooraf het bestand in gaat met de exploitant en de prijs in overeenkomst bepaalt, volgens de moeilijkheidsgraad van de te vellen bomen. Dan zijn er bovendien achteraf ook geen problemen indien er onnodig schade is toegebracht.
- iii. Contact met exploitant: bij de planning van een exploitatie moet goed *geïnformeerd* worden naar de exploitant (welke ervaringen, kennis?). Er moet bovendien geëist worden dat de exploitant minimum twee dagen op voorhand *verwittigt* wanneer hij zal beginnen.

- Schoontijd

De boswachters zien geen probleem in de huidige regeling. Enerzijds zijn er volgens hen al *voldoende andere droge perioden* in het jaar. Sommige exploitanten willen nu éénmaal per se op het laatste, in april-mei exploiteren. Brandhout opwerken wordt soms wel toegestaan in de schoontijd (afhankelijk van de houtvesterij), maar het uitslepen sowieso niet. Anderzijds is het ook niet overal nodig om drie maanden schoontijd aan te houden. Bovendien is het in de winter, als het wel toegestaan is, *vaak te nat* wat kan leiden tot serieuze bodemverdichting en –verwonding, en kan het in de schoontijd, als het meestal droog is, ook niet omwille van de vogelbroedperiode. Men moet zich dan wel afvragen wat het ergst is: bodemverdichting veroorzaken om een paar vogels gedurende drie maanden met rust te laten? Het probleem wordt nog versterkt door het feit dat bepaalde boomsoorten in specifieke periodes gekapt moeten worden vb. beuk in winter, en dat de bodemomstandigheden hiervoor niet steeds gunstig zijn.

Men stelt zich trouwens de vraag of de schoontijd moet aangehouden worden voor *populier op grasland*. Dit valt te bediscussiëren.

- Houtverkoop

De *prijzetting* zou anders moeten gebeuren. Deze zou aangepast moeten worden aan de exploitatievoorwaarden. Hoe meer voorwaarden er zijn, hoe minder de exploitant zou moeten betalen. Maar volgens de huidige regeling krijgt de meest biedende het lot. Bovendien is de verkoopperiode zo kort (alle verkopen binnen de twee maanden) dat ze geen tijd hebben om alle verkoopvoorwaarden door te nemen. Bijgevolg bieden ze een hoge prijs om het lot te kunnen bekomen, maar ze kennen de voorwaarden niet en dus ook niet hoeveel extra tijd en geld het hen zal kosten. Het is dus beter om de verkoopperiode te spreiden zodat ze de exploitatievoorwaarden deftig kunnen lezen.

- Exploitatievoorwaarden

- i. Voorwaarden aan machines: volgens de boswachters is een propere exploitatie met *paard* zeker mogelijk. Men moet in gedachten houden dat er bij elke exploitatie wel een bepaalde vorm van schade optreedt, zowel met paarden als machines. Wanneer met paarden uitgesleept wordt, is de lengte van de bomen en de richting van vellen wel zeker van belang. De grootste schadevormen worden overwegend gekoppeld aan het gebruik van *zware machines*, die vaak kriskras door het bestand rijden. Wanneer deze machines echter gebruikt worden voor het vellen voor zware bomen, kan de schade sterk beperkt worden. In deze

bestanden is er plaats genoeg voor het aanleggen van vaste pistes zonder dat hiertoe veel extra bomen geveld moeten worden.

Wel is waar dat de machines vaak veel te groot zijn in verhouding tot het te exploiteren lot.

ii. Opruimen van kroonhout: in de verkoopvoorwaarden staat dat al het hout met een diameter >7 cm het bos uit moet. Dit betekent dat het kroonhout weggehaald moet worden na een exploitatie. Deze voorwaarde wordt echter zelden nageleefd.

iii. Schade: er is gebrek aan een *objectief systeem* om te oordelen wat schade is en wat niet, waar de grens ligt. Momenteel is dit nog steeds een subjectieve beoordeling. Verschillende feiten worden als schadelijk aanzien: opengereten boomschors, slepen van stammen tegen boomvoeten, het haken van geveld bomen in de boomkruinen van toekomstbomen, het vormen van sporen... Sommige schadebeelden worden echter niet door elke boswachter op dezelfde manier beoordeeld. Bijvoorbeeld: de invloed van het slepen door een paard is vergelijkbaar met de doorgang van everzwijnen, spoorvorming is voordelig voor salamanders en is in dat opzicht niet negatief als het niet vlaksgewijs voorkomt (anderen zien de hiermee gepaard gaande wortelbeschadiging wel als heel negatief). Maar voor evaluatie en eventuele schadeclaims is het nodig dat er een standaardisatie is.

Schade is trouwens sterk *afhankelijk* van de exploitant, zijn ervaring en opleidingsniveau. Het probleem is dat het hout op openbare verkopen nu steeds naar de meest biedende gaat, onafhankelijk van het opleidingsniveau van de exploitant. Hier zou wijziging in gebracht moeten worden.

Als er bij een exploitatie een *stamvoet kapot* gereden wordt, is het trouwens beter om die boom niet weg te schalmen bij de volgende exploitatie. Deze boom kan hier immers nog dienen als draaiboom.

Volgens de boswachters is het *optreden van schade* vaak het resultaat van een gebrek aan kennis bij de exploitanten. Ze zouden zelf bepaalde kwetsbare zones moeten zien en ontwijken. Belangrijk is zowiezo om zelf het weer goed in de gaten te houden en eventueel de ruimingstijd te verlengen indien nodig.

Bovendien is het niet steeds de exploitatie zelf die de meeste schade doet, maar wel de *brandhoutophaling*. Hierbij wordt overal in het bestand rondgereden, vaak met te zware machines.

- Algemeen

Er is een evolutie naar steeds zwaardere machines die tot alles moeten kunnen dienen. Bijgevolg moeten de boswegen draagkrachtiger zijn en vaker hersteld worden dan vroeger. Dit betekent een meerkost en een extra tijdsinvestering voor ANB. Men verwacht trouwens niet dat de capaciteit van de harvesters in de toekomst nog sterk zal toenemen. Indien deze verder zouden kunnen reiken, dan moeten ze voor voldoende stabiliteit ook breder zijn en dan kunnen deze machines niet meer op de dieplader.

3. Algemeen

Uit de discussies die doorheen de dagen onderling gevoerd worden, kunnen volgende punten afgeleid worden:

- Voor de exploitanten zou een exploitatie in eigen regie beter zijn, gezien exploitaties dan per uur kunnen betaald worden en niet meer per kubieke meter hout die verwerkt wordt. Veel exploitanten staan namelijk niet zo weigerachtig tegenover bosvriendelijke methoden, maar willen deze niet uitvoeren omdat dit te veel tijd en moeite kost en ze hiervoor niet gecompenseerd worden. Indien betalingen gebeuren per uur en niet per verwerkte hoeveelheid hout, staan ze niet zo onder

tijdsdruk en kunnen ze meer tijd besteden aan het toepassen van een andere methode die minder schade aanbrengt, vb. lieren naar de piste in plaats van naar de stam te rijden.

- De kappers vinden dat ze sterk onderbetaald worden en voelen zich machteloos tegenover hun bazen die alle winst opstrijken. Het is een kleine sector en ze zouden zich op één of andere manier willen/moeten verenigen om te kunnen opkomen tegen 'wantoestanden'.
- Er is een heel grote nood aan overleg tussen het beheer en de exploitatiesector. Deze 2 sectoren moeten toenadering zoeken en kunnen enkel op deze manier van elkaar leren en begrip opbrengen voor elkaars standpunt. Momenteel is er een te grote kloof tussen het ANB en de exploitatiesector. Er is veel te weinig voeling met het terrein. Maar al te vaak worden regels (met vaak grote gevolgen voor de exploitanten) opgesteld vanachter de bureaus zonder te weten of deze echt uitvoerbaar zijn met de middelen die er nu zijn en zonder dat vooraf overlegd of geïnformeerd werd naar de exploitatiesector toe. Veelal is er ook te weinig opvolging van de regels. Deze moeten tijdig geëvalueerd worden waarna beslist moet worden deze eventueel aan te passen of terug af te voeren, zeker wat betreft oudere regelgevingen.
- Een echt klankbord ontbreekt trouwens voor de exploitanten. Er werden in het verleden al heel wat klachten afgeleverd aan het adres van het ANB maar er komt zelden tot nooit respons op. Dit levert frustraties op voor de exploitanten die voelen dat ze verdrukt worden. Bijgevolg wordt elke persoon die ook maar een beetje in contact komt met ANB als schietschijf gebruikt omtrent alles waar ze problemen mee hebben. Er zou een vorm van info- en vragenpunt moeten voorzien worden voor de exploitanten waar ze met hun frustraties en opmerkingen terecht kunnen én waar bovendien ook gezocht wordt naar oplossingen, een stap die tot nu toe wat te vaak ontbreekt.

3.4 Evalueren en optimaliseren van economisch-ecologisch verantwoorde houtvermarkting (dialoogmomenten)

In januari 2008 gingen 6 dialoogmomenten door. Hiervoor werden 3 regio's geselecteerd o.b.v. de meest voorkomende bestandstypes: Oost-Vlaanderen (populier), Vlaams-Brabant (zwaar loofhout), Kempen (naaldhout). Per regio ging een dialoogmoment door met de 'grote' exploitanten en een met de 'kleine' exploitanten.

De bedoeling van deze dialoogmomenten was om de beheerders (ANB en Bosgroepen) in dialoog te laten treden met exploitanten, en dit in kleine discussiegroepjes o.l.v. een moderator. De discussiethema's behandelden de knelpunten die momenteel leven in de sector van de bosexploitatie. Hieronder volgen de voornaamste conclusies uit deze dialoogdagen, in de vorm van aanbevelingen voor een optimalisatie van de houtvermarkting in Vlaanderen. De belangrijkste pro's en contra's worden vermeld.

Algemeen is duidelijk dat er over de volledige lijn veel meer overleg, communicatie en afspraken nodig zijn! Dit is van toepassing op alle onderstaande aanbevelingen. Goede afspraken, onderling overleg en een duidelijke communicatie zijn de sleutels tot een degelijke exploitatie. Dit zijn zaken die er moeten zijn tussen alle betrokkenen: beheerder/eigenaar/bosgroep – koper – onderaannemer, en dit vooral vóór aanvang van de exploitatie, maar zeker ook tijdens en na!

1. Langere exploitatietermijn

De huidige exploitatietermijn bedraagt 1 jaar. De administratie na de houtverkoop zorgt echter voor een aanzienlijk tijdverlies. In de lente is er dan de schoontijd en tijdens de zomervakantie zijn de fabrieken gesloten. Al deze factoren zorgen ervoor dat de effectieve exploitatietermijn uiteindelijk korter is. Een langere exploitatietermijn zou een middel zijn om schade te vermijden, gezien het de sector meer ademruimte zou geven en de werken dan minder gehaast moeten verlopen. Ook voor privé-eigenaars zou een langere exploitatietermijn ideaal zijn. Op die manier zouden zij kleine lotjes kunnen doen aansluiten bij mekaar of combineren met een groot te exploiteren lot in de buurt.

Concreet leidden de discussies tot enkele voorstellen:

- Uitbreiding van de exploitatietermijn tot 18 maanden, met mogelijkheid tot verlenging van 6 maanden indien de (weers)omstandigheden slecht waren. Hoewel kortere exploitatietermijnen organisatorisch beter werkbaar zijn voor beheerders, en een uitbreiding aanpassingen in UBP's vraagt, staan de beheerders hier niet geheel afwijzend tegenover. Nochtans wordt er gevreesd dat een langere exploitatietermijn niet zal benut worden, maar eerder zal fungeren als 'speculatietermijn'. Er moeten dus duidelijke afspraken gemaakt worden dat de exploitant van de gegeven exploitatietermijn gebruik maakt! Hiervoor zou een systeem uitgewerkt kunnen worden (bijv. met bonus?)
- Exploitatietermijn zou 3 maanden moeten overlappen met de volgende termijn: op die manier kan de continuïteit verzekerd worden.
- Vellings- en exploitatietermijn loskoppelen van elkaar, m.a.w. het uitsplitsen van vellen en slepen in de tijd. Dit betekent dat beheerders/eigenaars gedurende 1 of 2 jaar na de velling gratis ruimte ter beschikking stellen in het bestand om de stammen te laten liggen. Bijkomende voordelen van zo'n tijdelijke stapelplaats is dat het hout tegen dan droog is, waardoor er een gewichtsverlies tot 30 % zal zijn en dus ook minder transportkosten; bovendien kan men zich op die manier beter indekken tegen leveringsstops van fabrieken.

Een nadeel aan deze methode is dat er 2 x verstoring wordt toegebracht als het hout later wordt uitgesleept.

- o Flexibelere exploitatietermijn: iedereen is het er over eens dat gratis verlengingen van de termijn soepeler moet gegeven/verkregen worden in bepaalde situaties. Een algemene regel hieromtrent zou volgende omstandigheden in acht moeten nemen:
 - wanneer de werken werden stilgelegd omwille van weersomstandigheden
 - wanneer de kapvergunning te laat was
 - gratis verlenging met hetzelfde aantal weken als de werken stil lagen/kapvergunning te laat was

2. Houtverkopen spreiden

Een andere manier om het probleem van 'administratief tijdverlies' tijdens de exploitatietermijn op te lossen, is de houtverkopen te spreiden over het jaar. Traditioneel gaan de houtverkopen door in oktober, dit betekent echter een serieuze tijds- en financiële investering voor exploitanten. Bovendien is het in oktober ook Week van het Bos, waardoor de boswachters druk bezet zijn. Zowel de exploitanten als de boswachters hebben amper tijd om alle loten (samen) te gaan bekijken. Dit alles zou geoptimaliseerd kunnen worden door 2 houtverkopen per jaar te houden (cfr. Wallonië: $\frac{3}{4}$ wordt verkocht in september, $\frac{1}{4}$ in het voorjaar).

De beheerders (BG'en en ANB) merken op dat de voorbereiding van een houtverkoop veel werk vergt en dus organisatorisch en praktisch niet haalbaar is om 2 verkopen per jaar te doen. Ook naar opvolging & controle van de exploitaties is 2 x verkopen per jaar niet realistisch. Twee houtverkopen per jaar betekent daarom niet dat dit binnen een BG of houtvesterij uitgesplitst dient te worden. Verschillende BG'en/houtvesterijen zouden op verschillende tijdstippen kunnen verkopen. Of ANB en de BG'en zouden onderling kunnen afspreken ivm tijdstip van de verkoop (bijv ANB in het najaar en bosgroepen in het voorjaar). Een houtverkoop tijdens de schoontijd zou ideaal zijn. Iedereen is voorstander van dit concept. Wanneer de houtverkopen gespreid zouden zijn in de tijd is dat een positieve tendens omwille van volgende redenen:

- + er is meer continuïteit in de exploitaties verzekerd
- + meer tijd voor zowel de boswachters als de exploitanten om de loten (samen) te bekijken
- + financiële spreiding voor de exploitanten, zeker ook positief voor jonge exploitanten
- + bankgarantie wordt gespreid
- + risicospreiding
- + arbeidsspreiding
- + exploitanten kunnen enkele maanden winnen gezien de werken kunnen starten in aug – sept (tegen dat de kapvergunning er is)

Het nadeel bij vellen in de zomermaanden is dat de schors veel gevoeliger is en er makkelijker afgaat. Hoewel dit vanaf de 2^e helft van augustus weinig problemen meer zou opleveren.

Wanneer er houtverkopen tijdens de schoontijd doorgaan, impliceert dit uiteraard wel dat de verkoopscatalogoog er tegen april moet zijn. Aangezien er wordt gehamerd in januari, is het volgens sommige beheerders praktisch niet mogelijk om de verkoopscatalogoog zo vroeg in het voorjaar aan te leveren.

- Een eventuele oplossing hiervoor zou kunnen zijn om de hamering van jaar X te verkopen in lente van jaar X+1 (dan is er dus 1 jaar geen verkoop, nadien loopt dit systeem continu verder).

Omtrent de praktische invulling van gespreide houtverkopen, kunnen verschillende pistes gevolgd worden. Technisch gezien is verkopen van populier en naaldhout in het voorjaar geen probleem.

Beuk en eik worden echter best in de herfst verkocht. Er zou dus een spreiding in de tijd kunnen opgesteld worden op basis van het bestandstype. Een andere piste zou kunnen zijn om de moeilijke/kwetsbare loten in het voorjaar verkopen, zodat deze geëxploiteerd kunnen worden tijdens de droge maanden. De gewone loten kunnen dan in het najaar worden verkocht.

3. Schoontijd

De schoontijd is zeker en vast de grootste struikelblok binnen de sector. Zelfs bij langere exploitatietermijnen blijft de schoontijd een probleem. Wettelijk is de schoontijd een vaste regel en zijn er uitzonderingen mogelijk. In de praktijk wordt de schoontijd meestal stelselmatig toegepast terwijl er tegenwoordig –ook aan de beheerderskant- stemmen opgaan om zich soepeler op te stellen. Men is het er over eens dat schoontijd niet altijd en overal nodig en nuttig is. Iedereen onderkent dat er een wezenlijk verschil is tussen een populierenkaalkap en een dunning in zwaar loofhout. Kwetsbare bestanden vallen dan ook niet ter discussie, iedereen is het er over eens dat daar een schoontijd nuttig is en moet blijven. Bij bepaalde bestandstypes echter, zoals populieren zonder onderetage (kaalkap) of structuurarme naaldhoutbossen, kan men zich de vraag stellen wat het nut is hierin 3 maand schoontijd toe te passen. Een bijkomend probleem is dat afwijkingen van de schoontijd zeer subjectief behandeld worden: afhankelijk van regio tot regio. Een meer uniforme regeling van al dan niet toepassen van schoontijd dringt zich op!

De filosofie rond de schoontijd is schade te minimaliseren. Maar wat dan met de bodemschade? Er zouden inderdaad ook andere criteria dan enkel fauna & flora in de weegschaal gelegd moeten worden (bijv bodem!) Men moet de verstoring van enkele nesten durven afwegen tegenover structurele bodemschade, die jaren nodig heeft om te herstellen.

Er moet echter een duidelijke lijn zijn; duidelijke afspraken (die in de verkoopsvoorwaarden staan!). Het zou bijvoorbeeld een regel kunnen zijn dat 25 % van de loten zonder schoontijd worden verkocht.

⇒ **Er is duidelijk nood aan algemene criteria om schoontijd te bepalen!**

Er dient een werkbaar & objectief documentje opgesteld te worden met een oplistijng van criteria die per lot afgetoetst dienen te worden voor eventuele opheffing van de schoontijd. Op basis van dit documentje kunnen de beheerwachters beslissen over al dan niet toepassen van schoontijd. Dit dient dan uiteraard opgenomen te worden in de verkoopsvoorwaarden. Idealiter moet de houtprijs daarmee navenant variëren (zie verder bij verkoopsvoorwaarden & prijszetting).

⇒ Criteria die in aanmerking komen zijn:

- structuurarm naaldbos, kaalkap in populier zonder onderetage, lot in bebouwde zone: worden vrijgesteld van schoontijd
- aanwezigheid van Rode Lijst soorten: vereist schoontijd
- Habitatrichtlijn- en Vogelrichtlijngebieden: sowieso schoontijd
- kwetsbaar bodemtype: vereist schoontijd
- in bossen met zeer hoge recreatiedruk kan vrijstelling van schoontijd overwogen worden

Wanneer de Vlaamse met de Nederlandse situatie wordt vergeleken, zien we dat in Nederland een beperking in de ruimte en niet in de tijd geldt. In Nederland werkt men met een exploitatieplan, waarop wordt aangetekend waar in het bestand niet mag geëxploiteerd worden, nesten e.d. worden aangetekend. Bij ons is het zo dat bij aanwezigheid van een nest het ganse bestand schoontijd moet krijgen.

⇒ Is het te overwegen om de schoontijd af te schaffen en te vervangen door een exploitatieplan?

Een exploitatieplan is een zeer degelijk instrument, maar kan/mag ook niet als enige werkmiddel beschouwd worden. Bepaalde zaken kunnen niet altijd op voorhand bepaald worden (bijv. nachtzwaluw); er moet bijgevolg nog ruimte zijn voor een mondelinge overeenkomst met de exploitant op het moment zelf. Er moet de reflex zijn om te communiceren met de beheerder!

4. Exploitatievoorwaarden, prijszetting, naleving van de voorwaarden en sancties

Het opstellen van duidelijke en realistische exploitatievoorwaarden is een belangrijke stap om tot een goede exploitatie te komen. Voor beide partijen (beheerder – exploitant) is het een must dat de voorwaarden vóór de verkoop zo gedetailleerd mogelijk opgesteld zijn. Goede exploitatievoorwaarden zouden moeten kunnen opgelijst worden op 1 à 2 blzn. Belangrijk is dat deze opgesteld worden door mensen met voldoende terreinervaring.

i) M.b.t. het opstellen van de exploitatievoorwaarden volgende aanbevelingen:

○ Opdat de voorwaarden realistisch zouden zijn, is het nodig dat er meer onderling overleg wordt en afspraken gemaakt worden. Indien voorwaarden in onderling overleg opgesteld zijn, zijn ze naleefbaar. Een aandachtspunt hierbij is het lot samen af te lopen (grenzen, speciale punten, verjonging, uitsleepmogelijkheden ed bekijken) om zo de haalbaarheid voor beide partijen te garanderen. Het grote probleem is dat de exploitatievoorwaarden vaak niet doorstromen tot bij de onderaannemers. De interne communicatie tussen koper en onderaannemers is vaak een groot probleem.

⇒ **De 3 partijen (verkoper, koper, onderaannemer) samenbrengen bij het opstellen van de exploitatievoorwaarden zou een positieve tendens zijn. Maakt deel uit van goede VOORBEREIDING & OVERLEG.**

→ In praktijk is dit helaas zelden haalbaar (tijd- en dus geldinvestering).

⇒ **Dit zou evt. een verkoopvoorwaarde kunnen zijn voor moeilijke loten.**

○ Bij moeilijke exploitaties zouden de beheerders enkele kopers-exploitanten kunnen uitnodigen om samen de werkwijze van de velling te bespreken. Hierna wordt het lot openbaar verkocht.

→ Binnen de bosgroepen is deze manier van werken een waar succesverhaal. Het voorstel om samen de exploitatievoorwaarden te bespreken is volgens de exploitanten geen optie wegens tijdsgebrek. Bovendien voelt men zich als exploitant bedrogen wanneer men vóór de prijszetting samenkomt om de voorwaarden te bespreken en achteraf bij de verkoop het lot niet heeft, en is dit puur tijdverlies geweest. Er zijn echter ook al openbare loten geweest waarbij de situatie op terrein bekeken werd met exploitanten ná de prijszetting. Dit is dan misschien een galantere oplossing voor beide partijen.

○ Bij de BG'en bestaat de mogelijkheid om een lot te onderhandelen ('creatieve houtverkoop')

- 1) verkoopvoorwaarden opstellen + potentiële kopers uitnodigen
- 2) kopers moeten zichzelf 'verkopen' (hoe gaan ze de voorwaarden waar maken)
- 3) dan prijs + contract maken

→ Deze methodiek is toepasbaar bij bosgroepen maar kan niet aangewend worden in openbare bossen. Openbare besturen zijn verplicht om de concurrentie te laten spelen.

- Zaken die vóór de prijszetting duidelijk moeten zijn in de verkoopvoorwaarden:
 - uitwegen & stapelplaatsen
 - schoontijd
 - evt. nesten, kwetsbare plekken, flora, ...
 - wat gespaard moet blijven dient gemerkt te zijn (door de beheerder)

Zowel exploitanten als beheerders bevestigen dat stapelplaatsen en uitwegen meestal een groot probleem in de verkoopvoorwaarden zijn. Deze worden vaak niet of onvoldoende voorzien door de eigenaar/beheerder en dus overgelaten aan de exploitant. Het voorzien van stapelplaatsen & deftige wegen bij de voorbereiding van een exploitatie is nochtans een taak van de beheerder/eigenaar. Ook bij wegenherstel is er vaak de discussie over wie daarvoor de verantwoordelijkheid draagt.

- ⇒ Zowel de ligging van de stapelplaatsen & uitwegen als de regeling rond wegenherstel moeten duidelijk in de verkoopvoorwaarden staan. Er moeten duidelijke afspraken gemaakt worden.

ii) Minstens even belangrijk als het opstellen van goede verkoopvoorwaarden is het naleven en afdwingen van de voorwaarden op terrein. Het heeft uiteraard weinig zin strenge exploitatievoorwaarden voorop te stellen wanneer ze niet afgedwongen worden.

In veel gevallen volgen de terreinbeheerders de voorwaarden op terrein nog te weinig op. Wanneer de exploitatievoorwaarden niet nageleefd worden bij een collega-exploitant is dit enorm frustrerend voor de exploitant die niet geboden had op het lot omwille van de onhaalbare voorwaarden. Iedereen is het er over eens dat in het huidige systeem de aannemers die de voorwaarden niet naleven ten onrechte bevoordeeld worden.

- ⇒ De exploitatievoorwaarden moeten dus zeer goed opgevolgd en afgedwongen worden door de beheerder op terrein. De wachters moeten strikt en consequent zijn. Iedereen gelijk voor de wet! Enkel op die manier kunnen de ‘cowboys’ verdwijnen en zullen de kopers goede slepers aannemen.

Het aspect communicatie blijft ook belangrijk tijdens de exploitatie. De exploitatievoorwaarden zouden op een A4'ke aan alle betrokkenen bezorgd moeten worden met de telefoonnummers van alle betrokkenen erop. Wanneer zich een probleem voordoet (als je als exploitant op het punt staat om vermijdbare schade te doen) zou de reflex er moeten zijn om naar de beheerder te bellen en de gegeven situatie samen te bespreken.

- ⇒ Personen die op die manier handelen zouden beloond moeten worden en/of deze die dit niet doen zouden gestraft moeten worden (bijvoorbeeld door hen het volgende jaar geen verkoopscatalogus te bezorgen)

iii) M.b.t. sancties volgende aanbevelingen:

- De sancties moeten op voorhand gekend zijn, adhv een duidelijk contract.
- Momenteel bestaat een prijs (boete) voor elke dm³ beschadigde boom, maar de bodemschade is niet begroot, ook deze schadevorm zou op voorhand een prij斯卡artje moeten kunnen hebben.
- Boetes hebben weinig effect als sanctie na een overtreding. Vooral voor de grote exploitanten is het geen probleem de boete te betalen (er wordt daarrond zelfs gespeculeerd).

- ⇒ Een schorsing voor een bepaalde periode zou een doeltreffendere sanctie zijn. Echter, wanneer streng opgetreden wordt tegen de aannemers worden hierbij ook de onderaannemers gestraft. Zolang onderaannemers een mondeling contract hebben met de aannemers kan hier weinig aan verholpen worden.
 - Een beloning voor goed werk (ipv straffen voor slecht werk) zou de exploitanten enorm motiveren en heel veel huidige problemen kunnen oplossen.
 - ⇒ Er zou een bonus kunnen worden uitgereikt voor moeilijke exploitaties, hoewel dit zeer subjectief is: waar ligt de grens en wie krijgt een bonus?
 - De BG'en kunnen flexibeler zijn: na goed geleverd werk kunnen zij opnieuw dezelfde exploitant laten kopen in de toekomst. Dit is eigenlijk een soort 'bonus' en blijkt de allerbeste stimulans te zijn voor goede exploitaties!
 - Dit is echter enkel werkbaar in de privé-bossen, onmogelijk bij openbare verkoop
- iv) Het zou logisch (moeten) zijn dat bij de prijszetting rekening gehouden wordt met de exploitatievoorwaarden. Dit wordt echter niet steeds zo ervaren. Een opmerking van de exploitanten is dat het OC de markt niet voldoende kent en dus geen realistische prijszetting kan maken.

5. Exploiteren in eigen regie / houtverkoop langs de weg

Het is bekend in de sector dat de kappers & slepers (te) weinig vergoed worden. Per uur betalen wordt door niemand als een valabele oplossing gezien. Een eventuele oplossing voor het probleem van ondermaatse vergoeding voor kappers & slepers, is de moeilijke loten in eigen regie te exploiteren, waarbij de kapper & sleper rechtstreeks voor de beseigenaar werken en een prijs maken om het hout aan de weg te brengen. In Nederland bijvoorbeeld exploiteert men in eigen regie. Dit is een positieve evolutie voor zowel de exploitant als voor de overheid (er moet niet meer gecubeerd worden); echter geen positieve trend voor de kopers. ANB heeft in bepaalde regio's reeds verkocht langs de weg, maar dan vnl. in kwetsbare stukken.

Omtrent exploitaties in eigen regie zijn de meningen verdeeld. Hieronder volgende de voornaamste pro's (+) en contra's (-):

- + exploitant zet prijs en wordt betaald voor zijn werk
- + eigenaar vraagt prijs bij de houtindustrie en verkoopt rechtstreeks aan de fabrieken
- + er zijn geen exploitatietermijnen meer, men speelt puur op vraag & aanbod
- + er moet niet meer gecubeerd worden, de prijs wordt bepaald op het aantal m³ dat binnenkomt op de fabriek
- + volumemetingen op de fabriek zijn eerlijkst en zorgen dan ook voor meest exacte betaling voor iedereen in het systeem
- + kopen langs de weg is gemakkelijker voor kopers
- over het algemeen is de prijs langs de weg niet veel meer dan de prijs op stam; dit brengt dus niet veel meer op voor de eigenaar
- het hout moet dan verkocht worden aan de huidige marktprijs (onderhevig aan schommelingen)

- kopers kunnen een verkoop langs de weg boycotten, waarna het hout daar gewoon blijft liggen
 - de bomen MOETEN dan verkocht geraken (dennen worden snel blauw)
 - in tegenstelling tot een verkoop op stam, kan er niet volgens de wensen van de klant geëxploiteerd worden (sortiment langs de weg is niet geschikt voor elke fabriek)
 - bepalen van de houtkwaliteit zal door minder ervaren mensen gebeuren
 - kopers vrezen ervoor dat hun onderaannemers achteraf hetzelfde uurloon zullen vragen aan hen als ze kregen van de beheerder die in eigen regie exploiteert.
 - er is een constante flow naar de industrie nodig: er zullen contracten moeten afgesloten worden met de houtverwerkende industrie, d.w.z. een bepaalde hoeveelheid hout te leveren tegen een bepaalde prijs binnen een bepaalde periode (en dit ondanks de prijsschommelingen op de houtmarkt)
 - in Duitsland is dit systeem failliet gegaan.
 - een gesloten circuit zoals in Duitsland is echter pure corruptie; dit kan niet de bedoeling zijn! In Duitsland stortte het in elkaar omdat het gebaseerd was op vriendjespolitiek & niet objectief was.
 - hogere BTW bij een verkoop aan de weg (21% ipv 6 % op stam)
 - voor privé-eigenaars is dit moeilijk, de meeste eigenaars hebben slechts een klein lotje en verkopen slechts 1 maal, waardoor er geen risicospreiding mogelijk is.
- ⇒ Als de exploitanten dit systeem niet zien zitten, moeten ze een afweging maken tussen rendabiliteit of strengere voorwaarden!
- ⇒ **Algemeen lijkt een verkoop op stam mét goede exploitatievoorwaarden, goede afspraken én een navenante prijszetting het beste compromis**
- Wanneer de voorwaarden onderling besproken worden en dan prijs gezet wordt, exploiteert men eigenlijk ook ± half in eigen regie.

6. Erkenningsregeling & opleidingen

Er is een consensus dat de erkenningsregeling niet echt de grond van de zaak raakt. We moeten durven de erkenningsregeling in vraag stellen. Zijn we op de goede weg? Zijn er aanpassingen nodig? Momenteel zitten we op vlak van de erkenningsregeling nog in een groeifase. Er zijn toch reeds enkele ‘cowboys’ verdwenen sinds de erkenningsregeling.

De voornaamste **punten van kritiek** op de erkenningsregeling, en mogelijke verbeteringen, worden hier opgelijst.

- De controle op terrein zou moeten uitgevoerd worden door een onafhankelijk team van mensen met voldoende terreinervaring. Iemand van het hoofdbestuur in Brussel kan niet oordelen over de (on)vermijdbaarheid van schade, deze mensen hebben meestal niet voldoende terreinervaring.
- Vooral ivm met de verplichte opleidingen voor nieuw personeel leeft er heel wat ontevredenheid. De baas moet deze immers bekostigen en investeren in nieuw personeel is een risico: de ervaring leert dat de kans klein is dat nieuwe personeelsleden lang blijven.
- ⇒ **Iedereen is er voorstander van om de opleidingen te laten bekostigen door de overheid zodat de persoon in kwestie onafhankelijk van een aannemer opgeleid is. Als de**

overheid de opleiding betaalt moet de persoon in kwestie zich wel engageren om een bepaald aantal jaar werkzaam te blijven in de sector!

→ Er bestaat een 'Bosinvesteringsfonds' → deze subsidies zouden moeten aangesneden worden voor investeringen (o.a. in nieuw personeel)!

Ook het niveau van de cursussen wordt in vraag gesteld.

⇒ De cursussen zouden meer 'gesorteerd' moeten worden, zodat het niveau op peil voor iedereen kan zijn.

⇒ Om het niveau naar boven te halen, zouden mensen uit de grote buitenlandse centra aangetrokken moeten worden om hier cursussen te geven.

○ I.v.m. het opleggen van de veiligheidskledij gaat iedereen akkoord dat dit gerespecteerd dient te worden. Echter, de particulieren die < 50 m³ uit bos halen ('hobbyisten') zijn niet verplicht om veiligheidskledij te dragen. Zij zouden ook onder die regel moeten vallen.

→ Tegenwoordig wordt veiligheidskledij voor particulieren op meer en meer plaatsen opgelegd. Het zou echter een algemene regel moeten worden.

○ Bio-olie is dubbel zo duur dan gangbare olie.

⇒ Ook dit zou gesubsidieerd moeten worden!

○ Bosgroepen werken met 'witte lijst'; hierop staan de kopers die gekend zijn om hun goed en proper werk. Kopers zijn daar heel gevoelig aan en dus automatisch verdwijnen de 'cowboys' van het toneel. Witte lijst legt hogere eisen op dan de erkenningsregeling. Openbare besturen kunnen echter niet onderhands verkopen.

⇒ **De erkenningsregeling moet dan ook gebruikt worden als degelijk instrument!**

Tot slot nog enkele **pluspunten** verbonden met de erkenningsregeling:

+ de veiligheidsregels worden gevolgd. Baas is verplicht om onderaannemers veiligheidskledij ter beschikking te stellen (zelfstandige kappers moeten er echter nog altijd zelf voor zorgen).

+ boswachters hebben meer zeggingskracht gekregen (ze hebben iets achter de hand).

+ minder zwartwerk

+ systeem wordt eerlijker

7. Vaste uitsleppistes

De discussie over het gebruik van vaste uitsleppistes is zeer afhankelijk van het bestandstype waarin geëxploiteerd wordt. Iedereen bevestigt dat het principe van pistes in naaldhout zeer ok is. In zwaar loofhout is het momenteel experimenteren, maar het moet zeker een kans gegeven worden. Voor een kaalkap in populier worden de vaste uitsleppistes minder van toepassing beschouwd. Hieronder zullen de verschillende bestandstypes dan ook apart besproken worden.

i) Zwaar loofhout & populier:

Indien met pistes gewerkt moet worden, willen de exploitanten liever zelf de ruimingspistes aanduiden, zij weten als geen ander waar best te rijden.

ANB maakt in de praktijk vaak gebruik van oude tracés van vroegere exploitaties

→ Dit is werkbaar, maar een bijkomend probleem is dat er meer m³ uit het bos worden gehaald dan vroeger. Dus exploitaties zijn ingrijpender en zwaarder nu dan vroeger, waardoor de oude tracés niet altijd toereikend genoeg meer zijn.

⇒ **Zoals ook vermeld bij het opstellen van de exploitatievoorwaarden, zou de ligging van de vaste pistes vooraf samen besproken moeten/kunnen worden.**

Bovendien hangt de toegebrachte schade ook voor een groot stuk af van de deskundigheid van de kraanman/ kapper & sleper; pistes zijn niet altijd het enige heilige redmiddel.

ii) *Naaldhout:*

Over het gebruik van vaste pistes in naaldhout is geen discussie. Hieronder worden dan ook de voornaamste bemerkingen ivm het patroon en de afstand tussen de pistes opgelijst

→ *Patroon*

De hamvraag is hier: moeten de pistes rechtlijnig zijn (en dus toekomstbomen opgeofferd worden), of laten we best de pistes kronkelen? Voor beide scenario's zijn er voor- en tegenstanders. Hieronder worden de belangrijkste aandachtspunten opgelijst:

- Een strikt patroon is niet altijd evident in oudere bestanden, omwille van voorbehouden bomen.
- Wanneer rechtlijnige pistes aangelegd worden, en er een toekomstboom of verjongingsplek is, kan de piste erlangs gelegd worden.
- Het probleem met kronkelende pistes is dat alle andere pistes in het bestand op dezelfde manier zullen moeten kronkelen (om de tussenafstand te respecteren).
- Een kronkelend patroon zal aanleiding geven tot meer bodemverdichting, m.n. in de bochten.
- Kronkelende pistes zijn dan weer beter voor het visuele effect voor de recreanten.
 - Vooral in jonge bestanden is het 'esthetisch effect' van pistes een groot nadeel. Om deze reden worden pistes best schuin op de bosweg aangelegd.
- De hangrichting van de bomen is wel degelijk heel belangrijk voor de veiligheid van de exploitant (bij bomen vanaf 1 m³) en dus zou de richting van de pistes hiervan afhankelijk moeten zijn.
- De ligging van de pistes en evt. toekomstbomen of verjongingsplekken moeten ook aangeduid worden op het exploitatieplan.
 - ⇒ **Het is duidelijk dat één strikt patroon overal op dezelfde manier toepassen weinig zin heeft. De ligging en het patroon van de pistes zijn afhankelijk van het lot. Overleg & onderlinge afspraken zijn nodig!**

→ *Afstand*

Ook over de afstand tussen de pistes zijn er veel verschillende meningen. De standaardafstand van 20 m is normaal gezien werkbaar met een goede machine. Andere machinisten vinden dan weer 15 m ideaal, 20 m te ver. Vaak worden afstanden van 18 m gehanteerd om 'insteeken' te vermijden. Een inrijstrook is zeker nodig. Beheerders opteren vaak om zo weinig mogelijk pistes te leggen omwille van het esthetisch effect voor de recreanten. Vooral in jonge bestanden vinden zij de gangbare afstanden te dicht op elkaar.

→ *Wie duidt de pistes aan?*

Voor de beheerders is het aanduiden van pistes heel veel werk. Het aanduiden van pistes kan echter uitbestede worden: aanduiden dunning + cuberen + pistes aanduiden = 100 €/ha. Dit is een beperkte som in vergelijking met opbrengst van de houtverkoop.

Naaldhoutexploitanten zouden liefst de pistes zelf aanduiden, want indien ze reeds vooraf aangeduid zijn door de beheerder liggen ze niet altijd goed.

→ Wanneer de pistes vooraf door de beheerder gelegd werden, is het belangrijk om achteraf terug te koppelen bij de exploitant over de ligging van de pistes!

In de onze omringende buitenlanden is het vaak zo dat men de machinist zelf laat dunnen in homogene naaldhoutbestanden.

→ Dit principe zou nóg gemakkelijker zijn, op voorwaarde dat er een vertrouwensbasis is.

→ Vereist uiteraard zeer goede geijkte machines.

→ Toekomstbomen kunnen (éénmalig) door de beheerder worden aangeduid en vervolgens krijgen de machinisten richtlijnen over te dunnen bomen ifv toekomstbomen.

8. Opruimen kroonhout

Het opruimen van de kronen is verplicht, maar de exploitanten kunnen dit niet zelf bolwerken, dus gebeurt het door particulieren. Dit werk wordt vaak uitgesteld tot het einde van de exploitatietermijn, men moet zich haasten en zo veroorzaakt men schade. Maar dit is en blijft wel de verantwoordelijkheid van de koper.

Er worden dan ook enkele aanbevelingen gedaan om dit probleem op te lossen:

- Het opruimen van de kronen zou losgekoppeld moeten worden van de exploitatie. Dan kan de exploitatie beoordeeld worden na het uitslepen van de stammen. Dit impliceert dat de beheerder verantwoordelijk is voor het opruimen van de kronen na de exploitatie. Gezien het succes van het biomassaverhaal zullen bedrijven zich in de toekomst gaan specialiseren in opruimen van kronen.

Hier de voornaamste pro's (+) en contra's (-) wanneer het opruimen van de kronen losgekoppeld wordt van de exploitatie en de kronen door gespecialiseerde bedrijven opgeruimd worden:

+ Houtprijs zal veel hoger zijn

+ Kleine hobbyisten komen niet meer in het bos

+ Het is niet meer de verantwoordelijkheid van de koper

- Meer werk voor beheerders

- Een mogelijk probleem is dat de verhakselaar die achteraf komt voor de kronen niet erkend is ↔ bij grote opruimwerken (> 50 m³) moeten die ook erkend zijn

- Verlies van sociaal contact met de buurtbewoners en vernietiging van de belangrijke link tussen buurtbewoners en het bos

→ hoe & door wie het kroonhout opgeruimd wordt, kan echter een keuze blijven van de beheerder: verkoop je kronen lokaal aan de buurtbewoners of aan een gespecialiseerd bedrijf

- Opletten voor éézijdige contracten met grote intercommunales

→ Om grote intercommunales te vermijden zou ANB in eigen verbrandingsinstallaties kunnen voorzien en met eigen chips energie produceren.

- Een andere piste die mogelijk wordt geacht is het kroonhout te laten liggen in de bestanden.
Pro's (+) en contra's (-) hiermee verbonden zijn:
 - + alle problemen met het brandhout zijn automatisch van de baan
 - + positief voor de biodiversiteit
 - kunnen we het ons in tijden van woekerende energieprijzen permitteren om zomaar een energiebron in het bos te laten liggen??
 - Men zou hier de markt kunnen laten spelen, bijv. kroonhout laten liggen in de moeilijke loten (cfr. Wallonië) en in de gangbare bestanden de koper zelf laten beslissen of hij het kroonhout al dan niet zelf wil meenemen.

9. Allerlei

Op openbare verkopen wordt een bankwaarborg gevraagd aan de kopers, ook al kopen ze niet. Niemand is echter voorstander van dit principe. De bankwaarborg is slecht systeem:

- het is een administratieve rompslomp voor de exploitanten
 - het is duur, dit zijn verloren centen
 - financieel te zwaar voor kleine exploitanten
- ⇒ Kan dit afgeschaft worden nu de erkenningsregeling bestaat?
- ⇒ Zijn hier alternatieven?

Sinds de herstructurering binnen ANB moeten vergunningen (bijvoorbeeld opheffing schoontijd) bij de beleidswachter aangevraagd worden, maar de beleidswachter komt zelden tot nooit op terrein!

Vraag van exploitant: zou er een brochure kunnen komen (bijv. op halfjaarlijkse basis) voor alle exploitanten met daarin info over het reilen en zeilen van de Vlaamse exploitatiebusiness (veranderingen, nieuwe regels die op komst zijn met het hoe & waarom)?

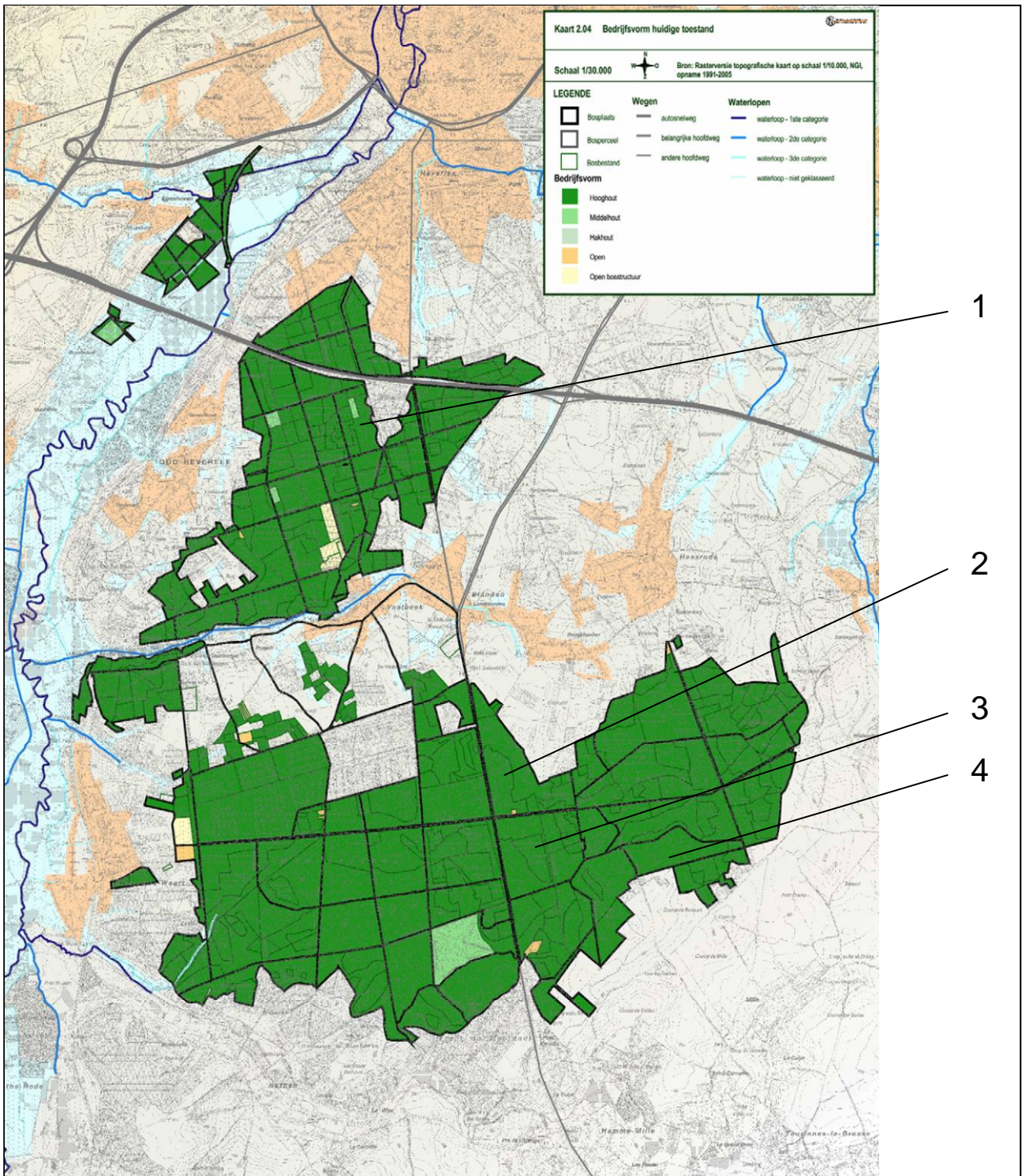
Referenties

- Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W.C.T., Tijink, F.G.J., Van der Linden, J.P., Sires, S., Sommer, C., Soor, G. (2003). Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review. Part 1. Machine/soil interactions. *Soil & Tillage Research*, 73, 145-160.
- Alban, H.D, Host, G.E., Elioff, J.D., Shadis, D.A. (1994). Soil and vegetation response to soil compaction and forest floor removal after aspen harvesting. Research paper NC-315, USDA Forest Service, St.Paul, Minnesota, 11 p.
- Ameloot, E., Verheyen, K., Hermy, M. (2005). Meta-analysis of standing crop reduction by *Rhinanthus* spp. And its effect on vegetation structure. *Folia Geobotanica*, 40, 289-310.
- Ammer, S., Weber, K., Abs, C., Ammer, C, Prietzel, J. (2006). Factors influencing the distribution and abundance of earthworm communities in pure and converted Scots pine stands. *Applied Soil Ecology*, 33, 10-21.
- Ampoorter, E., Goris, R., Cornelis W.M., Verheyen, K. (2007). Impact of mechanized logging on compaction status of sandy forest soils. *Forest Ecology and Management*, 241, 162-174.
- Anderbrügge, T. & Kaesler, H. (1992). Tragbarer Gaschromatograph zur Untersuchung von Gasgemischen. *Gas wärme international*, 41, 29-31.
- Ares, A., Terry, T.A., Miller, R.E., Anderson, H.W., Flaming, B.L. (2005). Ground-based forest harvesting effects on soil physical properties and douglas-fir growth. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 1822-1832.
- Balbuena, R., Donagh, P.M., Marquina, J., Jorajuria, D., Terminiello, A., Claverie, J. (2002). Wheel traffic influence on poplar regeneration and grass yield. *Biosystems Engineering*, 81, 379-384.
- Block, R., Van Rees, K.C.J., Pennock, D.J. (2002). Quantifying harvesting impacts using soil compaction and disturbance regimes at a landscape scale. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 1669-1676.
- Brais, S. (2001). Persistence of soil compaction and effects on seedling growth in Northwestern Quebec. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 1263-1271.
- Brais, S., Camiré, C. (1998). Soil compaction induced by careful logging in the claybelt region of northwestern Quebec (Canada). *Canadian Journal of Soil Science*, 78, 197-206.
- Brunet, J., Falkengren-Grerup, U., Tyler, G. (1996). Herb layer vegetation of south Swedish beech and oak forests – effects of management and soil acidity during one decade. *Forest Ecology and Management*, 88, 259-272.
- Conlin, TSS, van den Driessche, R. (2000). Responses of soil CO₂ and O₂ concentrations to forest soil compaction at the Long-term Soil Productivity sites in central British Columbia. *Canadian Journal of Soil Science*, 80, 625-632.
- De Vos, B., Van Meirvenne, M., Quataert, P., Deckers, J., Muys, B. (2005). Predictive quality of pedotransfer functions for estimating bulk density of forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, 69, 500-510.
- Fisher, R.F., Binkley, D. (2000). *Ecology and management of forest soils*. Wiley, New York.
- Gomez, A., Powers, R.F., Singer, M.J., Horwath, W.R. (2002). Soil compaction effects on growth of young ponderosa pine following litter removal in California's Sierra Nevada. *Soil Science Society of America Journal*, 66, 1334-1343.
- Goris, R., Vandenbroucke, P., Vandekerhove, K., Verheyen, K. (2005). *Ecologisch verantwoorde houtexploitatiewijzen voor bossen op kwetsbare bodems*. Eindrapport (3 volumes), i.o.v. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Bos en Groen, uitgevoerd door Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer, Vereniging voor Bos in Vlaanderen, Universiteit Gent – Laboratorium voor Bosbouw.
- Haynes, R.J., Naidu, R. (1998). Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions : a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 123-137.
- Hedges, L.V., Gurevitch, J., Curtis, P.S. (1999). The meta-analysis of response ratios in experimental ecology. *Ecology*, 80, 1150-1156.

- Hillel, D. (1998). *Environmental Soil Physics*. Academic Press, San Diego, California.
- Jactel, H., Brockerhoff, E.G. (2007). Tree diversity reduces herbivory by forest insects. *Ecology letters*, 10, 835-848.
- Kuipers, S.F. (2002). *Bodemkunde*. Wolters-Noordhoff BV, Houten, Nederland.
- Langohr, R., Ampe, C. (2004). Natuurvriendelijke houtexploitatiewijze voor bossen op kwetsbare bodems. Nota over Bodems en "Kwetsbaarheid". Laboratorium voor Bodemkunde, Gent, België.
- McDonald, T., Way, T., Löfgren, B., Seixas, F. (1996). Load and inflation pressure effects on soil compaction of forwarder tires. *Canadian Pulp and Paper Association*, 67-70.
- McNabb, D.H., Startsev, A.D., Nguyen, H. (2001). Soil wetness and traffic level effects on bulk density and air-filled porosity of compacted boreal forest soils. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 1238-1247.
- Powers, R.F., Scott, D.A., Sanchez, F.G., Voldseth, R.A., Page-Dumroese, D., Elioff, J.D., Stone, D.M. (2005). The North American long-term soil productivity experiment: findings from the first decade of research. *Forest Ecology and Management*, 220, 31-50.
- Rab, M.A. (2004). Recovery of soil physical properties from compaction and soil profile disturbance caused by logging of native forest in Victorian Central Highlands, Australia. *Forest Ecology and Management*, 191, 329-340.
- Raper, R.L., Bailey, A.C., Burt, E.C., Way, T.R., Liberati, P. (1995). Inflation pressure and dynamic load effects on soil deformation and soil-tire interface stresses. *Transactions of the ASAE*, 38, 685-689.
- Richtlijnen voor het opstellen en beoordelen van milieueffectrapporten (1997). Departement Leefmilieu en Infrastructuur, AMINAL, Afdeling Algemeen Milieu- en Natuurbeleid, cel MER, Brussel, België, 100p.
- Seixas, F., Koury, C.G.G., Costa, L.G. (2003). Soil compaction and GPS determination of impacted area by skidder traffic. In: *Proceedings 2nd Forest Engineering Conference. Techniques and Methods*. Växjö, Zweden, 124-128.
- Seixas, F., McDonald, T. (1997). Soil compaction effects of forwarding and its relationship with 6- and 8-wheel drive machines. *Forest Products Journal*, 47, 46-52.
- Schack-Kirchner, H., Fenner, P.T., Hildebrand, E.E. (2007). Different responses in bulk density and saturated hydraulic conductivity to soil deformation by logging machinery on a Ferralsol under native forest. *Soil Use and Management*, 23, 286-293.
- Sheridan, G.J. (2003). A comparison of rubber-tyred and steel-tracked skidders on forest soil physical properties. *Australian Journal of Soil Research*, 41, 1063-1075.
- Shetron, S.G., Sturos, J.A., Padley, E., Trettin, C. (1988). Forest soil compaction: effect of multiple passes and landings on wheel track surface soil bulk density. *Northern Journal of Applied Forestry*, 5, 120-123.
- Simcock, R.C., Parfitt, R.L., Skinner, M.F., Dando, J., Graham, J.D. (2006). The effects of soil compaction and fertilizer application on the establishment and growth of *Pinus radiata*. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 1077-1086.
- Smith, C.W. (2003). Does soil compaction on harvesting extraction roads affect long-term productivity of *Eucalyptus* plantations in Zululand? *Southern African Forestry Journal*, 199, 41-54.
- Tiarks, A.E., Buford, M.A., Powers, R.F., Ragus, J.F., Page-Dumroese, D.S., Ponder, F.J., Stone, D.M. (1997). North American long-term soil productivity research program. In: *Proceedings of the National Silviculture Workshop*, Warren, Pennsylvania, 140-147.
- Von Wilpert, K., Schäffer, J. (2006). Ecological effects of soil compaction and initial recovery dynamics: a preliminary study. *European Journal of Forest Research*, 125, 129-138.
- Whalley, W.R., Dumitru, E., Dexter, A.R. (1995). Biological effects of soil compaction. *Soil & Tillage Research*, 35, 53-68.

Bijlagen

Bijlage 2.1.1: ligging bestanden in Heverleebos en Meerdaalwoud



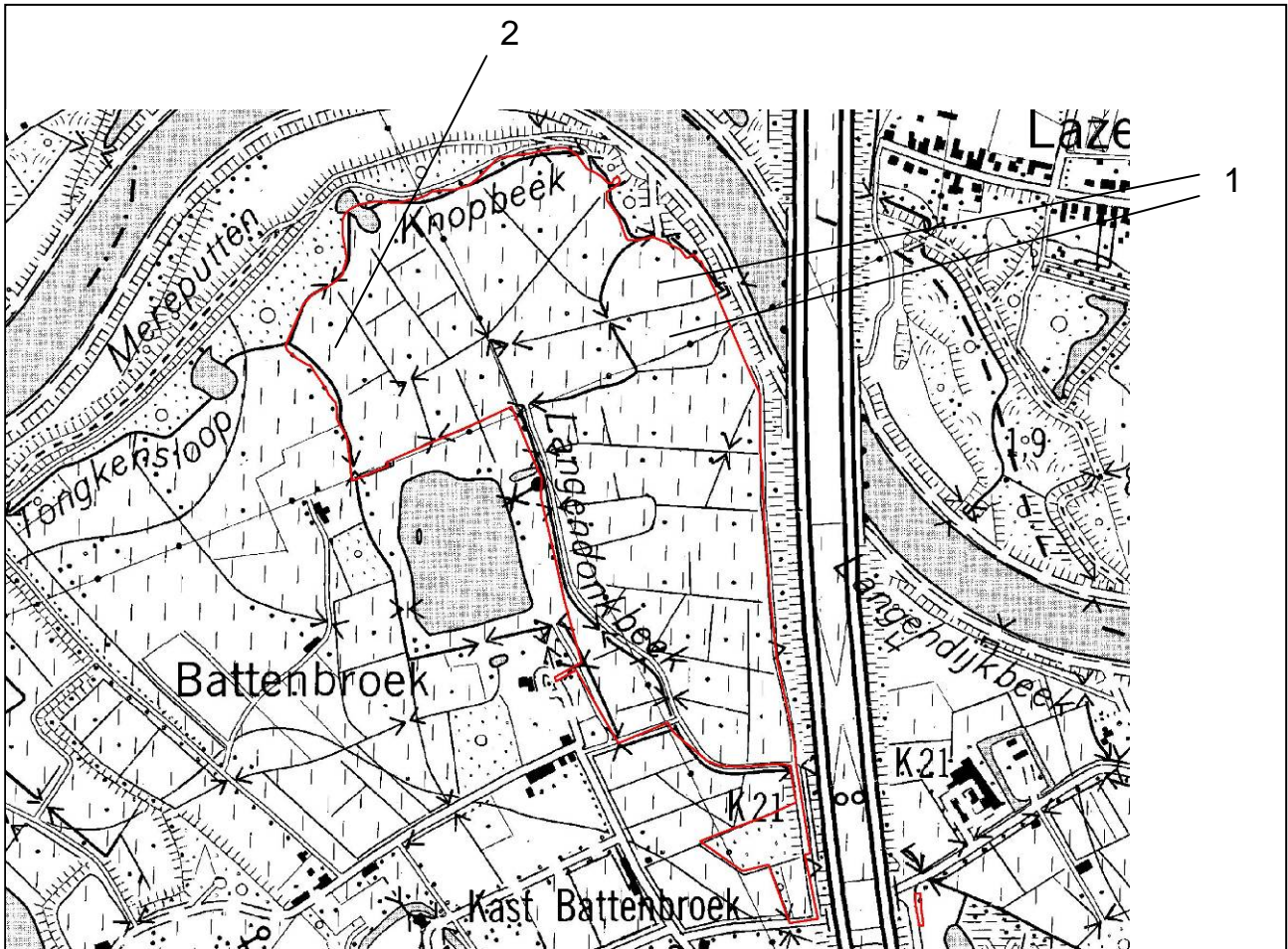
Locatie van de bestanden 1, 2, 3 en 4 in het Heverleebos en het Meerdaalwoud dichtbij Leuven (zandleem-leem)

Bijlage 2.1.2: ligging bestanden in Kapellen



Locatie van de bestanden 1 en 2 in het Mastenbos te Kapellen (zand)


Bijlage 2.1.3: ligging bestanden in Walem




Locatie van de bestanden 1 en 2 in de Meulebossen te Walem (klei)

Bijlage 2.1.4: Profielbeschrijvingen


Fiche 1. Profiel Leuven Bestand 1 – Heverleebos

	<p>Algemeen Locatie: Leuven – Bestand 1 Profielcode: P04_Hev Datum beschrijving: 12.07.07 Auteur: Bruno De Vos LB 72 Coördinaten: [172582, 170420] Bodemkaart serie: Lcc0</p>
	<p>Humustype Mor (Jabiol) – Fibrimor (Delecour) L (4.0-3.0) / F (3.0-1.2) / H (+1.2-0) Massieve wortelmat tussen F en H laag.</p>
	<p>Minerale bodem Ah (0-6/14); 10YR4/2 (m); silt loam; clear wavy boundary; firm, low porosity; many fine roots; E (6/14-40/59); 10YR7/4 (m); silt loam; abrupt smooth boundary; single grain, medium porosity; common fine roots; root galleries Bt (40/59-43/73); 7YR6/2 (m); silt loam; Abrupt smooth boundary; common coarse gravel and stones (quartz); moderate angular blocky; friable 2C1 (43/73-55/87); 10Y8/1 (m); loamy sand; stone layer in upper boundary (Tertiary border); loose; high porosity; no roots 2C2 (55/87-60/96; matrix 7.5YR5/4 (m); discontinuous stone layer; abundant stones; weathered; flat discontinuous sandstone layers; weakly cemented with iron oxides 3C1 (60/96-86/105); 7.5YR5/6 (m); clear wavy boundary; sandy loam; moderate subangular blocky; friable; medium porosity; very few stones 3C2 (86/105-120+); 7.5YR6/6 (m); fine single grain sand/sandy loam; contains glauconite</p>
<p>Uitermate dikke E horizont – mogelijks afzetting colluvium na historische landbouwcultuur.. Wortels tot bovengrens zandlaag (ca 70 cm).</p>	

Fiche 2. Profiel Leuven Bestand 2 – Meerdaalwoud


	<p>Algemeen Locatie: Leuven – Bestand 2 Profielcode: P03_MDW Datum beschrijving: 09.07.07 Auteur: Bruno De Vos LB 72 Coördinaten: [173858, 166950] Bodemkaart serie: wLhc</p>
	<p>Humustype Mor (Jabiol) – Humimor (Delecour) L (+ 8-7 cm) / F (+7-5) / H (+5-0)</p>
	<p>Minerale bodem Ah (0-1/3); 5YR4/1 (m); sandy to silt loam; abrupt smooth boundary; moderate subangular blocky; very low porosity; common very fine roots AB (1/3-32/40); 2.5Y7/4 (m) with mottles 2.5Y8/1 (m); silt loam; remnants of Ah; firm, subangular blocky structure; medium porosity, very few roots B (32/40-60/69); rusty spots 10YR6/8 (m) bleached 10YR8/1 (m); silt loam; many mottles, coarse, prominent contrast, sharp boundary; no reduction with α-α dipiridyl; weak subangular blocky structure; medium porosity; buried topsoil material; low bioturbation; (historic) gley features 2Cg (60/69-100+); 5YR4/1 (m); loam; no reduction; friable; very few fine roots</p>
<p>Bedolven Ah laag op 30-40 cm diepte (vergraving ?/ windworp ?) – 2Cg niet actief op tijdstip van beschrijving, wellicht winteractief wanneer grondwaterstand op ca 34 cm. Zomergrondwaterstand geschat >120 cm.</p>	

Fiche 3. Profiel Leuven Bestand 3 – Meerdaalwoud

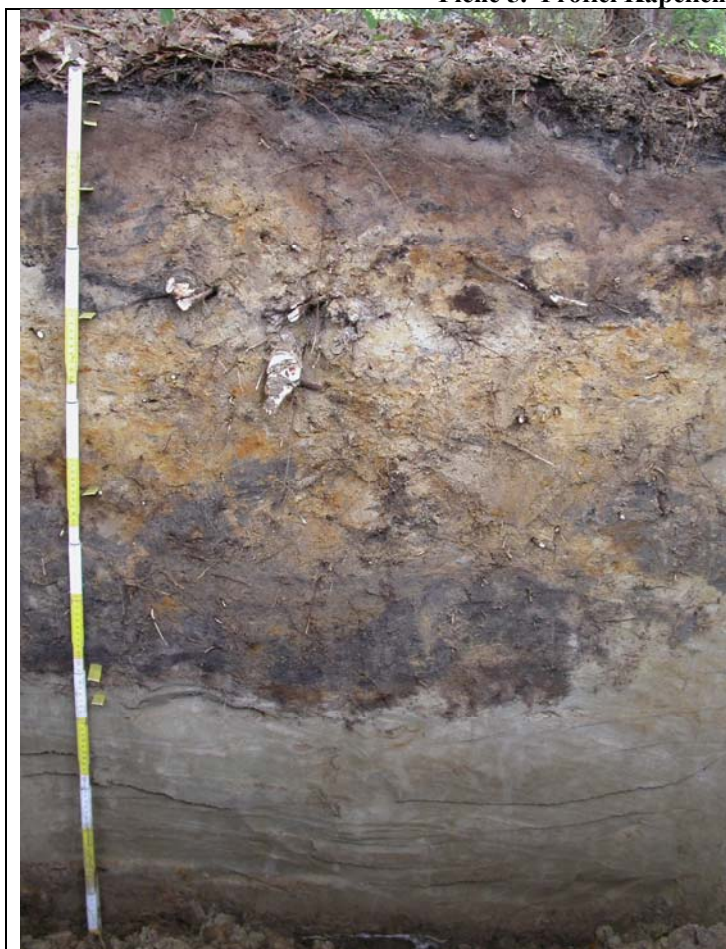
	<p>Algemeen Locatie: Leuven – Bestand 3 Profiel: P01_MDW Datum beschrijving: 28.06.07 Auteur: Bruno De Vos LB 72 Coördinaten: [174297, 166143] Bodemserie : Lbc0</p>
	<p>Humustype Mor (Jabiol) – Fibrimor (Delecour) L (+ 4.2-3.2 cm) / F (+3.2-2) / H (+1.2-0) Scherpe overgang tussen OH en Ap.</p>
	<p>Minerale bodem Ap (0-13/18); matrix colour 2.5Y7/4 (m) with bleached patches 2.5Y8/2 (m); silt loam; abrupt smooth boundary, traces of ploughing; few roots AE (13/18-24/37); 2.5Y 7/4 (m); silt loam; clear smooth boundary; moderate subangular blocky, medium size; friable; low porosity; very few roots E (24/37-30/47); 2.5Y8/2 (m); silt loam; clear wavy boundary; friable; low porosity Bt (30/47-84/90); 10YR4/4 (m); silt loam; many mottles 2.5Y8/2, fine, distinct, sharp boundary; coarse gravel from 90 cm onwards; few; abundant distinct clay cutans; low porosity</p>

	<p>Bt2 (84/90-100/103); 7.5 YR 5/6 (m); sandy loam; abrupt smooth boundary; oxidised glauconite; cemented Fe oxides, discontinuous, low porosity; very few roots present</p> <p>2Cg (100/103-120+); 5GY8/1 (m); greenish (pseudo)sandy texture; abrupt smooth boundary; glauconite; high porosity; no roots</p>
<p>Sporen van bodembewerking (ploegen) – glauconiethoudend zand in substraat(> 100 cm)</p>	

Fiche 4. Profiel Leuven Bestand 4 – Meerdaalwoud

	<p>Algemeen Locatie: Leuven – Bestand 4/ Renissart Profiel: P02_MDW Datum beschrijving: 05.07.07 Auteur: Bruno De Vos LB 72 Coördinaten: [175152, 166184] Bodemkaart serie : Abp</p>
	<p>Humustype Oligomull (Jabiol) – Mull oligotrophe (Delecour) L (+ 0.5-0 cm)</p>
	<p>Minerale bodem Ah (0-8/15); 2.5YR 4/1 (m); silt, clear wavy boundary; local stagnogley features; weak blocky structure; friable; many coarse and fine roots; many earthworm channels and other bioturbation; E (8/15-20/36); 2.5Y7/4 (m); silt loam; clear wavy boundary; common fine mottles, faint, diffuse, weak structure, fine; common roots; common burrows; B (20/36-80/95); 10YR8/2 (m); silt loam; clear wavy boundary; few fine mottles, distinct, sharp; weak structure; common clay cutans; black manganese nodules, very few, rounded; open and infilled burrows (moles) Bt (80/95-105/113); 10YR5/4; silt loam; clear wavy boundary; many distinct mottles; weak subangular blocky, friable, common clay cutans; infilled burrows BC (105/113-120+); 10YR5/4 with layered mottles 10YR8/2, distinct, silt loam; very friable structure, clay cutans; few biotic activity.</p>
<p>Duidelijke bioturbatie door mollengangen en regenwormactiviteit. Biologisch rijke bodem. Biopockets & -galerijen tot op ca 1 m diepte; pedogenetisch profiel gehomogeniseerd door bioturbatie; sterke activiteit mollen. (> 14 gangopeningen per profielwand)</p>	

Fiche 5. Profiel Kapellen Bestand 1 – Mastenbos



Algemeen

Locatie: Kapellen – Bestand 1
 Profiel: P05_Kap
 Datum beschrijving: 24.09.07
 Auteur: Bruno De Vos
 LB 72 Coördinaten: [153932, 224744]
 Bodemkaart serie: Zdmb

Humustype

Mor/Dysmoder(Jabiol) – Fibrimor
 (Delecour)
 L (+ 3-2.5 cm) / F (+2.5-0.5) / H (+0.5-0)

Minerale bodem

Ah (0-1/3); 10YR2/1; loamy sand; abrupt smooth boundary; single grain; high porosity; few fine roots; few infilled burrows;

E (1/3-5/8); 10YR7/1; sand; clear smooth boundary; single grain; few fine roots; part of micropodzol (0-17 cm);

Bh (5/8-12/17); 10YR4/4, sand, clear wavy boundary; single grain; few medium mottles with colour 10YR3/2; part of micropodzol (0-17 cm); infilled burrows; high porosity

B (12/17-28/34); colour mix of many coarse mottles (distinct clear); sand, few roots; ; traces of old ploughing activity

Bs (28/34-46/56); 7.5YR6/8; sand, no reduction with α - α dipiridyl; few big roots, complex mix of soil material

Bhb (46/56-70/84); 10YR4/1; sand; few medium mottles; common roots; burried spodic horizon

Bhsb (70/84-76/89); 10YR5/4; many very fine mottles, prominent and sharp; abundant Fe oxide nodules, remains of old Bs, buried spodic horizon;

C (76/89-120+); 10YR8/1; layered sand, no roots

Sporen van vroegere ploeghorizont tot ca 20 cm diepte/ sterk verstoorde Podsol, wellicht vergraven (of genivelleerd) – complex profiel. Limiet wortelgroei rond 87 cm.

Fiche 6. Profiel Kapellen Bestand 2 – Mastenbos



Algemeen

Locatie: Kapellen – Bestand 2
 Profiel: P06_Kap
 Datum beschrijving: 25.07.07
 Auteur: Bruno De Vos
 LB 72 Coördinaten: [154738, 225282]
 Bodemkaart serie: w-Zdg

Humustype

Hemimoder tot Eumoder (Jabiol) –
 Eumoder (Delecour)
 L (+ 6-5 cm) / F (+5-1) / H (+1-0)
 Discontinue H laag; L laag bestaande uit
 blad beuk en naaldstrooisel Pinus sylv.

Minerale bodem

Ap (0-33/59); 10YR3/1; loamy sand; abrupt
 smooth boundary; single grain, biological very
 active; common fine and larger roots; burrows
Bhs (33/59-43/49); 10YR4/3; loamy sand; clear
 wavy boundary; common medium mottles with
 colour 10YR8/2, prominent and clear boundary;
 very few roots
Bs1 (43/49-60/86); 10YR6/6; sand; clear wavy
 boundary; common medium mottles with colour
 10YR8/2, distinct and diffuse; Fe oxides; no
 reduction with α - α dipiridyl; very few roots
Bs2 (60/86-120+); 10Y8/1; sandy loam; many
 coarse mottles, distinct and diffuse with colour
 10YR6/6; weak structure, friable; medium porosity

Dikke humusrijke Ap is mengeling van oorspronkelijke Ah,E en Bh horizonten.

Fiche 7. Profiel Walem Bestand 1 – Meulebossen



Algemeen

Locatie: Walem (Rumst) – Bestand 1
 Profiel: P07_Wal
 Datum beschrijving: 08.11.07
 Auteur: Bruno De Vos
 LB 72 Coördinaten: [155116, 196152]
 Bodemkaart serie: vUfp

Humustype

Eumull (Jabiol) – Mull oligotrophe (Delecour)
 L (+1-0 cm)

Minerale bodem

Ap (0-14/22); 7.5YR3/1; sandy clay loam; abrupt wavy boundary; crumbly structure, strong, fine; friable consistency; common fine roots; common to many burrows, earthworm casts; highly bioactive; no reaction on HCl

Bg (14/22-35/42); matrix 10Y7/1 with 7.5YR5/6 mottles (abundant, fine); sandy loam; gradual wavy boundary; crumbly structure, moderate coarse; medium porosity; common to few roots; common earthworm channels

Btg (35/42-54/60); matrix 10Y7/1 with 7.5YR6/6 mottles (abundant, prominent, clear); silt loam/clay; abrupt sharp boundary; crumbly structure, moderate coarse; friable; low porosity; common roots and burrows

Bg2 (54/60-62/64); 10Y7/1; silt loam; clear smooth boundary; many very fine mottles (prominent, sharp) with colour 7.5YR5/6; crumbly; friable; very few roots

Bg3 (62/64-69/71); 7.5YR4/1; silt loam; clear smooth boundary; abundant coarse mottles (prominent, sharp) with colour 7.5YR5/6; (54/60-69/71); clear Fe oxide band; not cemented

Cr (69/71-90/+); 7.5YR4/1; silt loam; clear reduction with α - α dipiridyl indicator; moderate structure, friable, very few roots.

Alluviaal binnendijks gebied van Nete (ca 40 m van dijk)

Fiche 8. Profiel Walem Bestand 2 – Meulebossen



Algemeen

Locatie: Walem (Rumst) – Bestand 2

Profiel: P08_Wal

Datum beschrijving: 26.11.07

Auteur: Bruno De Vos

LB 72 Coördinaten: [154649,196132]

Bodemkaart serie: Efpv

Humustype

Mesomull (Jabiol) – Mull oligotrophe (Delecour)

L (+ 1.2-0 cm)

Minerale bodem

Ap (0-18/25); 10YR3/2, Sandy loam, abrupt wavy boundary, weak subangular blocky, friable, high porosity; common fine roots; common earthworm galleries and burrows; ploughed Ap.

Bgbi (18/25-34/42); 5GY7/1; Sandy loam; gradual smooth boundary; common fine mottles with colour 10YR6/6 (distinct, clear); moderate structure (blocky); firm consistency; medium porosity; few fine roots, many thick roots; biological active horizon

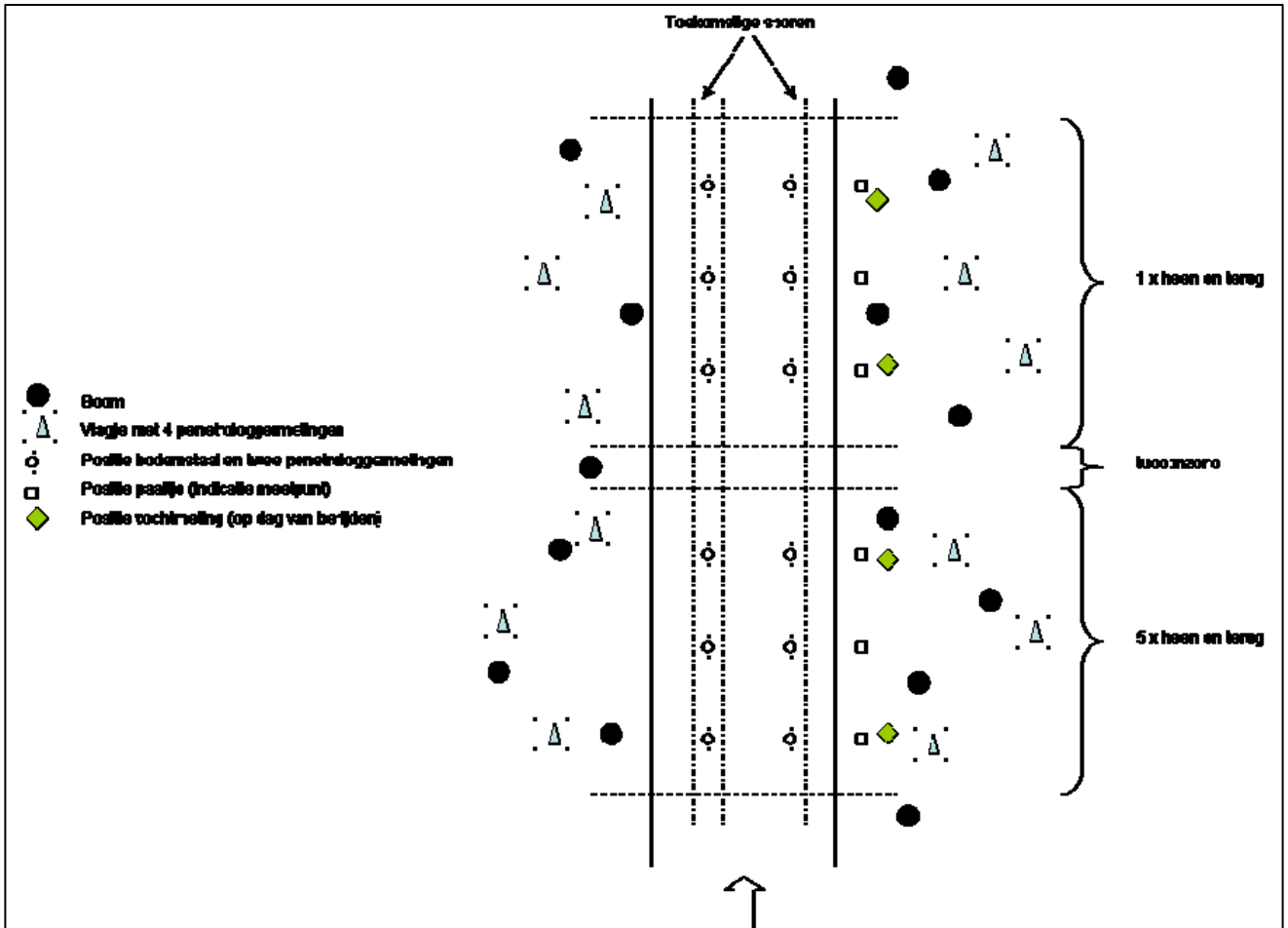
Bg2 (34/42-58/62); 10Y7/1; Sandy loam; Abrupt smooth boundary; few fine mottles with colour 7.5YR5/6 (distinct, clear); redox zone moderate blocky structure, firm, medium porosity; very few, almost no roots

2Bg (58/62-72); 7.5YR5/8; coarse sand; abrupt smooth boundary; high porosity; no roots

3Cr (72-100+); 5GY6/1; sandy loam to clayey; clear reduction with α - α dipiridyl indicator; water saturated; low porosity, no roots.

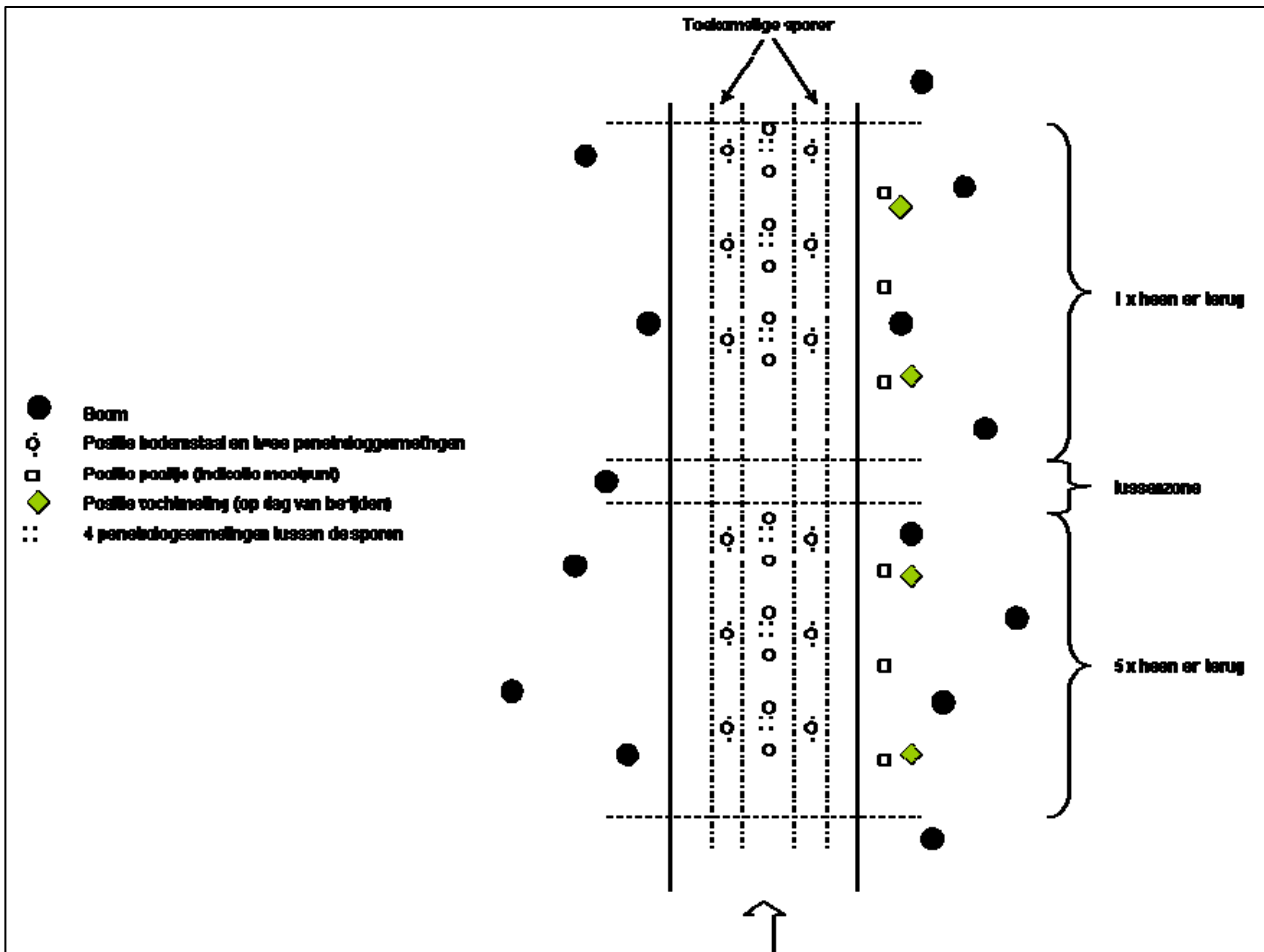
Wortels sterk aanwezig tot ca 38/40 cm diepte (biologisch actieve horizont =bi)

Bijlage 2.1.5: proefopzet en locatie metingen vóór berijden



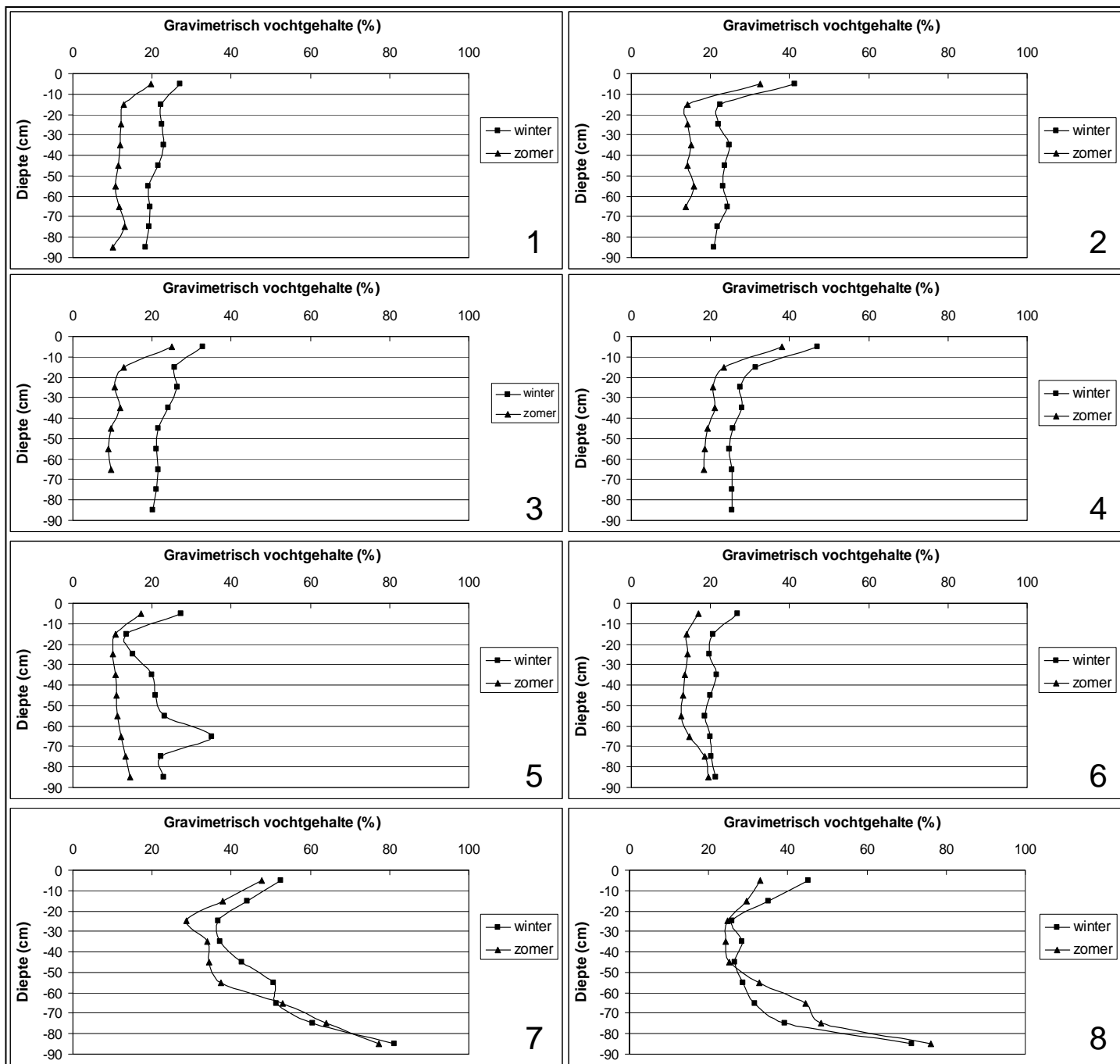
Schets van de locatie van de metingen vóór het berijden van de pistes

Bijlage 2.1.6: proefopzet en locatie metingen na berijden



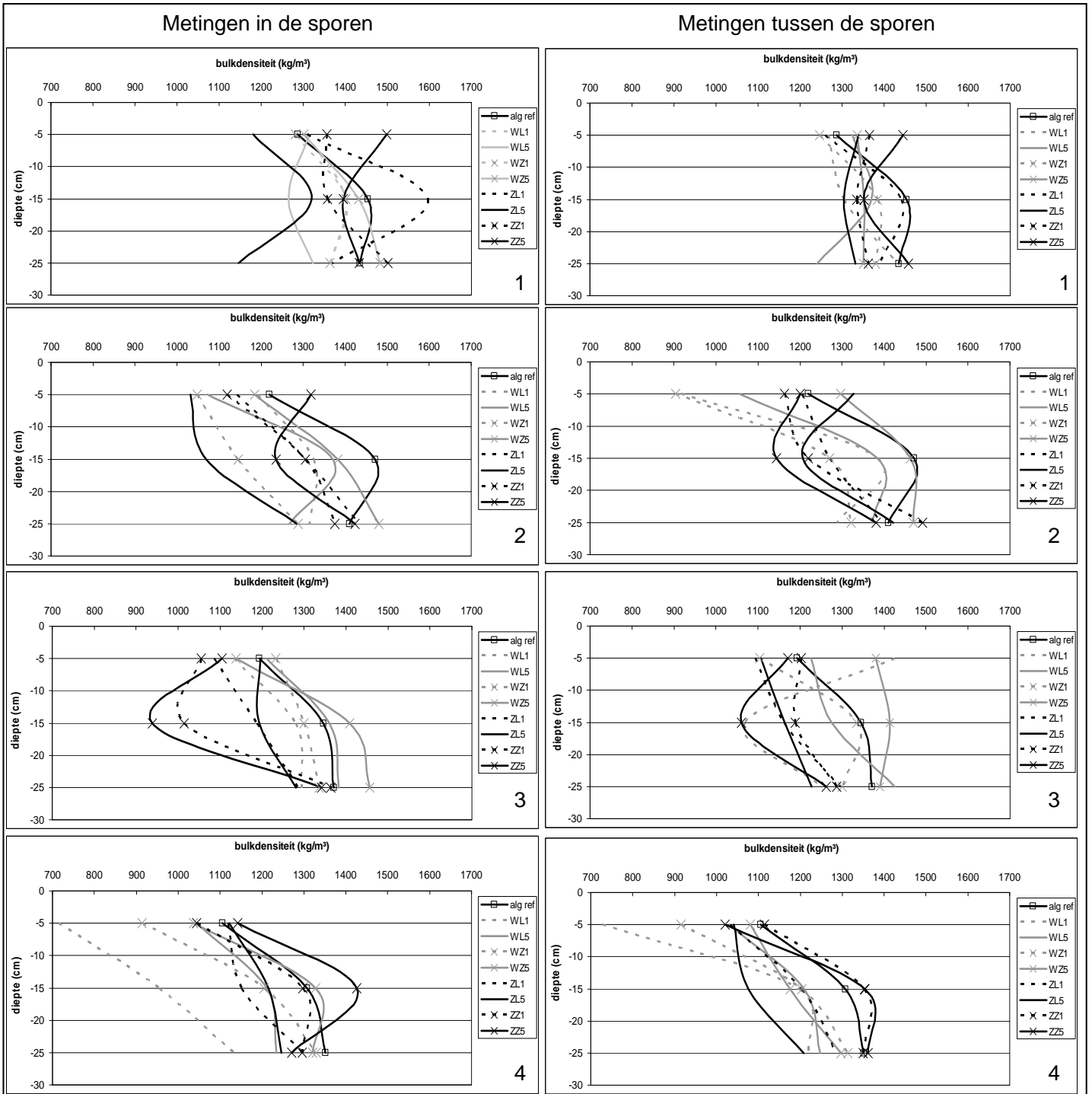
Schets van de locatie van de metingen na het berijden van de pistes

Bijlage 2.1.7: resultaten vochtgehalte tijdens de uitvoering van het experiment



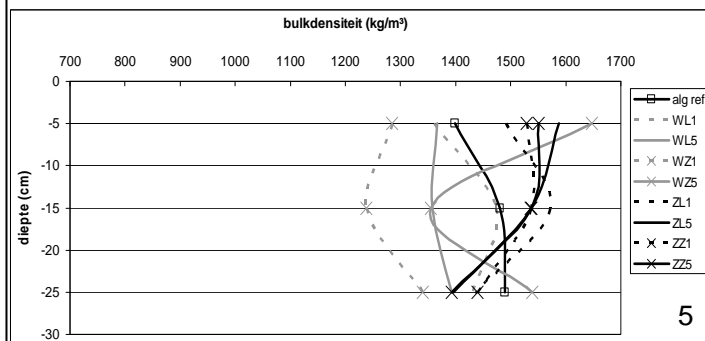
Vochtgehalten op de dag van het winter- (*winter*) en zomerexperiment (*zomer*) (1-4 te Leuven, zandleem-leem; 5-6 te Kapellen, zand; 7-8 te Walem, klei)

Bijlage 2.1.8: resultaten bulkdensiteit

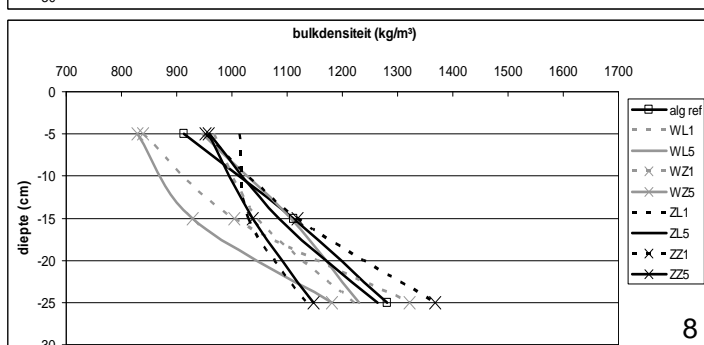
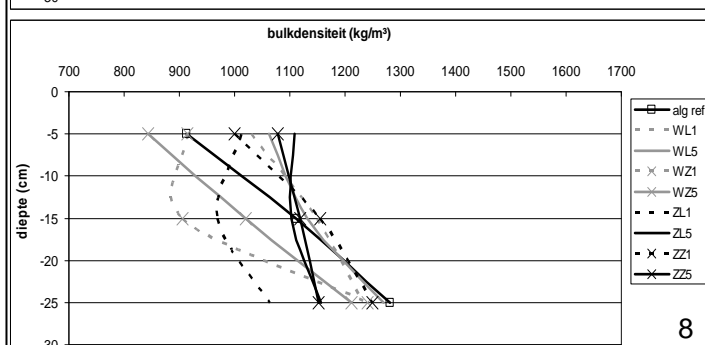
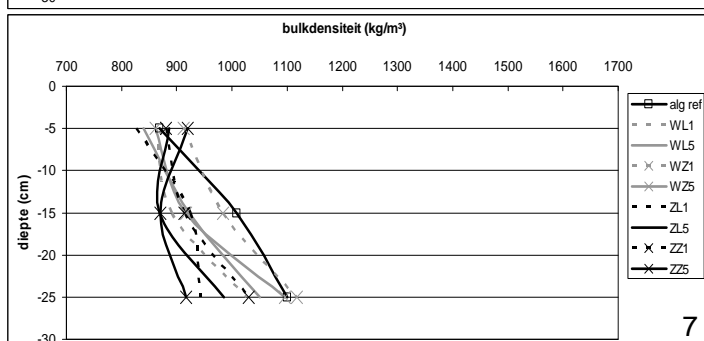
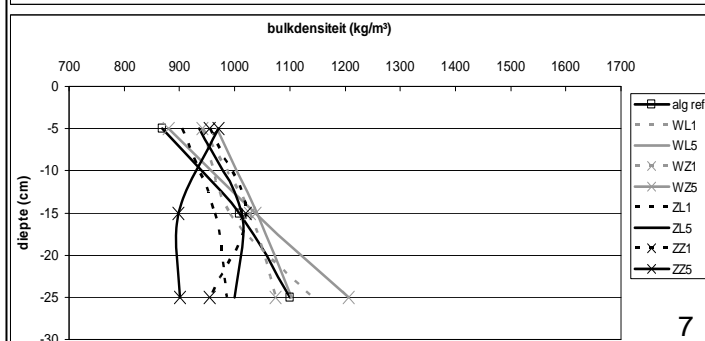
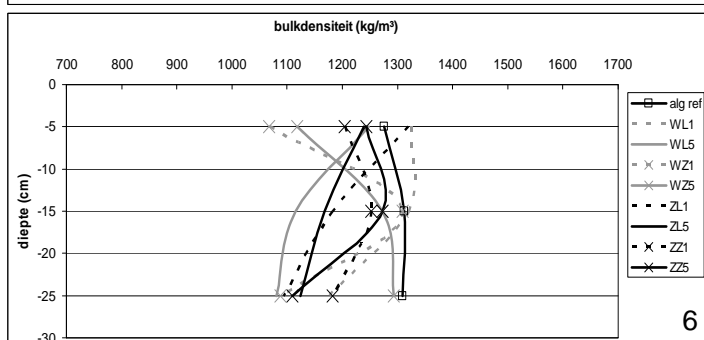
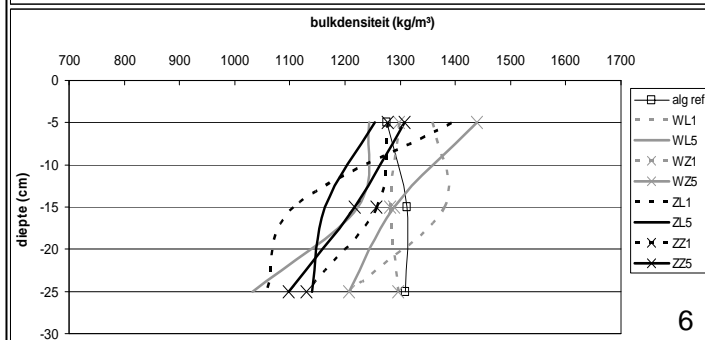
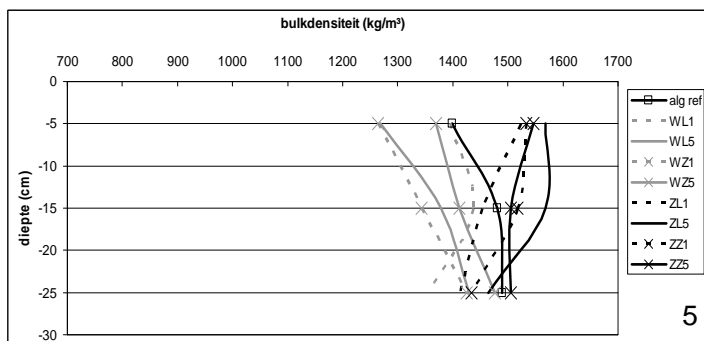


Verloop van de bulkdensiteit in functie van de diepte, in (links) en tussen (rechts) de rijsporen, voor de bestanden 1 tot 4 (Leuven, zandleem-leem) (W. = winter-nat, Z. = zomer-droog, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages met n = 6; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, n = 48)

Metingen in de sporen

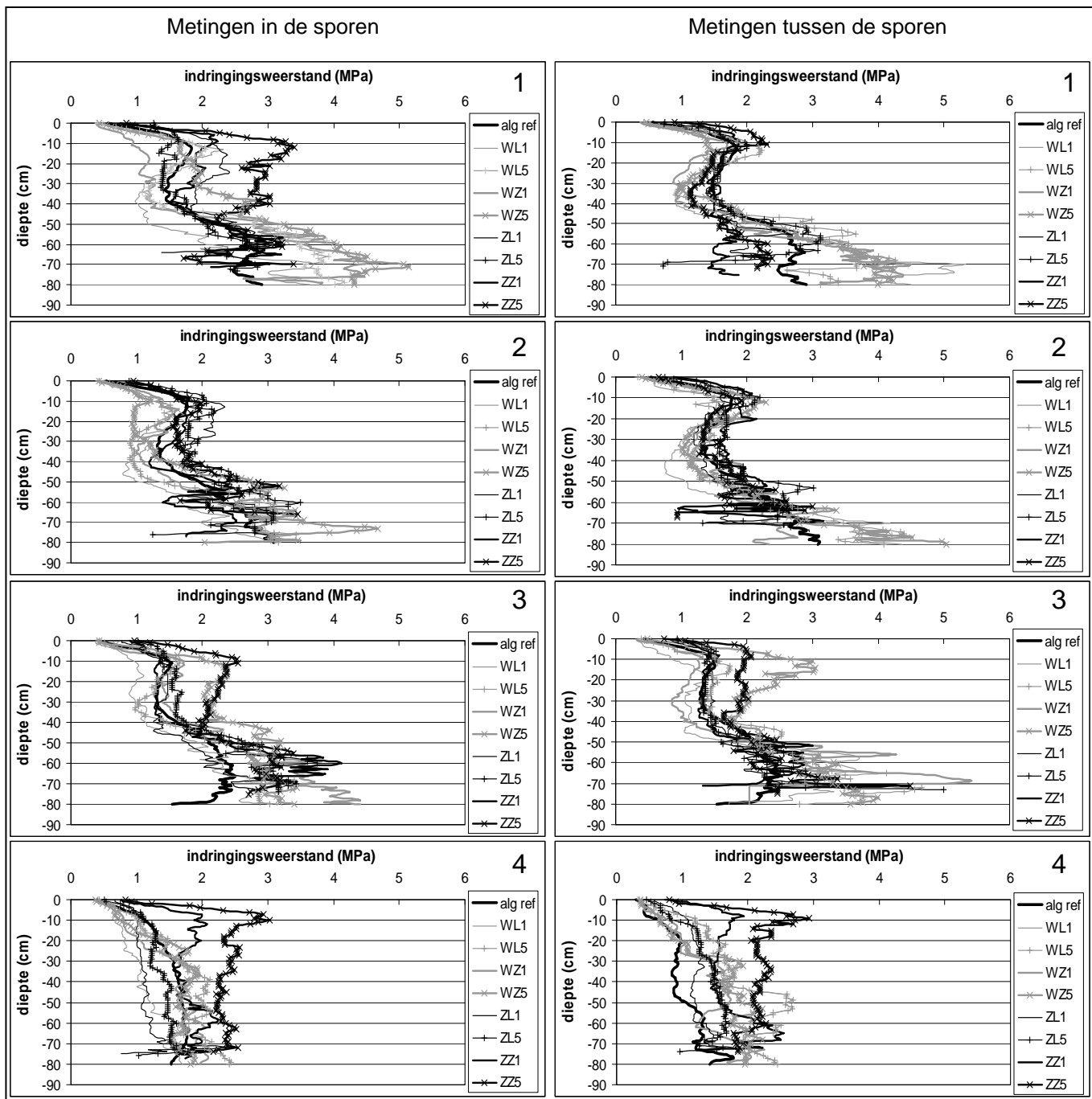


Metingen tussen de sporen

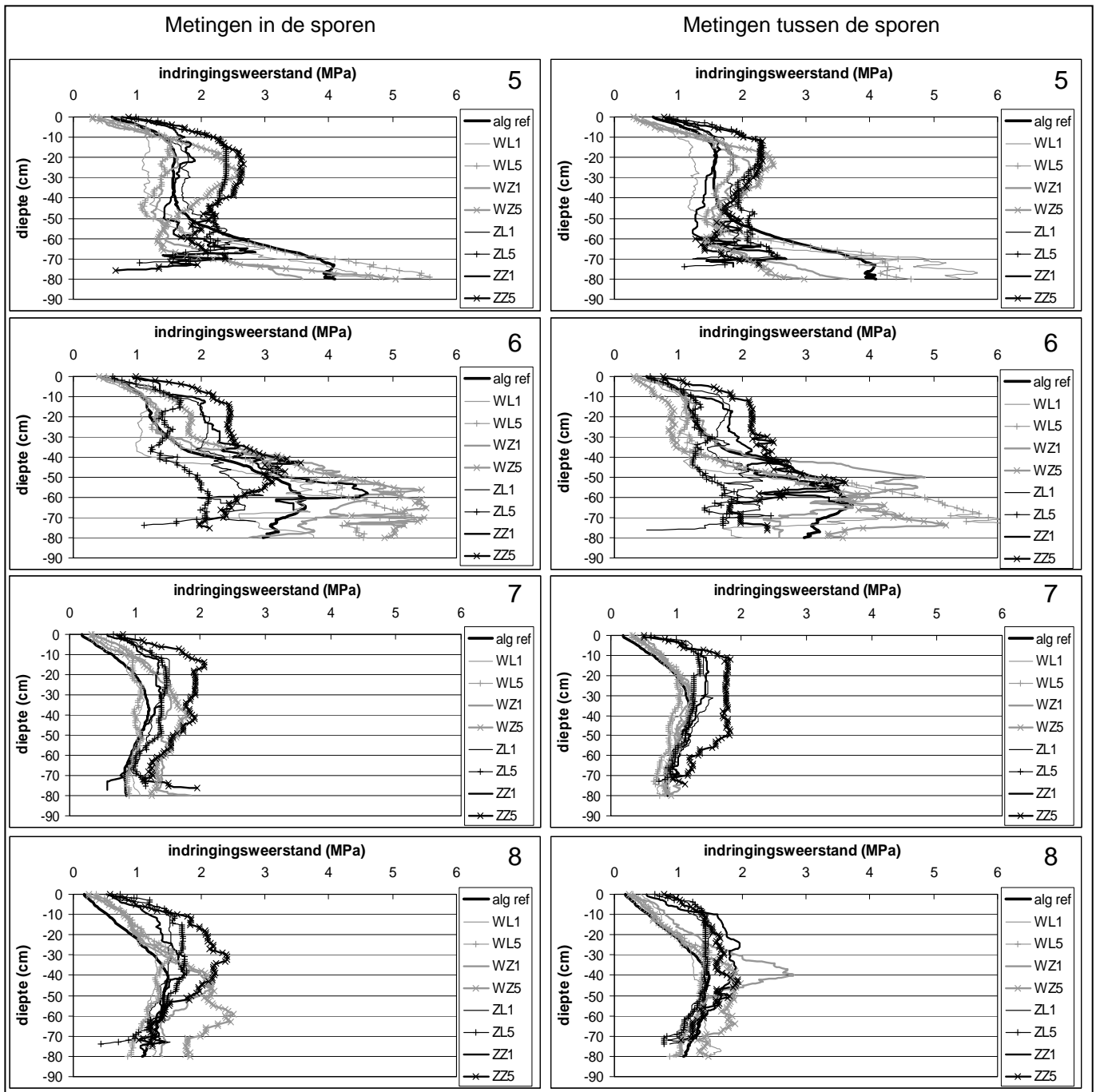


Vervolg Bijlage 2.1.7 voor de bestanden 5-6 (Kapellen, zand) en 7-8 (Walem, klei)

Bijlage 2.1.9: resultaten indringingsweerstand

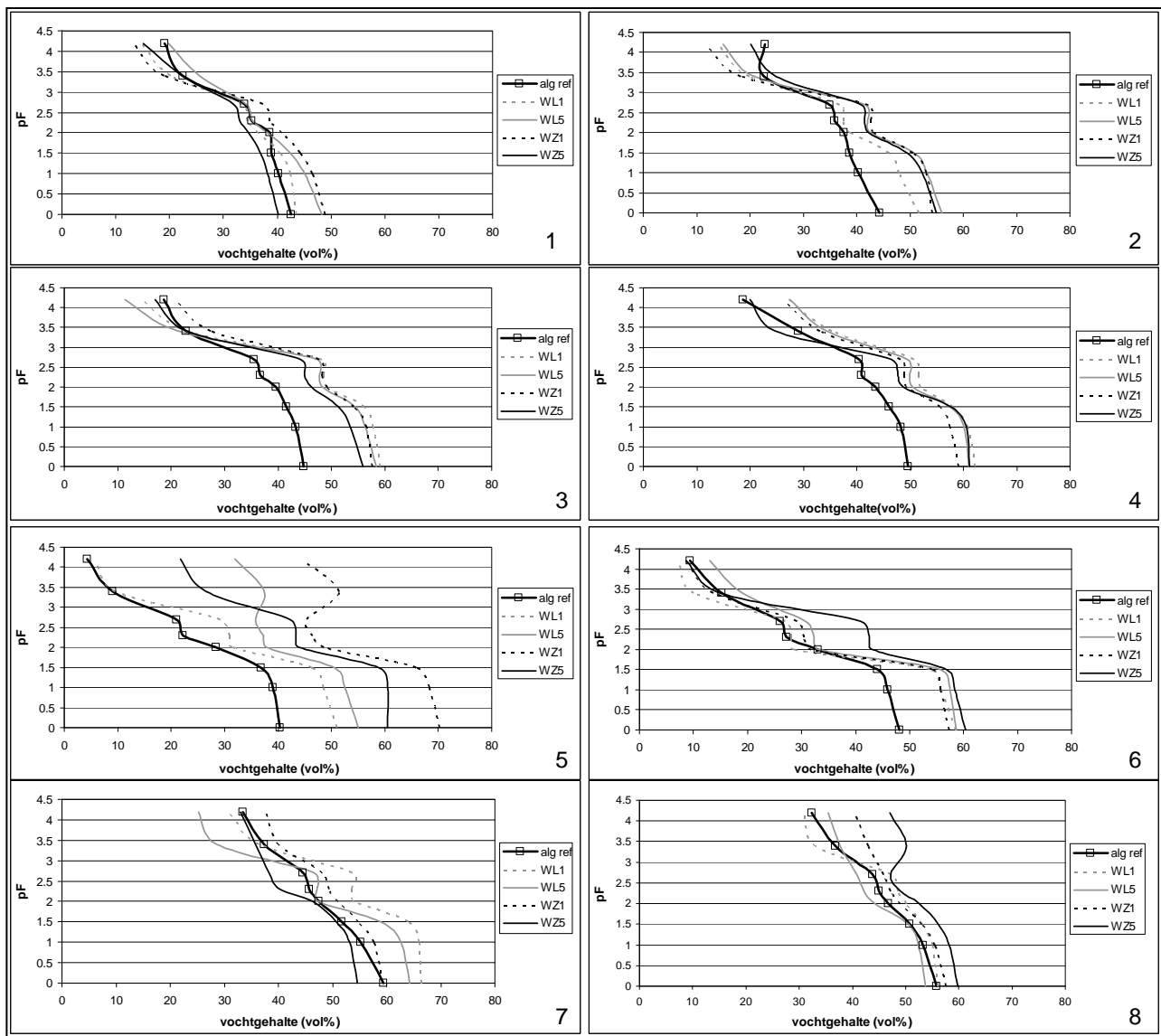


Verloop van de indringingsweerstand in functie van de diepte, in (links) en tussen (rechts) de rijsporen, voor de bestanden 1 tot 4 (Leuven, zandleem-leem) (W. = winter-nat, Z. = zomer-droog, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 12; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op/tussen alle pistes, n = 216)



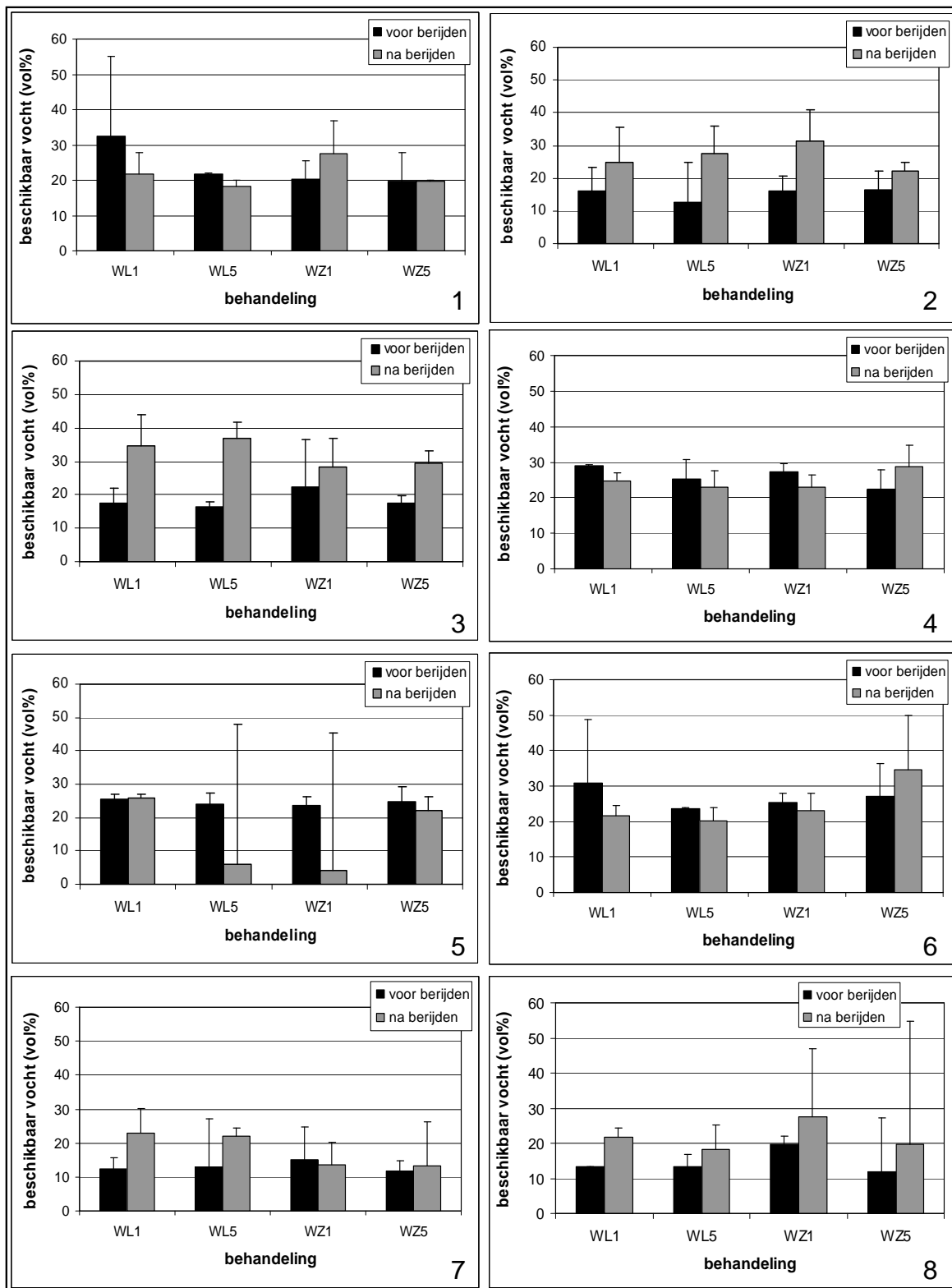
Vervolg Bijlage 2.1.8 voor de bestanden 5-6 (Kapellen, zand) en 7-8 (Walem, klei)

Bijlage 2.1.10: resultaten vocht karakteristiek (pF-curve)



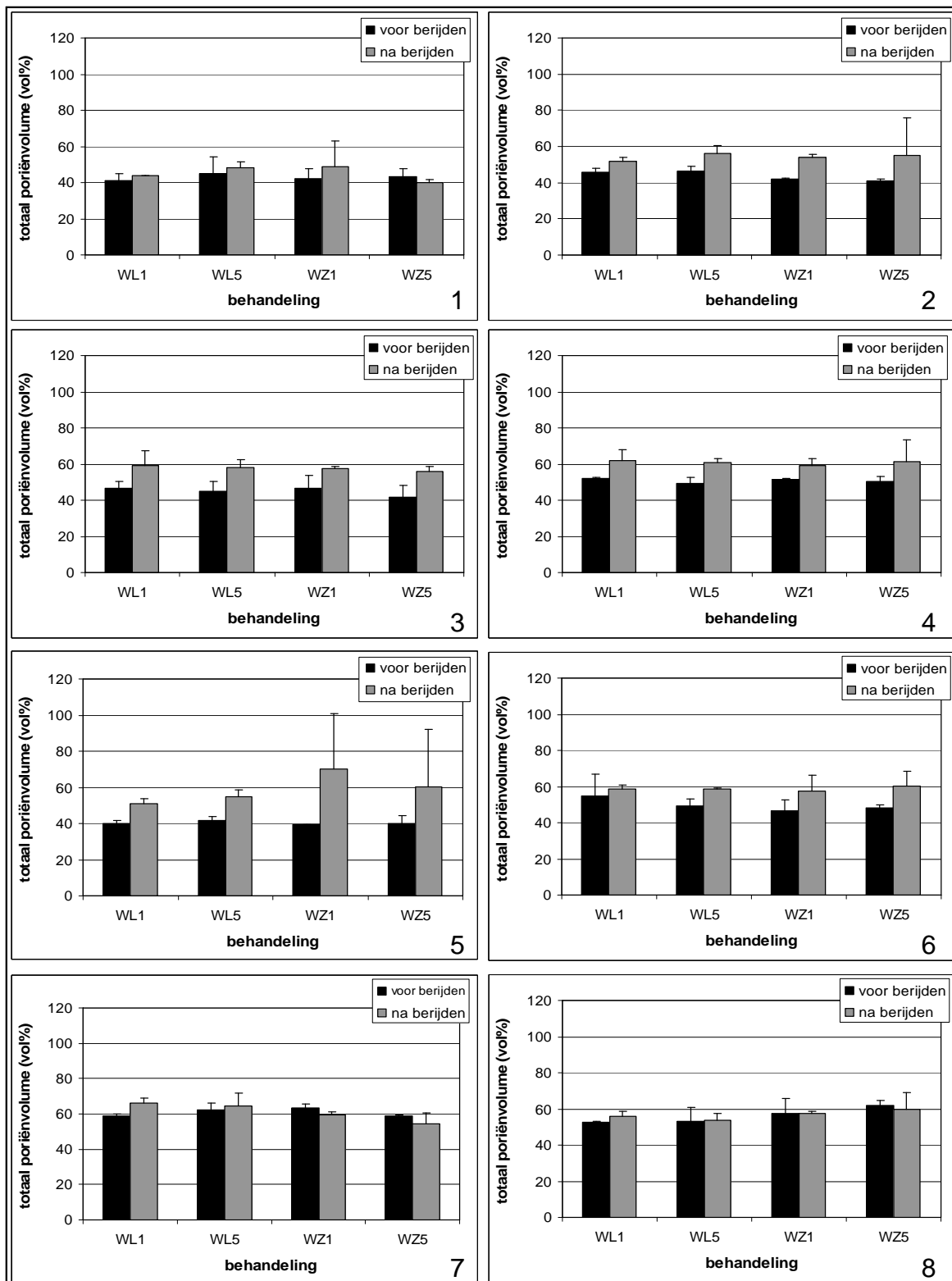
Vocht karakteristiek voor de bestanden 1-4 (Leuven, zandleem-leem), 5-6 (Kapellen, zand) en 7-8 (Walem, klei) (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 2; alg ref = algemene referentie, verkregen door uitmiddelen van referentiewaarden van op alle pistes, n = 16)

Bijlage 2.1.11: resultaten beschikbaar vocht



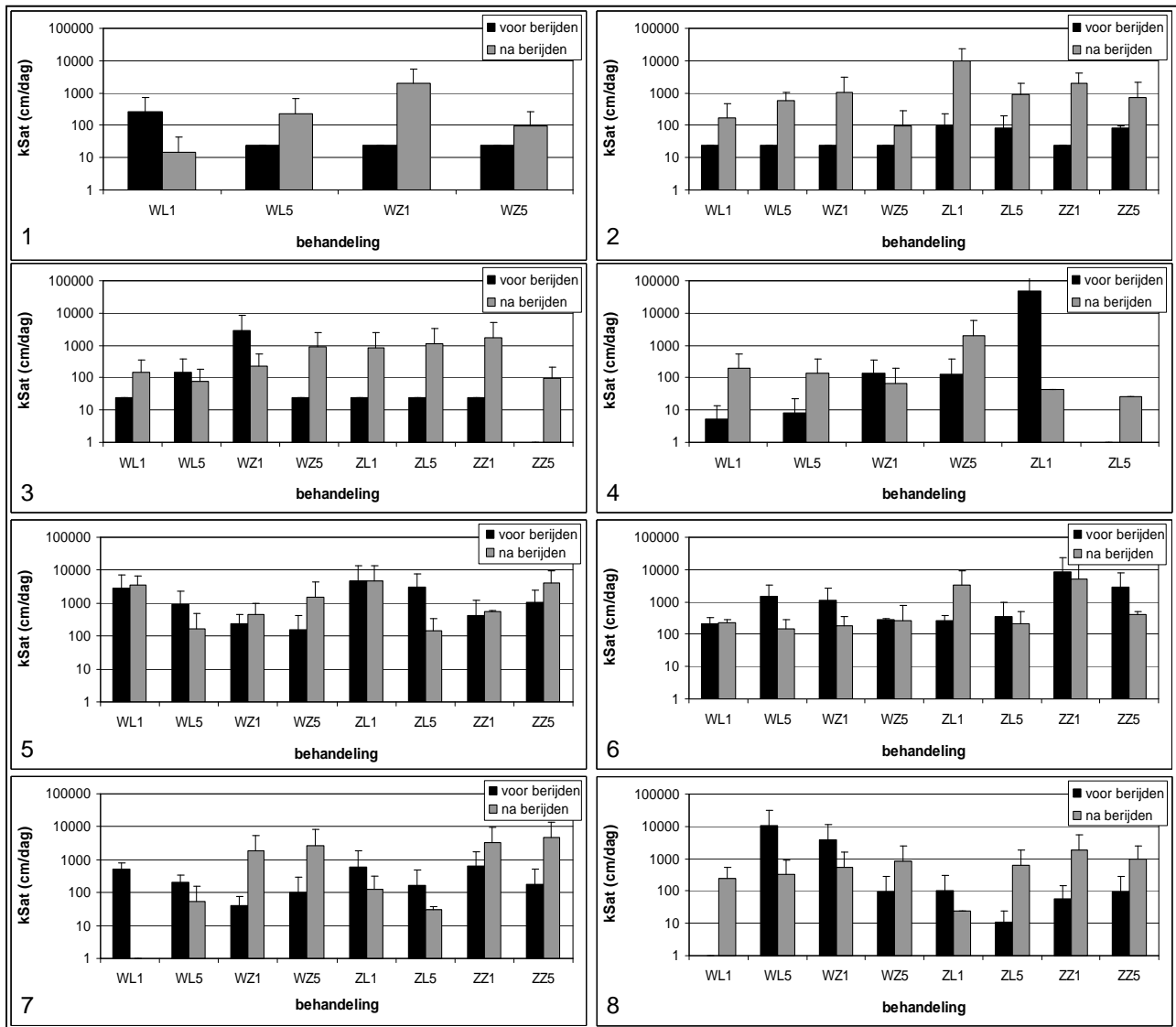
Hoeveelheid beschikbaar water voor en na berijden voor de bestanden 1-4 (Leuven, zandleem-leem), 5-6 (Kapellen, zand) en 7-8 (Walem, klei) (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 2). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Bijlage 2.1.12: resultaten totaal poriënvolume



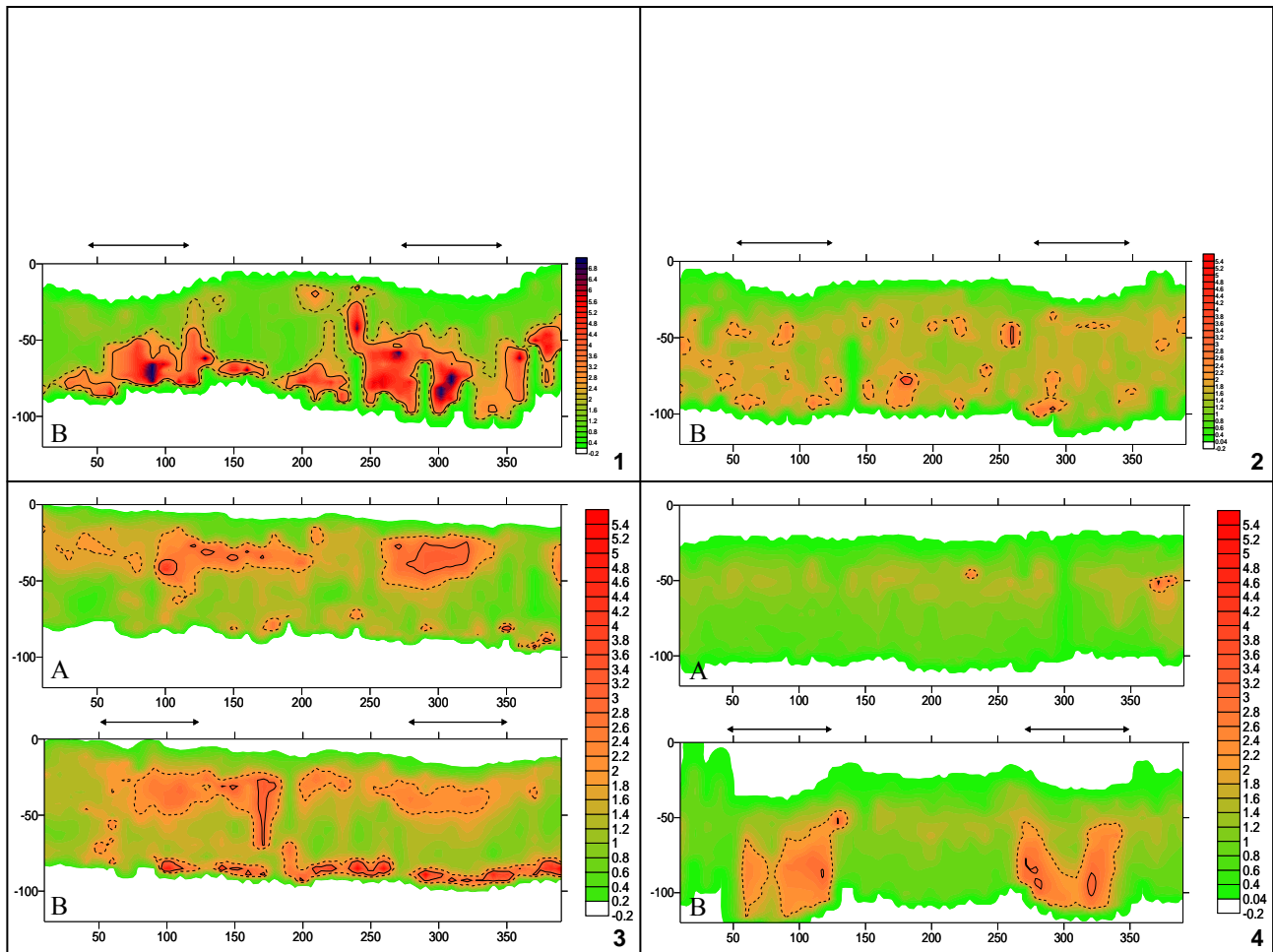
Totaal poriënvolume voor en na berijden voor de bestanden 1-4 (Leuven, zandleem-leem), 5-6 (Kapellen, zand) en 7-8 (Walem, klei) (W. = winter-nat, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 2). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Bijlage 2.1.13: resultaten hydraulische conductiviteit

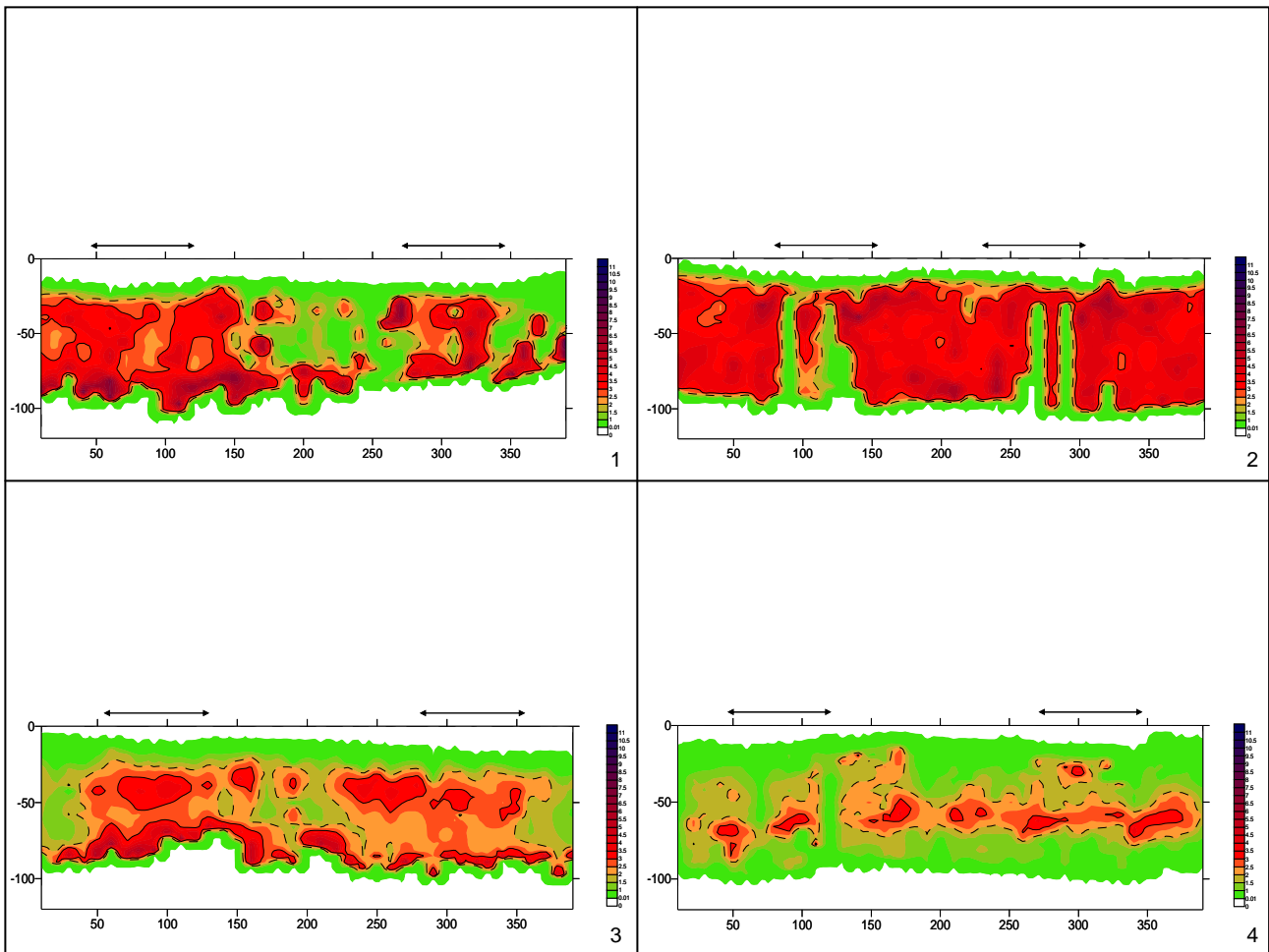


Verzadigde hydraulische conductiviteit (kSat) voor en na berijden voor de bestanden 1-4 (Leuven, zandleemleem), 5-6 (Kapellen, zand) en 7-8 (Walem, klei) (W. = winter-nat, Z. = zomer-droog, .L = licht, .Z = zwaar, 1 = 1 passage, 5 = 5 passages, met n = 2; behandelingen waarvan de waarde voor of na berijden ontbreekt zijn niet weergegeven in de figuren). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Bijlage 2.1.14: resultaten microreliëf

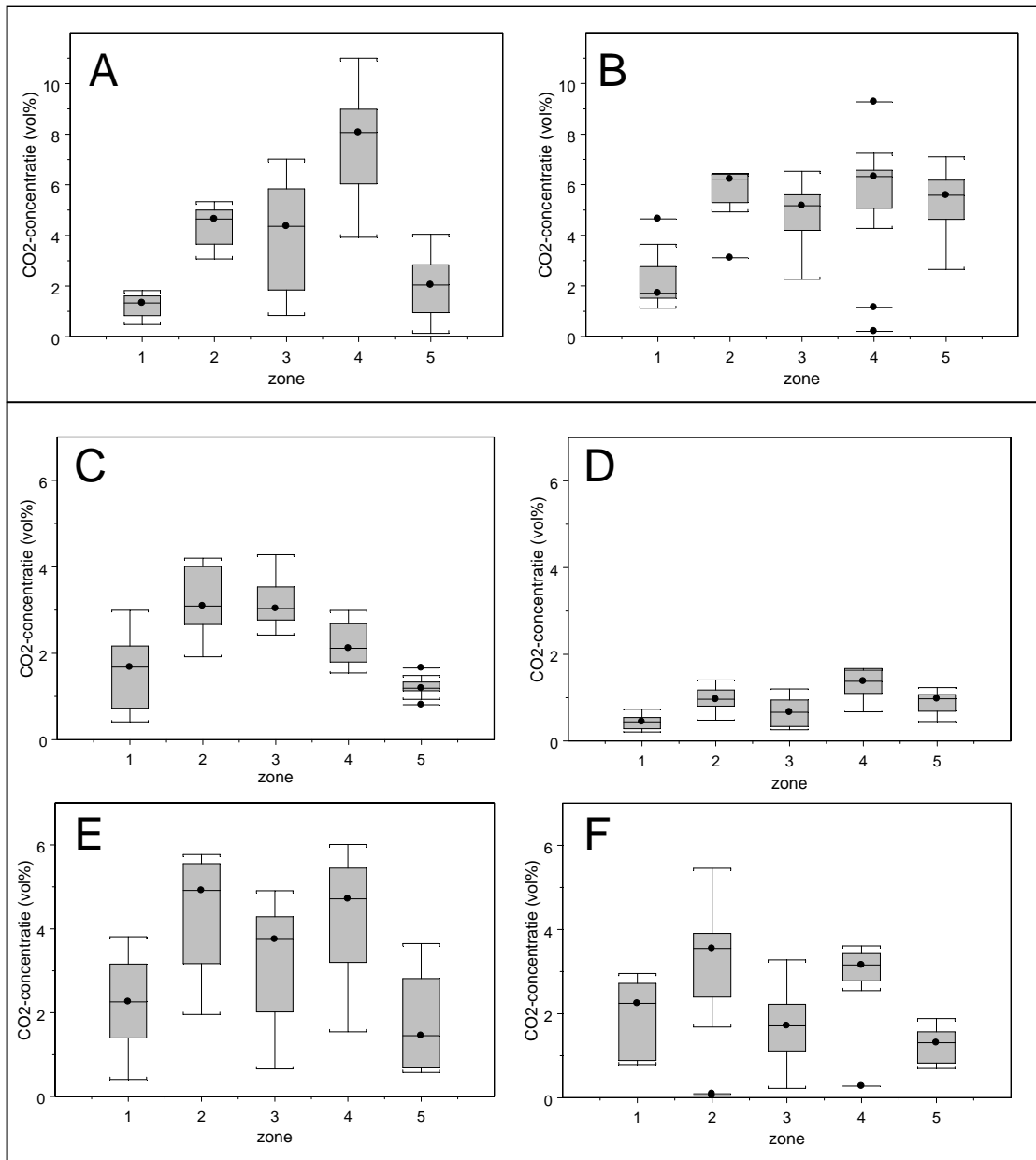


Microreliëf voor het winterexperiment na 5 passages met de zware machine. De legende geeft de waarde van de indringingsweerstand aan (MPa), de zwarte pijlen de locatie van de sporen. Figuur A (indien aanwezig) geeft de toestand voor berijden, Figuur B de toestand na berijden (stippellijn: isolijn voor 2 MPa, volle lijn: isolijn voor 3 MPa) (1 = Leuven bestand 2, zandleem-leem; 2 = Leuven bestand 4, zandleem-leem); 3 = Kapellen bestand 1, zand; 4 = Walem bestand 1, klei)



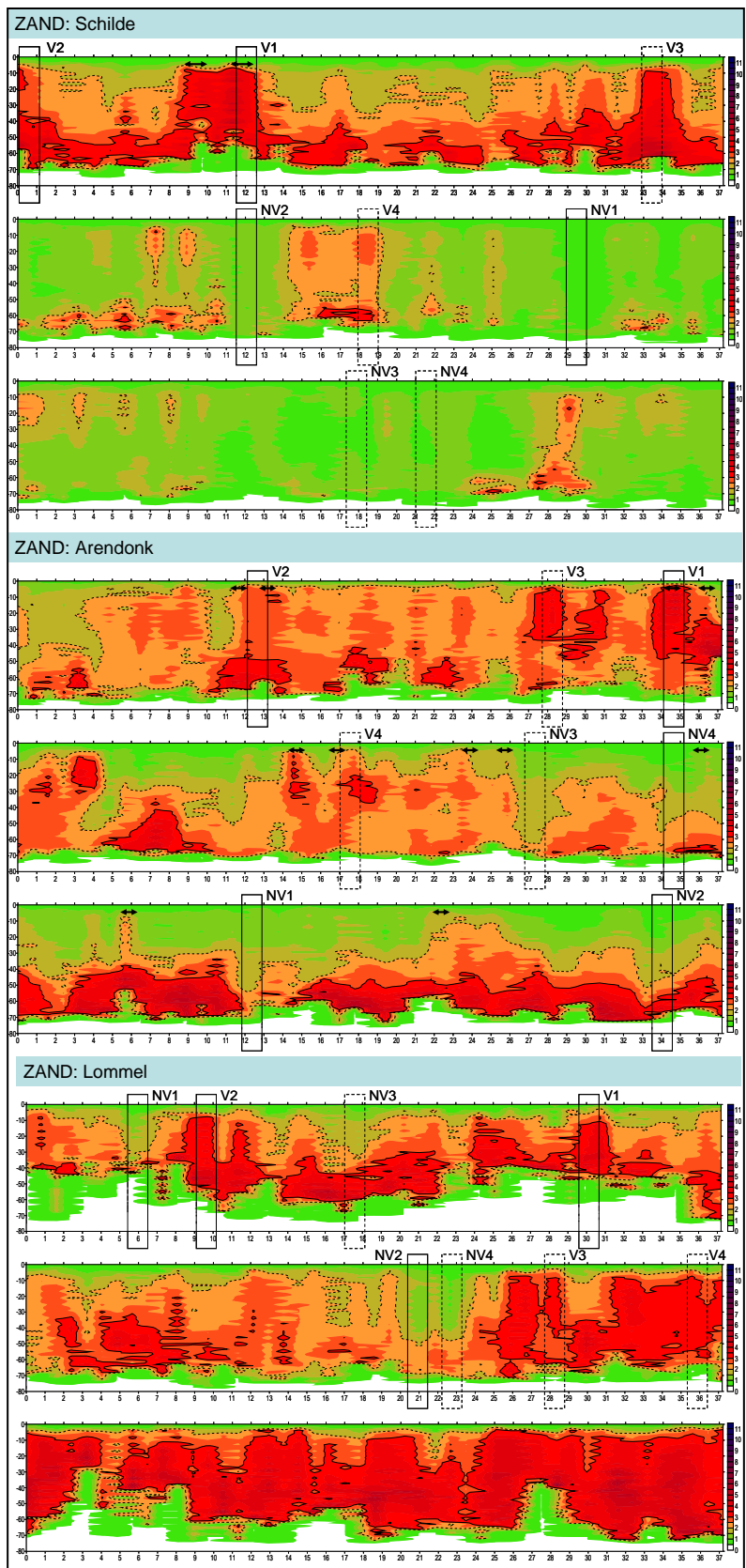
Vervolg Bijlage 2.1.13 voor het zomerexperiment. De figuren geven de toestand na berijden aan (1 = Leuven Bestand 2, zandleem-leem; 2 = Leuven Bestand 4, zandleem-leem; 3 = Kapellen Bestand 1, zand; 4 = Walem Bestand 1, klei)

Bijlage 2.1.15: terreinexperiment: CO₂-concentraties in het bodemprofiel: boxplots

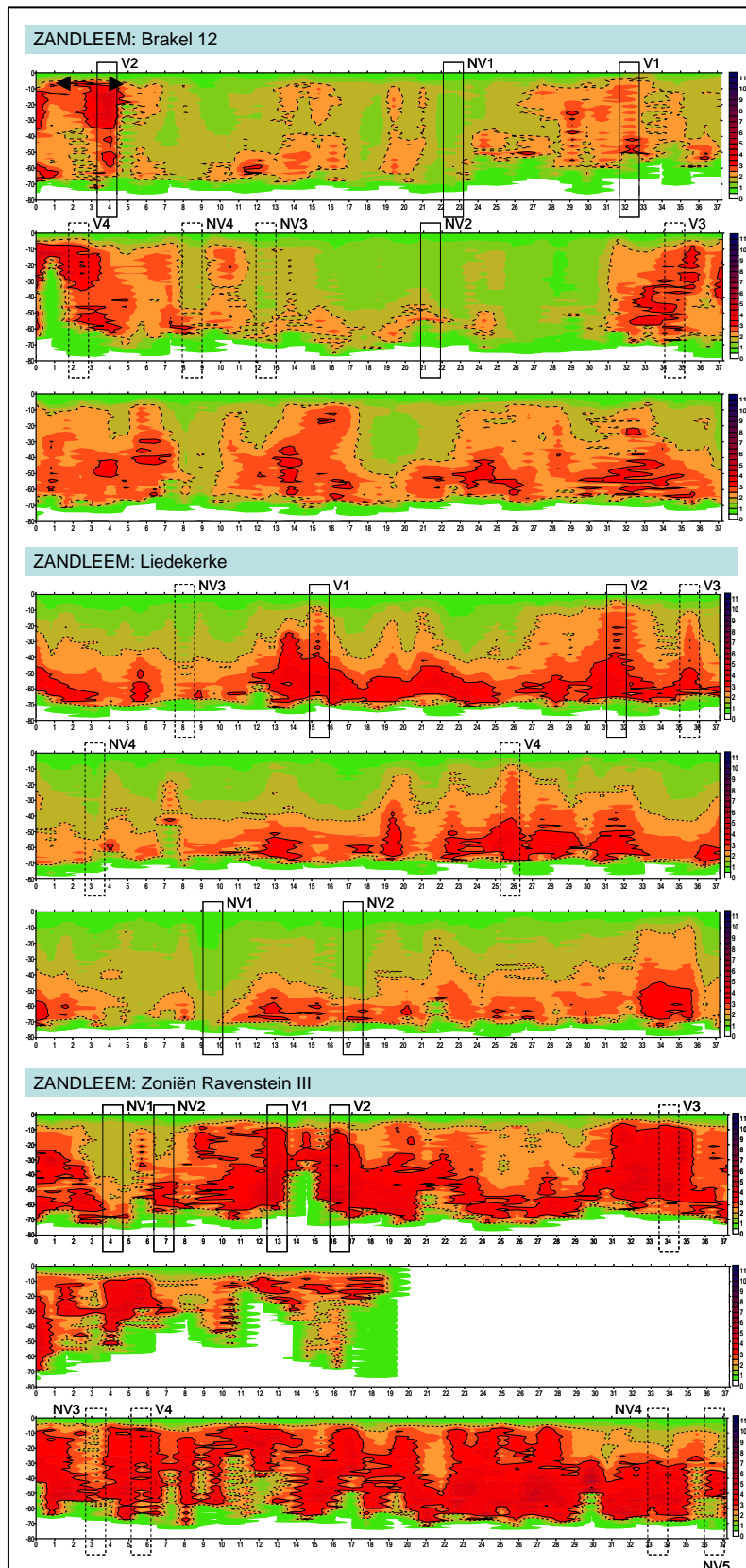


CO₂-concentraties per zone (1: naast het linkse spoor, 2: in het linkse spoor, 3: tussen de sporen, 4: in het rechtse spoor, 5: naast het rechtse spoor) dwars over een piste, voor 2 bestanden op zandbodems, per blok per behandeling per bestand; waarden uitgemiddeld over elke zone en over de verschillende transecten (A: Kapellen 1, 5 passages, blok A; B: Kapellen 1, 5 passages, blok B; C: Kapellen 2, 1 passage, blok A; D: Kapellen 2, 1 passage, blok B; E: Kapellen 2, 5 passages, blok A; F: Kapellen 2, 5 passages, blok B)

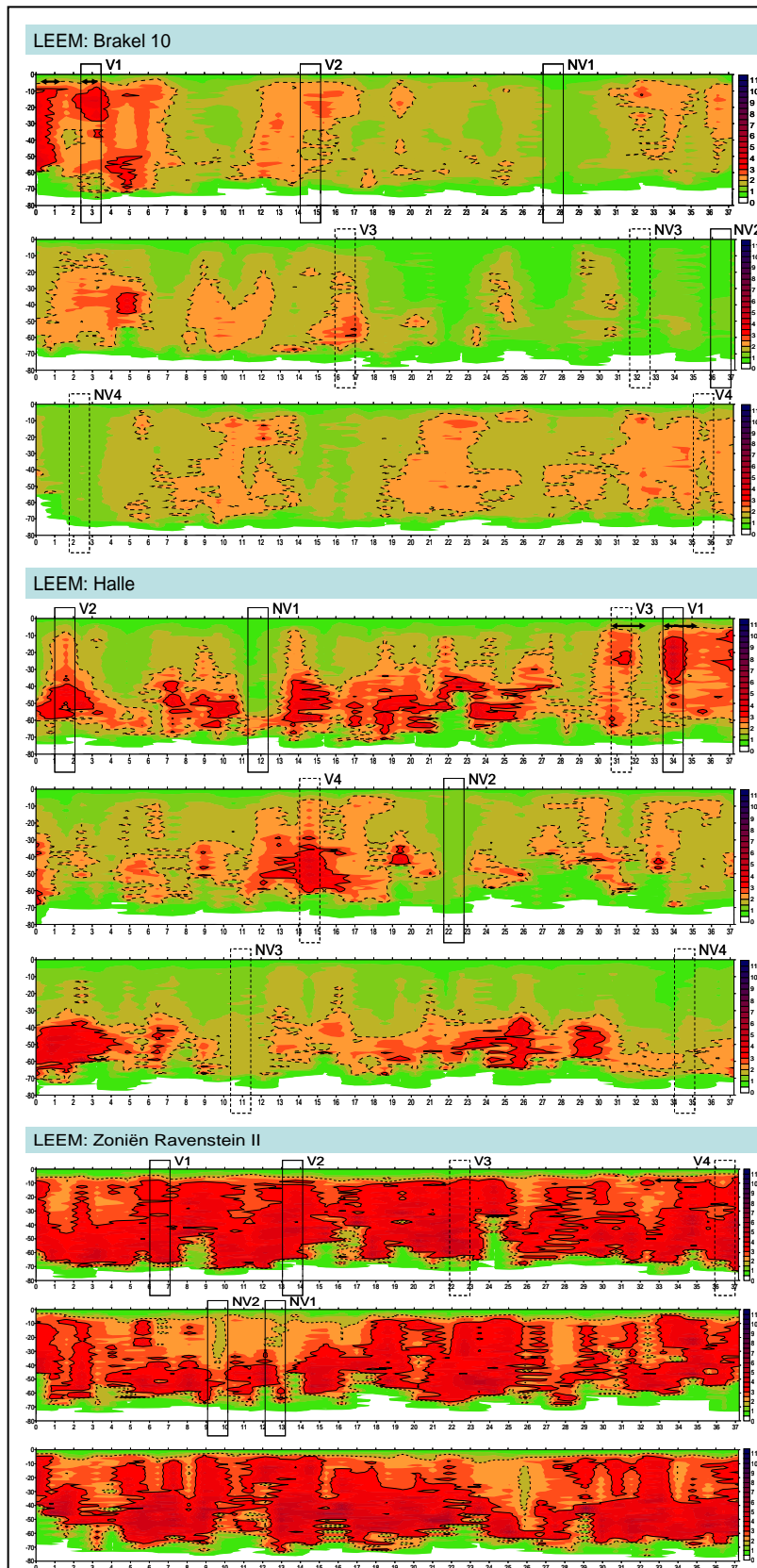
Bijlage 2.3.1: Herstelpotentieel: indringingsweerstand langsheen transecten



Indringingsweerstand (kleurenschaal, stippellijn: isolijn voor 2 MPa, volle lijn: isolijn voor 3 MPa) in functie van de diepte (Y-as) langsheen 3 transecten van 37m (X-as) (per bestand telkens transect 1 bovenaan, transect 2 centraal, transect 3 onderaan). De zwarte pijlen geven de locatie aan van nog zichtbare sporen. De kaders geven de locatie aan van de overige metingen (volle lijn: respiratie + vegetatie-opname, stippellijn: enkel vegetatie-opname; V = verdichte zone, NV = niet-verdichte zone)

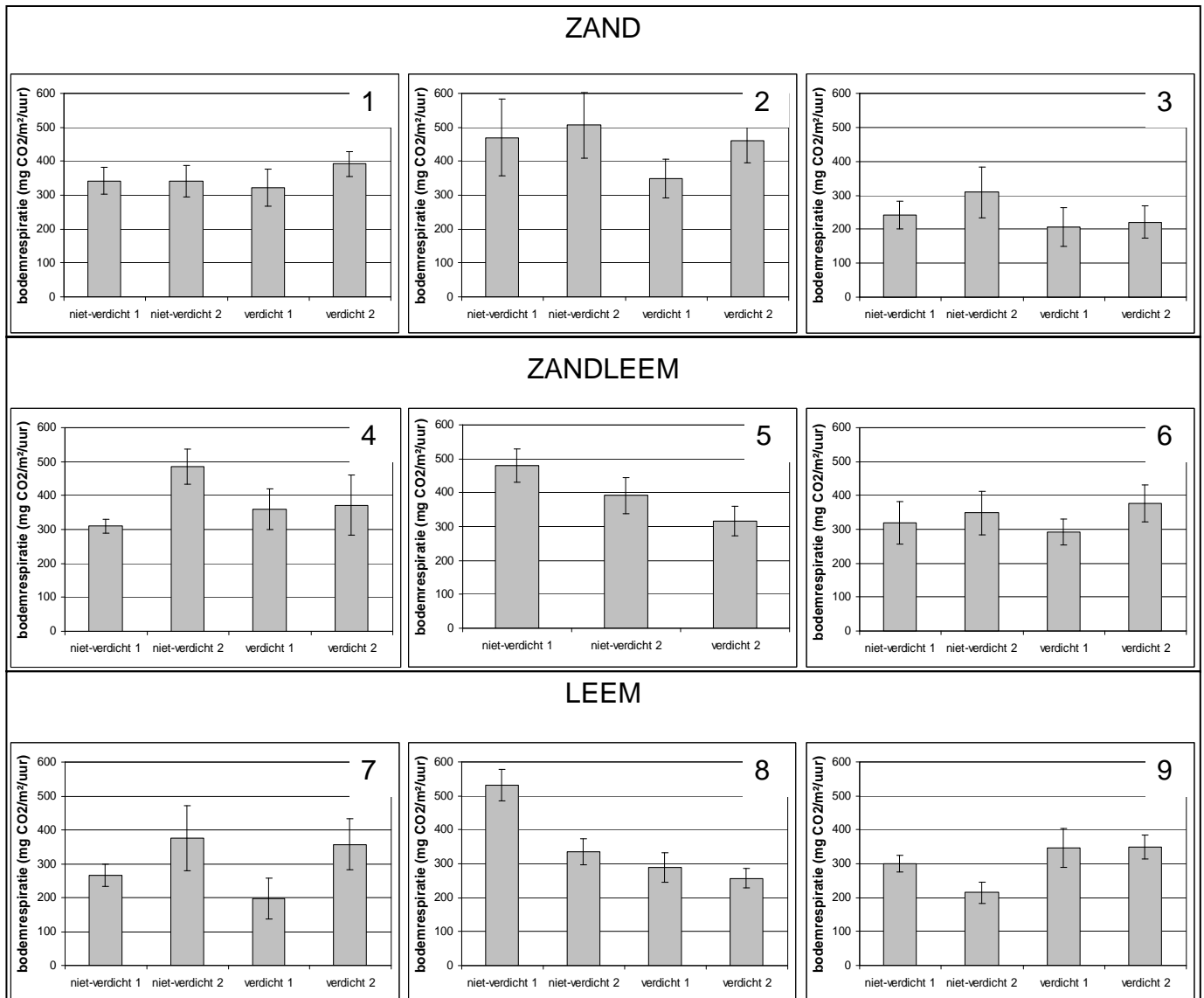


Vervolg Bijlage 2.3.1 voor bestanden op zandleem



Vervolg Bijlage 2.3.1 voor bestanden op leem

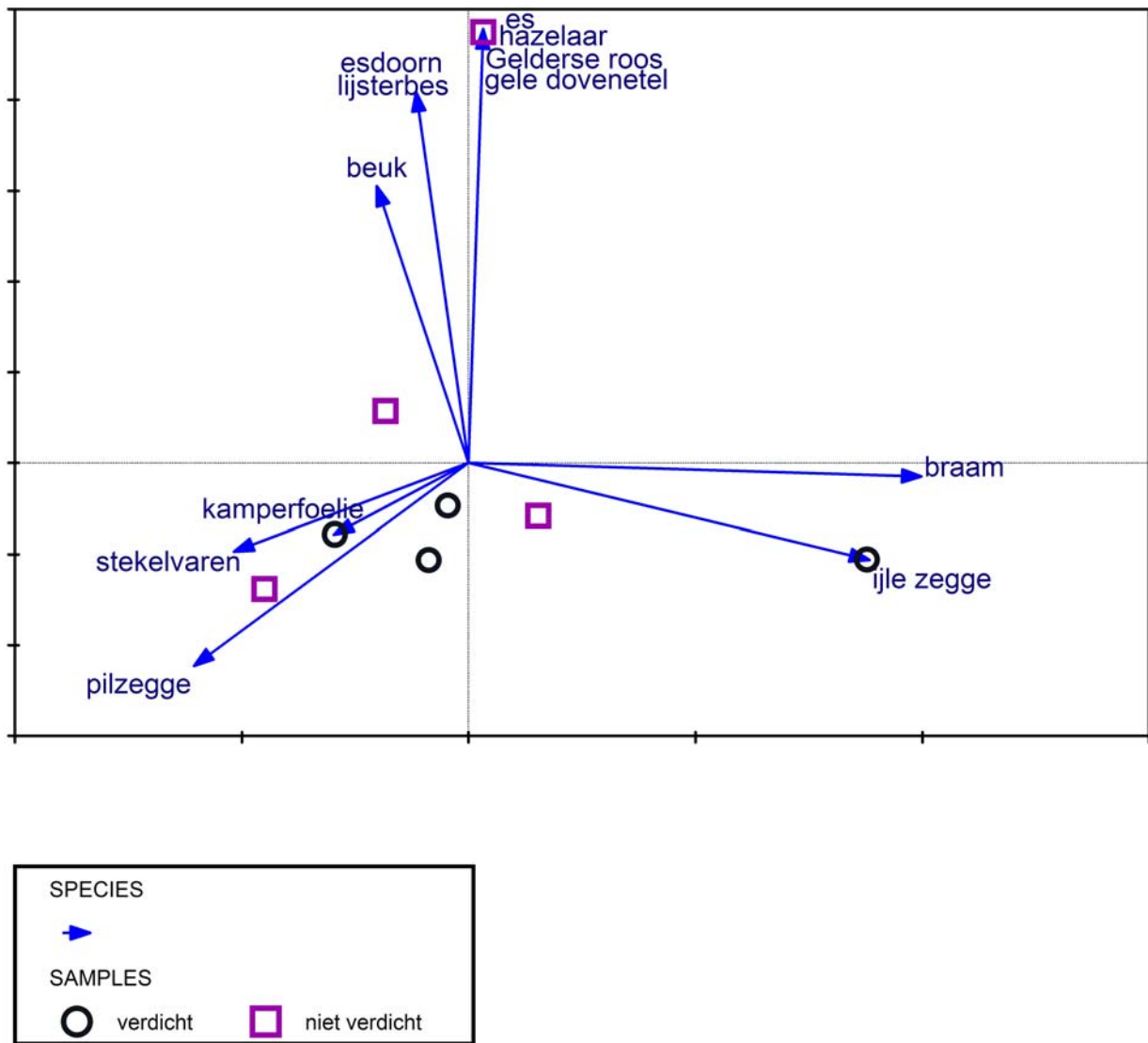
Bijlage 2.3.2: herstelpotentieel: bodemrespiratie op verdichte en niet-verdichte zones



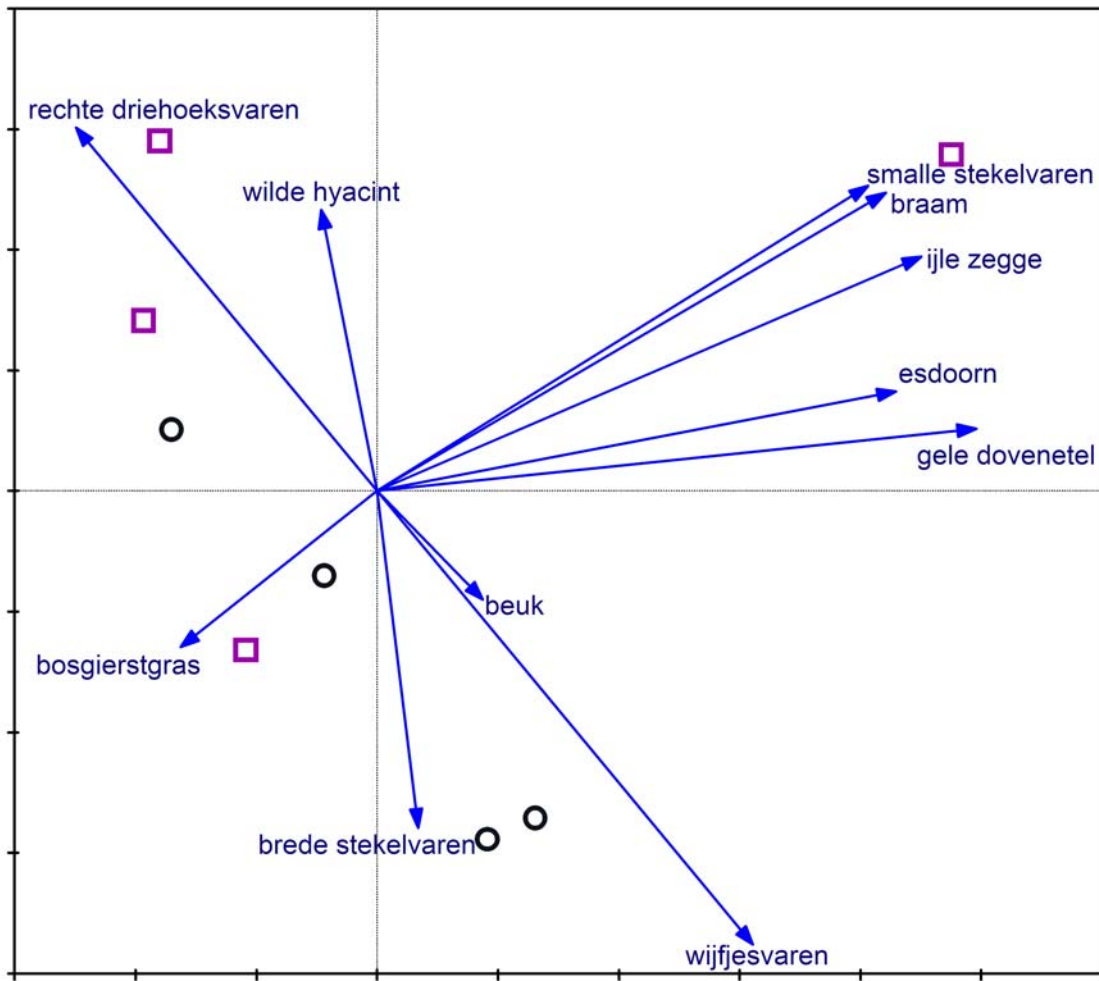
Bodemrespiratie op verdichte en niet-verdichte zones (1 = Schilde, 2 = Arendonk, 3 = Lommel, 4 = Brakel 12, 5 = Liedekerke, 6 = Ravenstein III, 7 = Brakel 10, 8 = Halle, 9 = Ravenstein II). De zwarte strepen geven het 95% betrouwbaarheidsinterval aan

Bijlage 2.3.3: Herstelpotentieel: grafische voorstellingen van PCA's voor de onderzochte bestanden

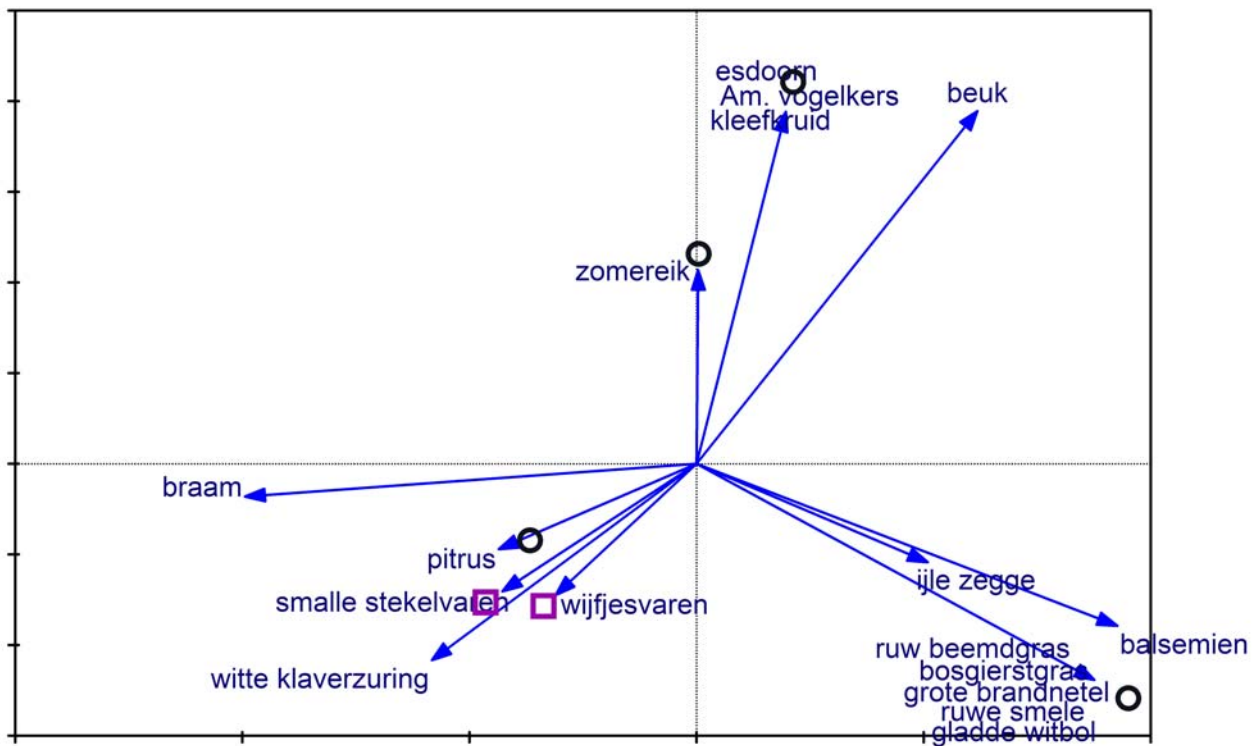
Wanneer boomsoorten voorkomen in de analyse betreft dit steeds verjonging die deel uitmaakte van de kruidlaag.



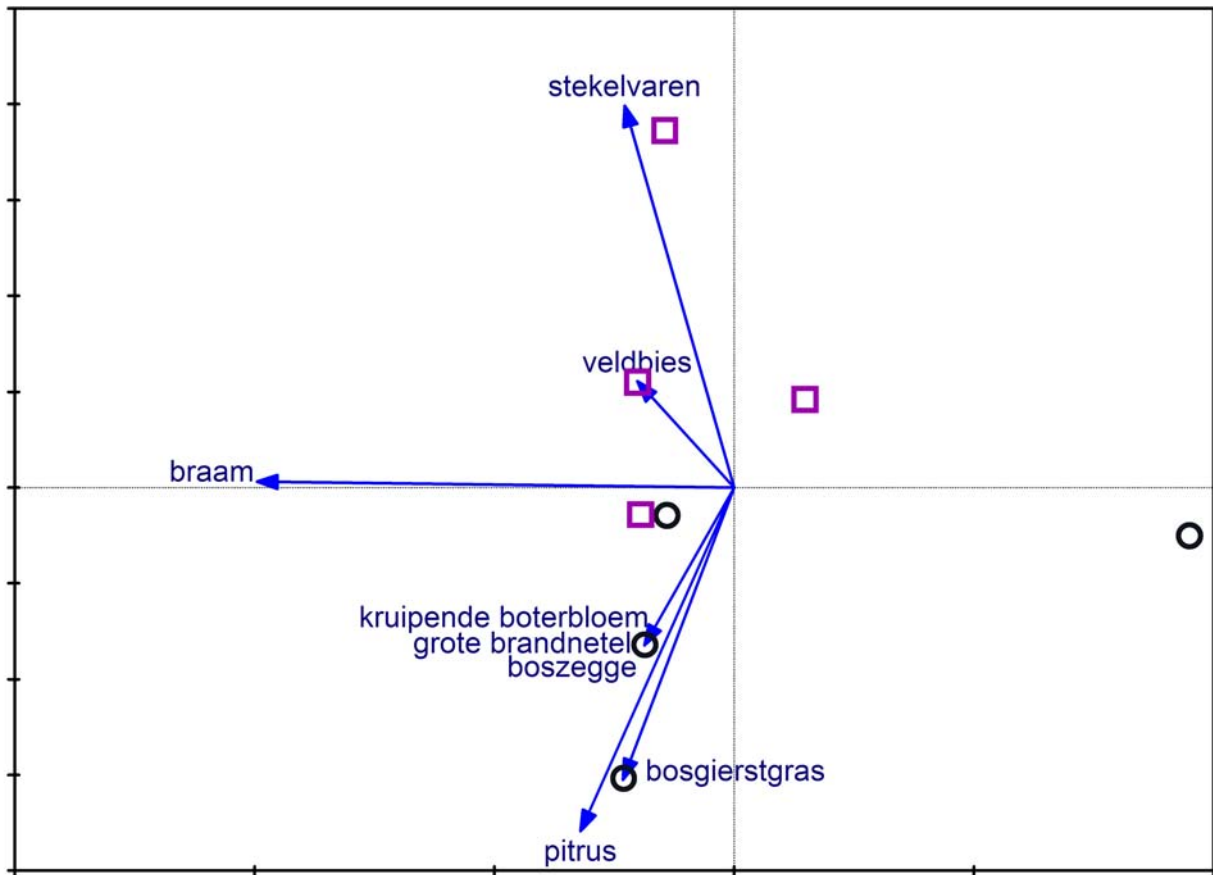
PCA van de soortensamenstelling in Brakel 10 (leem)



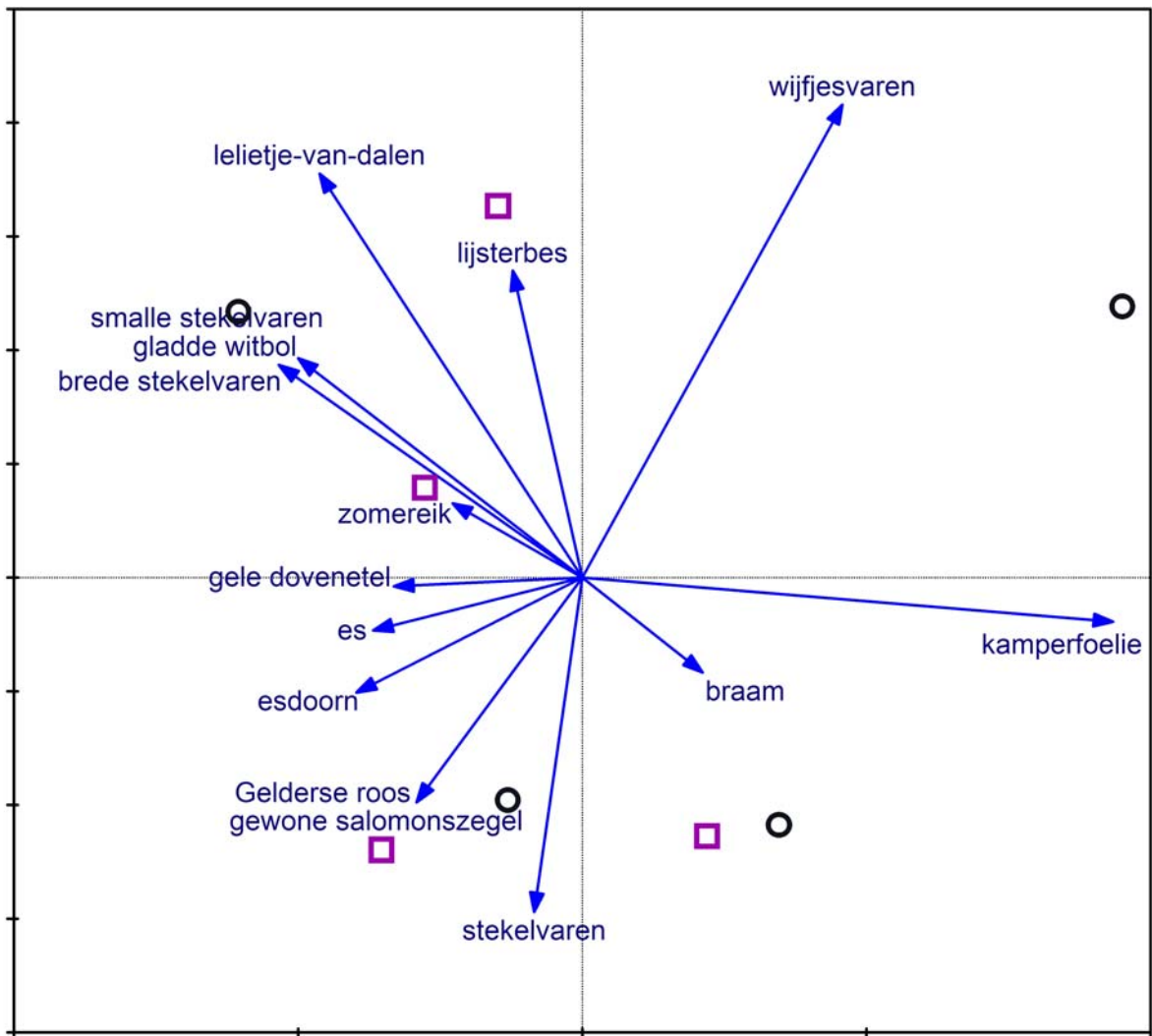
Vervolg Bijlage 2.3.3. PCA van de soortensamenstelling in Halle (leem)



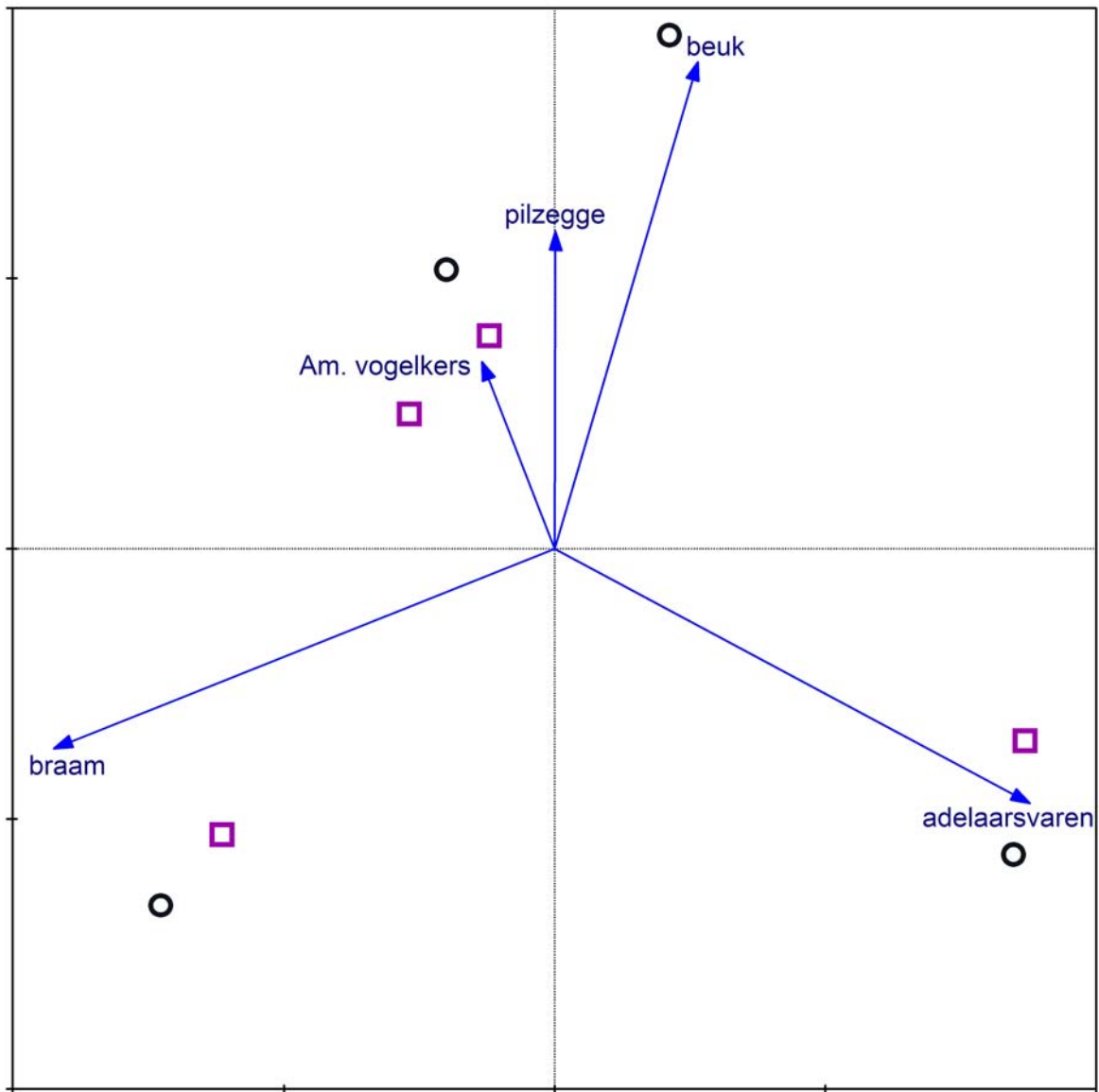
Vervolg Bijlage 2.3.3. PCA van de soortensamenstelling in Zoniën II (leem)



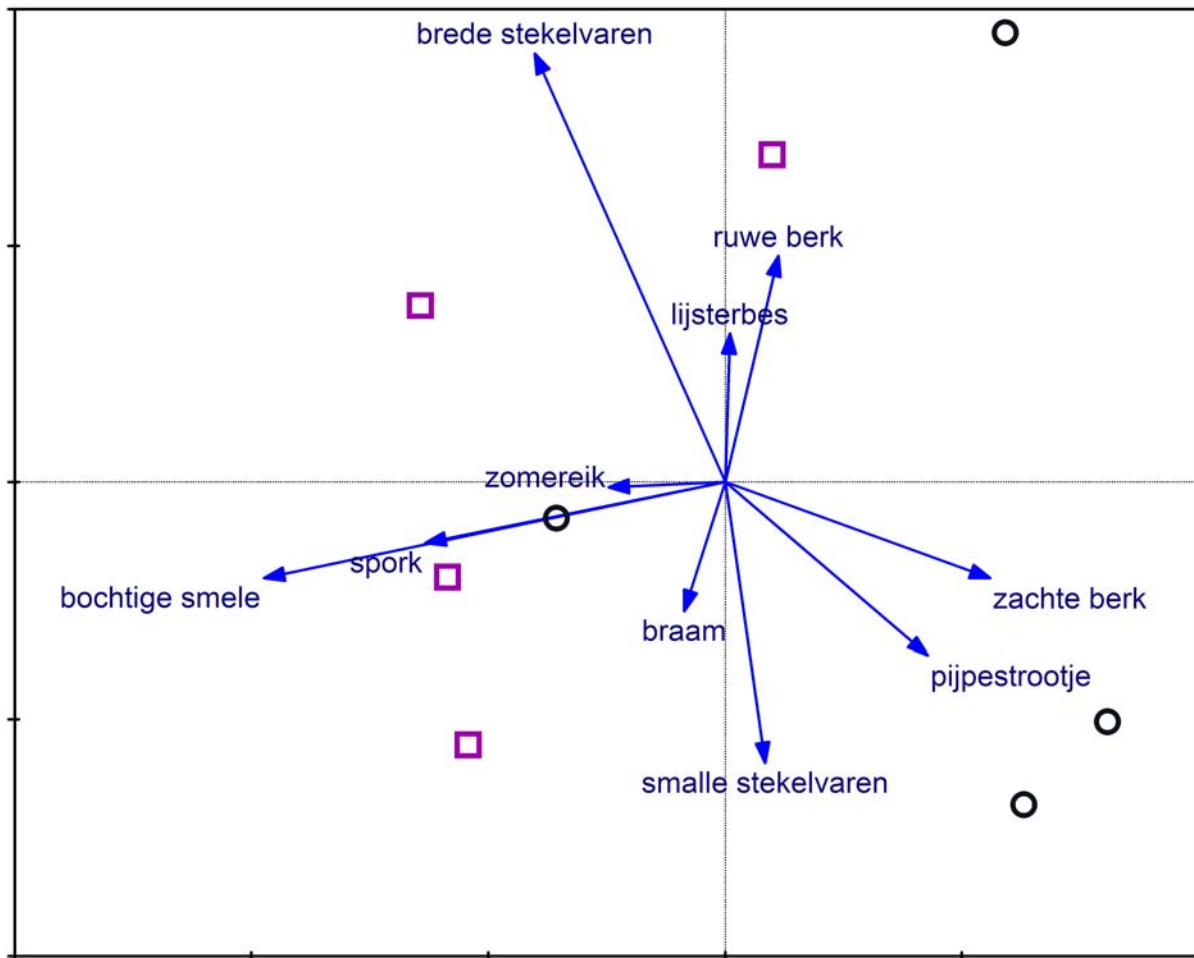
Vervolg Bijlage 2.3.3. PCA van de soortensamenstelling in Brakel 12 (zandleem)



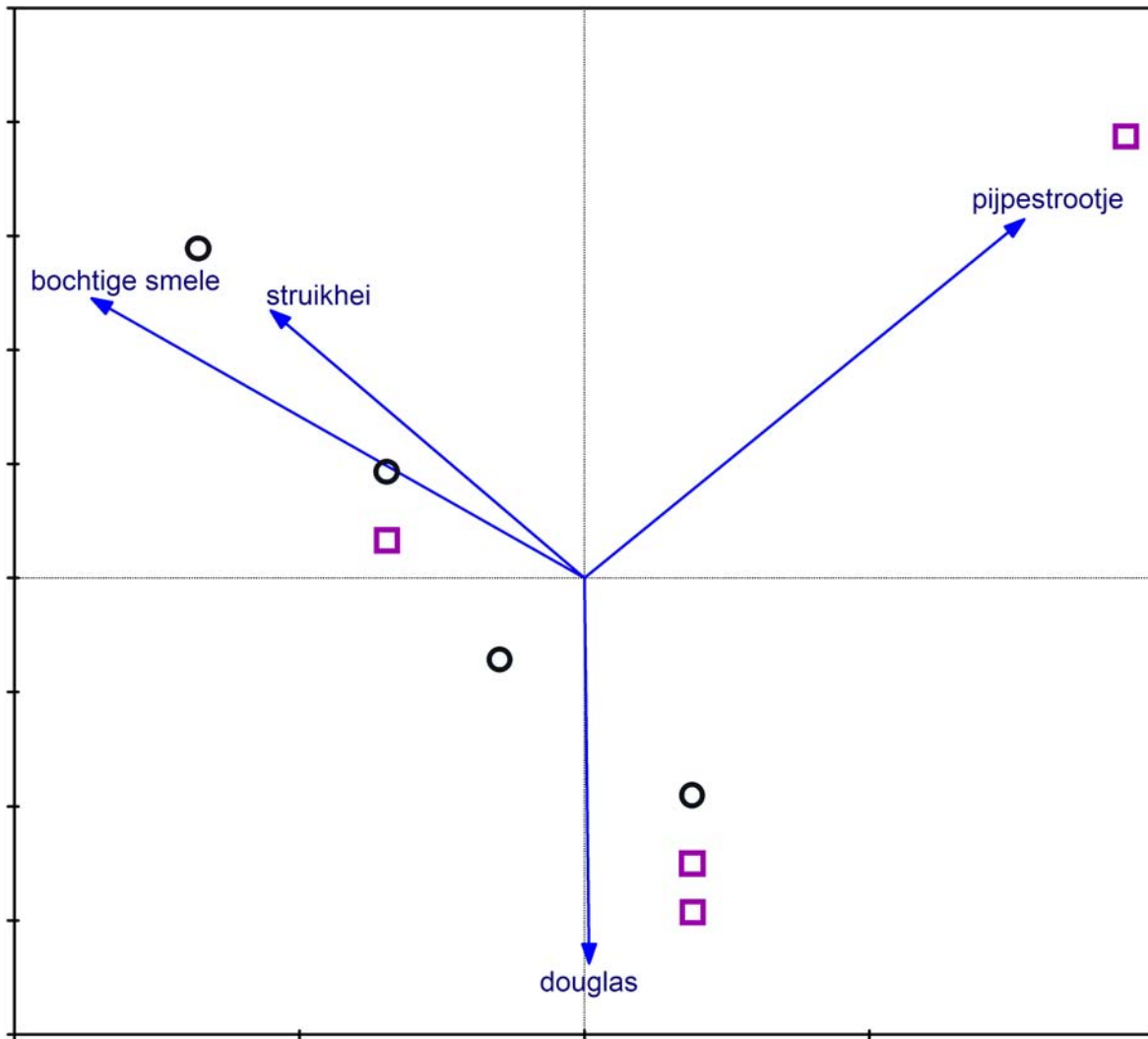
Vervolg Bijlage 2.3.3. PCA van de soortensamenstelling in Liedekerke (zandleem)



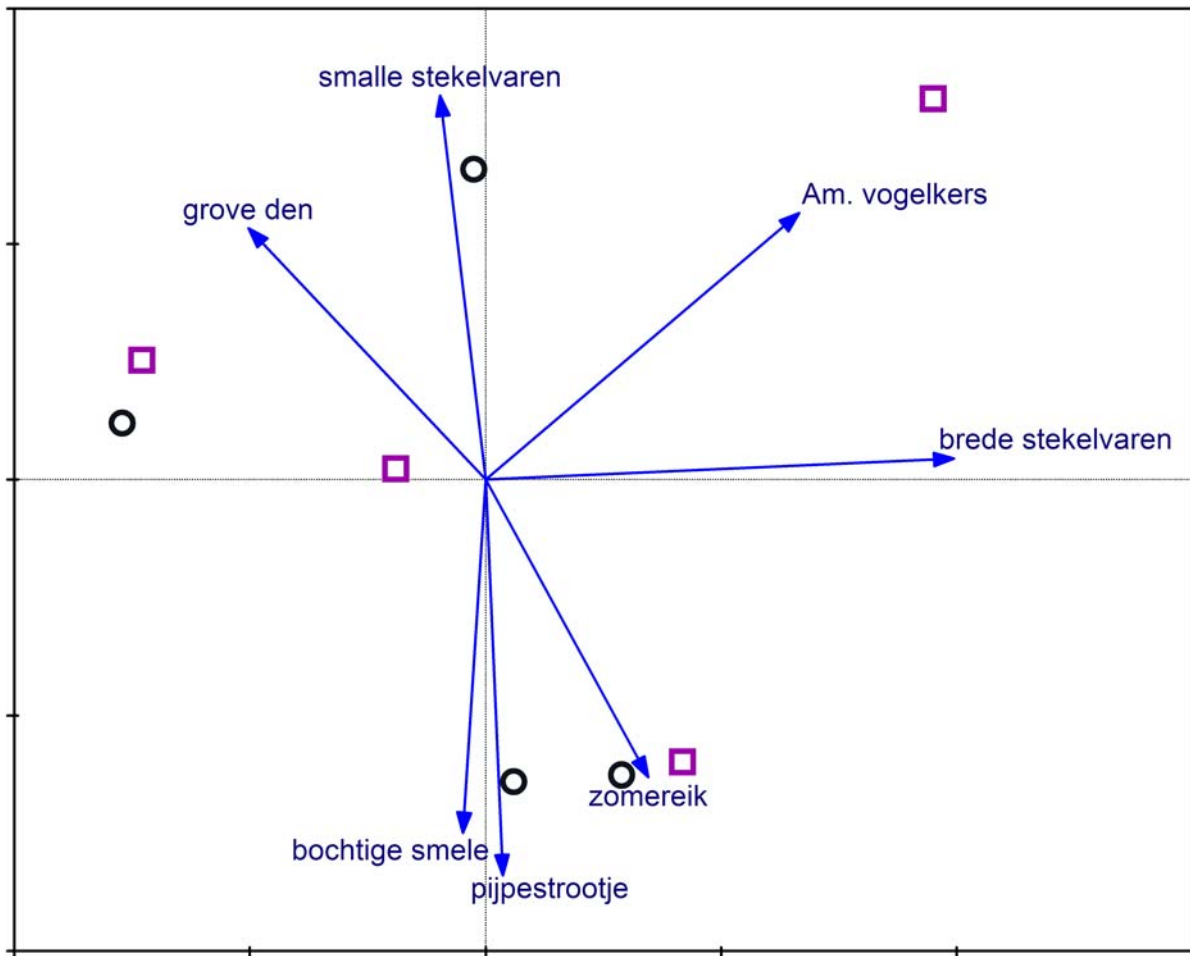
Vervolg Bijlage 2.3.3. PCA van de soortensamenstelling in Zoniën III (zandleem)



Vervolg Bijlage 2.3.3. PCA van de soortensamenstelling in Schilde (zand)

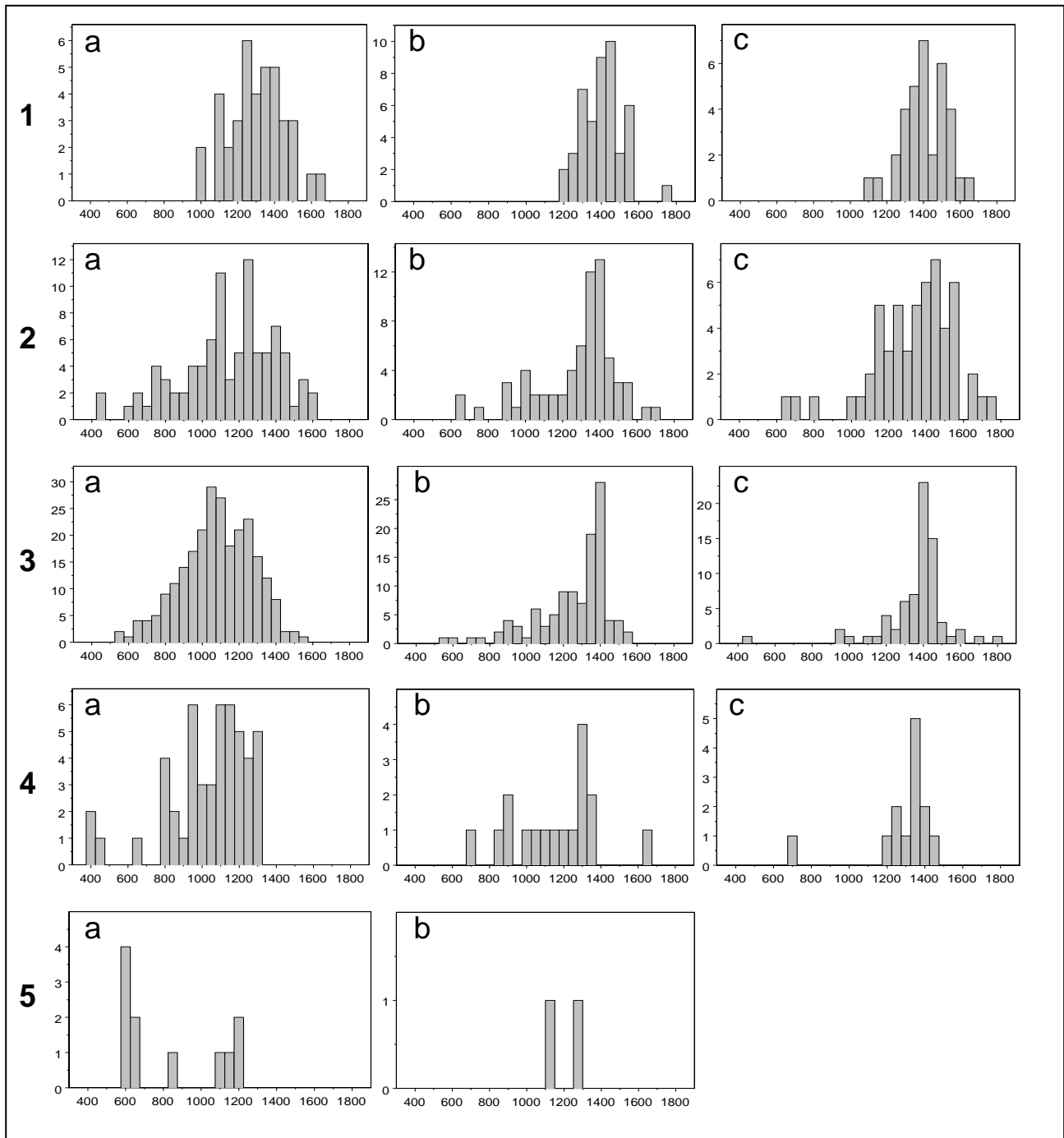


Vervolg Bijlage 2.3.3. PCA van de soortensamenstelling in Arendonk (zand)



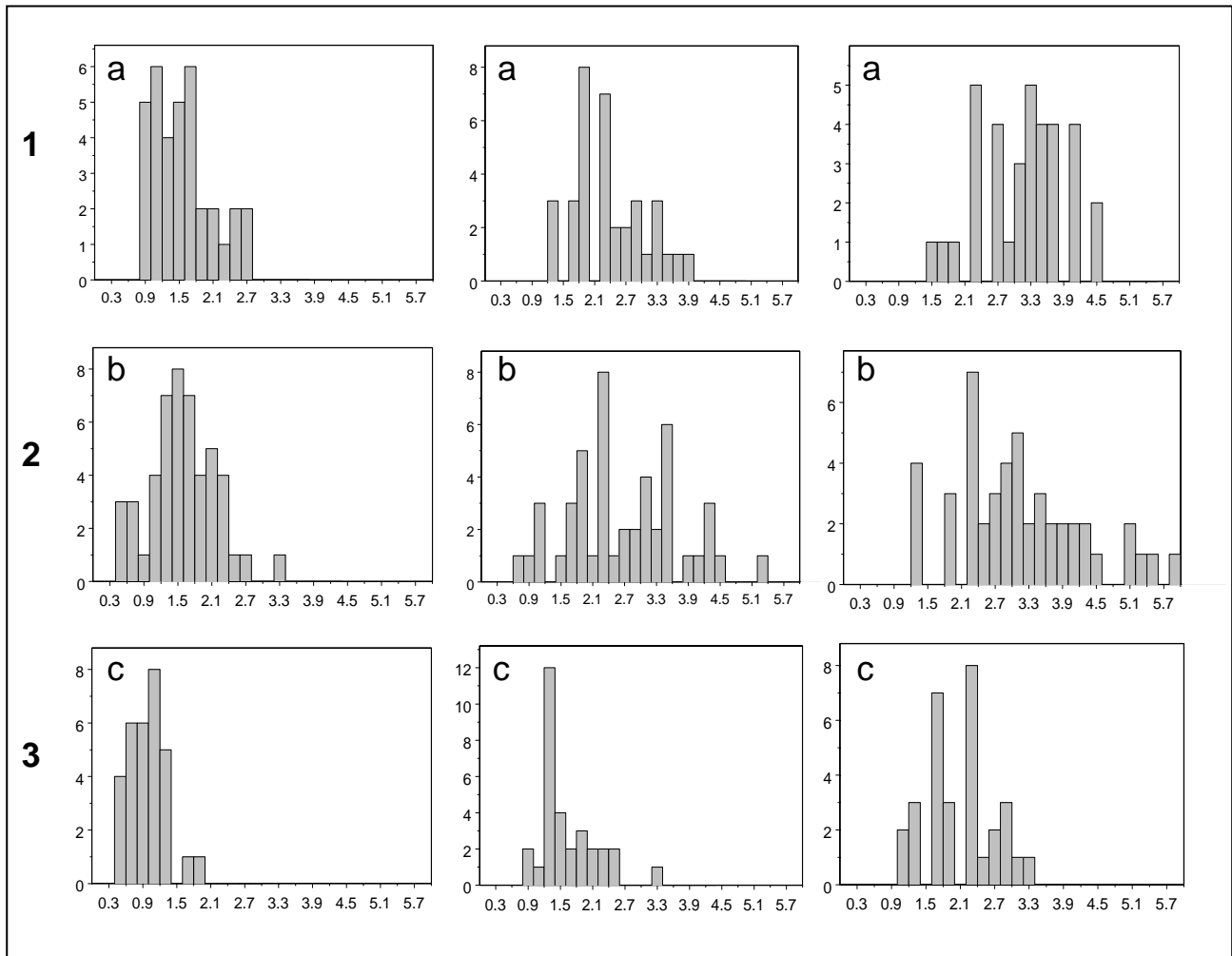
Vervolg Bijlage 2.3.3. PCA van de soortensamenstelling in Lommel (zand)

Bijlage 2.4.1: Actuele degradatietoestand: histogrammen bulkdensiteit



Histogrammen van de bulkdensiteiten per textuur en per diepte-interval voor een groot aantal bestanden verspreid over Vlaanderen (databank INBO), waarbij de X-as de bulkdensiteit (kg/m^3) aangeeft en de Y-as het aantal bestanden met die bepaalde bulkdensiteit (1 = zand, 2 = licht zandleem-lemig zand, 3 = zandleem-leem, 4 = (licht) zandleem, 5 = klei; a = 0-10 cm, b = 10-20 cm, c = 20-30 cm)

Bijlage 2.4.2: Actuele degradatietoestand: histogrammen indringingsweerstand



Histogrammen van de indringingsweerstand per bodemtype en per diepte voor een groot aantal bestanden verspreid over Vlaanderen (databank EDUBO), waarbij de X-as de indringingsweerstand (MPa) aangeeft en de Y-as het aantal bestanden met die bepaalde indringingsweerstand (1 = arme, droge zandgrond, 2 = frisse, mesotrofe grond, 3 =alluviale bodem; a = 5 cm, b = 15 cm, c = 25 cm)

Bijlage 3.1.1: Enquête formulier met bijhorende brief

Laboratorium voor Bosbouw
Geraardsbergse Steenweg 267
9090 Melle-Gontrode
Tel. 09/ 264 90 38
Fax. 09/ 264 90 92

Beste,

Met deze brief wordt uw medewerking en bijdrage gevraagd voor een onderzoek. Dit onderzoek wordt uitgevoerd door het Labo voor Bosbouw (UGent), met het INBO en Inverde, in opdracht van de Vlaamse Overheid. Alle exploitanten die over een erkenning beschikten op 25 september 2006 krijgen deze brief.

Voor dit onderzoek vragen wij **uw mening omtrent** schade door bosexploitatie en het gebruik van bosvriendelijke methoden. Bij bosexploitaties worden meestal welbepaalde richtlijnen opgelegd waarmee u doorlopend geconfronteerd wordt. Het is dan ook **van groot belang dat uw mening in rekening gebracht wordt of gebruikt wordt als richtinggevend element bij het opstellen van deze exploitatierichtlijnen in de toekomst**. We peilen ook naar de situatie van opleidingen en informatiebronnen over bosbeheer en bosexploitatie.

Het onderzoek wordt gevoerd onder de vorm van een vaste vragenreeks. Het invullen ervan duurt **ongeveer een half uur**. Voor de meeste vragen zijn een aantal antwoorden voorzien. Voor andere vragen hoeft u enkel ja of nee te antwoorden ofwel mag u zelf een antwoord formuleren. Neem rustig de tijd om na te denken. Als iets niet duidelijk is of als u nog vragen heeft, dan mag u ons steeds contacteren (evy.ampoorter@ugent.be, 09/264 90 38).

De rondvraag gebeurt volledig **anoniem**. Uw naam hoeft niet vermeld te worden op de vragenlijst en de gegevens worden niet aan derden doorgespeeld.

Na het invullen van de enquête mag u deze **terugsturen met behulp van ingesloten envelop**. Deze envelop is al gefrankeerd en behoeft dus geen extra postzegel. U mag deze envelop terugzenden naar:

Laboratorium voor Bosbouw
t.a.v. Evy Ampoorter
Geraardsbergse Steenweg 267
9090 Melle-Gontrode

Hierbij wil ik u alvast van harte danken voor uw medewerking en succes wensen bij toekomstige activiteiten!

Met vriendelijke groeten,
Evy Ampoorter

a) Houding ten opzichte van schade aan het bos

De laatste decennia wordt bij bosexploitaties steeds meer gebruik gemaakt van zware, gespecialiseerde houtoogstmachines zoals skidders, forwarders en harvesters. Deze machines kunnen het bos op verschillende manieren beïnvloeden. Niet alleen schade aan de bodem (verdichting, instulping, omwoeling) kan optreden, maar ook de fauna en flora van het bos kunnen een invloed ondervinden. Om de eventuele schade zoveel mogelijk in de ruimte te beperken, kunnen bosvriendelijke exploitatiemethoden worden toegepast.

Het consequent en correct toepassen van dergelijke methoden hangt echter af van de bereidwilligheid van de exploitanten zelf. En dit is dan weer onder andere afhankelijk van de manier waarop exploitanten tegen schade aankijken. In deze eerste vragenreeks zal bijgevolg gepolst worden naar de houding tegenover schade aan het bosecosysteem.

1. Vindt u dat bosexploitatie schade kan toebrengen aan het ecosysteem?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet

INDIEN JA
1a. Onder welke vorm (en gelieve te specificeren in welk opzicht)?
<input type="checkbox"/> schade aan kruidlaag en struiklaag:
<input type="checkbox"/> schade aan fauna:
<input type="checkbox"/> schade aan overblijvende bomen:
<input type="checkbox"/> schade aan de bodem:
<input type="checkbox"/> andere:

2. Door hun zware gewicht resulteert het gebruik van houtoogstmachines (harvester, forwarder, skidder of omgebouwde landbouwtractor) vaak in bodemverdichting. Is bodemverdichting volgens u schadelijk voor het bosecosysteem?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet

INDIEN JA OF SOMS WEL, SOMS NIET
2a. In welk opzicht dan wel?
<input type="checkbox"/> voor dieren in de bodem (regenwormen, kevers,...) <input type="checkbox"/> voor de kruidlaag <input type="checkbox"/> voor de wortelgroei van bomen <input type="checkbox"/> voor boomgroei algemeen <input type="checkbox"/> andere:
2b. Hoe lang denkt u dan dat deze schadelijke invloed blijft duren? U mag meerdere antwoorden aanduiden, maar gelieve dan wel te vermelden waarom.
<input type="checkbox"/> 1 jaar <input type="checkbox"/> 1-5 jaar <input type="checkbox"/> 5-15 jaar <input type="checkbox"/> 15-30 jaar <input type="checkbox"/> 30-60 jaar <input type="checkbox"/> langer
Indien u meerdere antwoorden aankruiste, waarom deed u dit dan?

3. Duid aan wat volgens u beter is?
<input type="checkbox"/> het machineverkeer concentreren op vaste pistes die vele malen en bij elke exploitatie bereiden worden <input type="checkbox"/> het machineverkeer spreiden, met als gevolg dat misschien overal één keer over gereden is, maar zeker niet vele malen <input type="checkbox"/> soms de eerste optie, soms de tweede optie, namelijk

<input type="checkbox"/> weet niet

b) Houding ten opzichte van bosvriendelijke methoden

Momenteel bestaan al een aantal richtlijnen waarmee schade aan het bos, en meer bepaald de bodem, kan beperkt worden. Dergelijke bosvriendelijke exploitatiemethoden vinden steeds meer ingang bij bosexploitaties en zullen geleidelijk aan een vast onderdeel uitmaken van een exploitatieplan.

Het is daarom belangrijk te bepalen in welke mate u deze al toepast, wat uw houding ertegenover is en wat de mogelijke knelpunten zijn. Zodoende kunnen nieuwe, aanvaardbare methoden ontwikkeld worden of de bestaande aangepast, rekening houdend met uw mening.

- **Vaste ruimingspistes (of ook wel uitsleepwegen, dunningspaden, vaste tracés)**

Om de bodemschade in de ruimte te beperken, werd het gebruik van **vaste ruimingspistes** voorgesteld.

1. Heeft u zelf al met vaste ruimingspistes gewerkt bij exploitaties?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee

INDIEN JA
1a. Was dit een positieve ervaring? En om welke reden?
<input type="checkbox"/> ja, want <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet, want <input type="checkbox"/> nee, want

3. Vindt u het gebruik van vaste ruimingpistes nuttig?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet

INDIEN NEE OF SOMS WEL, SOMS NIET
3a. Om welke reden dan niet?
.....

INDIEN JA
3b. Zijn er toch nog knelpunten mee verbonden waardoor de bereidwilligheid om deze pistes te gebruiken beperkt wordt?
.....

4. Er wordt soms gesteld dat het beter zou kunnen zijn de ligging van de pistes te laten bepalen door de harvestermachinist (terwijl deze aan de exploitatie bezig is) in plaats van deze vooraf te laten aanduiden door de boswachter. Bent u hiermee akkoord? En waarom?
<input type="checkbox"/> ja, want <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet, want <input type="checkbox"/> nee, want <input type="checkbox"/> weet niet

<p>5. Indien u reeds ervaring heeft als machinist van een harvester: vindt u de huidige aanduiding van te vellen bomen (éénzijdig of tweezijdig schalmen met de bijl) duidelijk genoeg vanuit de machine?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet</p>

<p>INDIEN NEE OF SOMS WEL, SOMS NIET</p>
<p>5a. Wat zou dan eventueel moeten veranderen om die aanduiding beter zichtbaar te maken?</p> <p><input type="checkbox"/> spuitbusmarkering met fluoverf (tegelijk wanneer schalmen met bijl geplaatst worden) <input type="checkbox"/> markering met linten of touw <input type="checkbox"/> markering aan drie kanten van de boom (in plaats van nu één- of tweezijdig schalmen) <input type="checkbox"/> andere: <input type="checkbox"/> weet niet</p>

• **Lier**

Onder meer als aanvulling bij het gebruik van vaste ruimingspistes, wordt het gebruik van een **lier** aangewezen om (voornamelijk manueel) geveld bomen tot op de piste te brengen.

<p>1. Vindt u dit gebruik nuttig?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet</p>

<p>INDIEN NEE OF SOMS WEL, SOMS NIET</p>
<p>1a. Om welke reden dan niet?</p> <p>..... </p>

<p>2. Maakt u zelf gebruik van een lier, indien nodig?</p> <p><input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee</p>
--

<p>INDIEN JA</p>
<p>2a. In welke situaties acht u dit nodig?</p> <p>..... </p>

<p>INDIEN NEE</p>
<p>2b. Waarom maakt u hier geen gebruik van? Met andere woorden: welke knelpunten staan het gebruik van een lier in de weg?</p> <p><input type="checkbox"/> te arbeidsintensief <input type="checkbox"/> nutteloos want geen schade verondersteld door berijden, dus wordt telkens met de machine tot aan de boom gereden <input type="checkbox"/> te veel tijdverlies <input type="checkbox"/> andere: <input type="checkbox"/> weet niet</p>

<p>3. Indien er een mogelijkheid zou zijn een afstandsbediening te gebruiken voor de lier, zou u dit dan nuttig vinden? En waarom?</p> <p><input type="checkbox"/> ja, namelijk <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet, namelijk <input type="checkbox"/> nee, namelijk</p>
--

..... <input type="checkbox"/> weet niet

• **Uitsleeptang versus bomenkraan (enkel van toepassing bij uitslepen van hout)**

In Vlaanderen wordt op veel skidders gebruik gemaakt van een uitsleeptang. In Duitsland maakt men gebruik van een bomenkraan op skidders. Het uitslepen met vaste ruimingspistes zou enkel op die manier goed doenbaar zijn.

1. Maakt u zelf gebruik van een bomenkraan?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee

INDIEN NEE
1a. Wat is de reden hiertoe?
<input type="checkbox"/> ik ken het gebruik niet <input type="checkbox"/> andere:

1b. Zou u een dergelijke investering overwegen? En waarom?
<input type="checkbox"/> ja, want
<input type="checkbox"/> nee, want:
<input type="checkbox"/> weet niet

• **Takkenmat (enkel van toepassing bij het uitrijden van hout)**

Om de bodemverdichting op de ruimingspistes zelf te beperken, wordt voorgesteld om bij gebruik van een harvester de takken, die bij het opkronen afgezaagd worden, als een **takkenmat** op de piste voor de machine samen te brengen. Bij het uitrijden of uitslepen (forwarder, skidder of traktor met wagen) rijdt de machine dan ook over deze takkenmat. Uiteraard is een takkenmat enkel mogelijk als er voldoende kroonhout aanwezig is.

1. Vindt u een takkenmat nuttig?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet

INDIEN NEE OF SOMS WEL, SOMS NIET
1a. Om welke reden dan niet?
.....

2. Maakt u zelf gebruik van een takkenmat, indien mogelijk?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee

INDIEN JA
2a. In welke situaties maakt u gebruik van een takkenmat?
.....

INDIEN NEE
2b. Waarom niet? Met andere woorden: welke knelpunten staan het gebruik van een takkenmat in de weg?
.....

- **Bandendruk**

Om de druk op de bodem te verlagen, wordt voorgesteld om de **bandendruk** te doen dalen.

1. Met welk type banden rijdt u (landbouw- of bosbouwbanden, verdere details)?
.....

2. Met welke bandendruk rijdt u normaliter?
--

3. Rijdt u altijd met deze bandendruk?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee

INDIEN NEE
3a. In welke gevallen rijdt u met een hoge bandendruk?
.....
3b. In welke gevallen rijdt u met een lage bandendruk?
.....

4. Vindt u het voorstel om de bandendruk te verlagen nuttig?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet

INDIEN NEE OF SOMS WEL, SOMS NIET
4a. Om welke reden(en) bent u hier niet mee akkoord?
.....

- **Water in de banden**

1. Vult u de banden van uw machine (volledig of gedeeltelijk) met water?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet <input type="checkbox"/> nee

INDIEN JA OF SOMS WEL, SOMS NIET
1a. Waarom doet u dit?
<input type="checkbox"/> om de tractie te verhogen <input type="checkbox"/> om de stabiliteit van de machine te verhogen (vb. bij landbouwtractoren of een harvester) <input type="checkbox"/> andere:
1b. Doet u dit altijd?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee
1c. Indien niet altijd, in welke specifieke situaties dan wel?
.....
1d. Vult u uw banden dan volledig of gedeeltelijk met water?
.....

INDIEN NEE
<i>1e. Is er een welbepaalde reden waarom u dit niet doet?</i>
.....

• **Algemeen**

1. Vindt u het noodzakelijk dat een extra vergoeding wordt gegeven voor het toepassen van bovenstaande bosvriendelijke methoden?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> soms wel, soms niet <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet

INDIEN JA OF SOMS WEL, SOMS NIET
<i>1a. In welke situaties wel?</i>
.....
<i>1b. Aan welke vorm van vergoeding had u dan gedacht?</i>
.....
<i>1c. Indien u een vergoeding via de houtprijs wenst, welke verhoging had u dan gewild?</i>
<input type="checkbox"/> 2 €/m ³ <input type="checkbox"/> 5 €/m ³ <input type="checkbox"/> 10 €/m ³ <input type="checkbox"/> andere:

c) Informatiebronnen

In dit onderdeel wordt gevraagd naar uw mening over de bestaande infobronnen. De verspreiding van informatie over bodemschade, bosvriendelijke methoden en meer algemeen bosbeheer moet immers langs deze weg gebeuren.

1. Ontvangt u reeds regelmatig informatie omtrent bosbeheer/bosexploitatie?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee

INDIEN JA
<i>1a. Hebt u deze informatie zelf aangevraagd?</i>
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee
<i>1b. Waar komt deze informatie vandaan?</i>
.....
<i>1c. Voldoet deze informatie aan uw behoeften?</i>
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> noch eens, noch oneens <input type="checkbox"/> nee, omdat

2. Bent u geabonneerd op een bepaald tijdschrift?
<input type="checkbox"/> ja, met name: <input type="checkbox"/> nee

3. Zoekt u verder nog actief naar informatie omtrent bosbeheer/bosexploitatie?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee

INDIEN JA**3a. Waar zoekt u deze informatie (gelieve te specificeren)?**

- internetsite:
- tijdschrift:
- aanvragen bij bepaalde instantie(s):
- andere:

3b. Met welke frequentie zoekt u naar nieuwe informatie?

- wekelijks
- tweewekelijks
- maandelijks
- halfjaarlijks
- jaarlijks
- minder vaak

3c. Omtrent welke onderwerpen zoekt u actief naar informatie?

- informatie omtrent machines in de bosbouw (eventueel ook landbouw)
- veiligheid in de bosbouw (kledij, exploitatiemethoden,...)
- gezond blijven als bosexploitant (lichaamshoudingen,...)
- exploitatie van specifieke bostypes (populier, naaldhout,...)
- algemene informatie omtrent bosexploitatie
- bosbeheer
- algemene informatie omtrent bossen
- andere:

3d. Voldoet deze informatie dan aan uw behoeften?

- ja
- noch eens, noch oneens
- nee

INDIEN NEE**3e. Wat is hier dan de reden toe?**

- reeds voldoende kennis
- toegestuurde informatie reeds voldoende
- geen tijd
- geen weet van geschikte informatiebronnen
- informatiebronnen gekend, maar informatie ontoereikend
- andere:

4. Is er nood aan bijkomende infobronnen?

- ja
- nee
- weet niet

INDIEN JA**4a. Wat is hier dan de reden toe?**

- ontoereikende informatie van de bestaande bronnen
- bestaande infobronnen onvoldoende toegankelijk
 - om financiële redenen
 - geen mogelijkheid tot internet
 - andere:
- andere:

4b. Onder welke vorm wenst u deze bijkomende infobron?

- internetsite
- gratis brochures die automatisch toegeleverd worden
- gratis brochures die op aanvraag toegeleverd worden
- tijdschrift (met abonnementsgeld)
- andere:

4c. Over welke specifieke onderwerpen wenst u dan geïnformeerd te worden?

.....

d) Opleidingen

In dit onderdeel wordt gepolst naar uw mening en ervaring met het huidige pakket aan opleidingen omtrent bosbeheer en bosexploitatie. Gezien deze opleidingen ingericht worden voor mensen zoals u, is het van groot belang te bepalen wat kan verbeterd worden of wat ontbreekt.

1. Heeft u in het verleden een opleiding omtrent bosexploitatie of bosbeheer gevolgd?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee

INDIEN JA	
1a. Welke opleiding(en) en waar heeft u deze genoten?	
Opleiding	Organiserende instantie
.....
1b. Waarom heeft u deze gevolgd?	
<input type="checkbox"/> uit eigen motivatie en initiatief <input type="checkbox"/> uit verplichting <input type="checkbox"/> andere:	
1c. Wat vond u algemeen van deze opleidingen?	
<input type="checkbox"/> goed <input type="checkbox"/> niet goed, niet slecht <input type="checkbox"/> slecht <input type="checkbox"/> weet niet	
1d. Indien u niet helemaal tevreden bent over deze opleidingen, wat is dan de reden hiervoor?	
.....	

INDIEN NEE
1e. Waarom heeft u tot nu toe nog geen opleiding gevolgd?
<input type="checkbox"/> gebrek aan tijd <input type="checkbox"/> reeds voldoende kennis <input type="checkbox"/> gewenste onderwerpen nog niet in opleidingen aanwezig <input type="checkbox"/> te duur <input type="checkbox"/> slechte locaties <input type="checkbox"/> andere:

2. Zoekt u actief naar informatie omtrent opleidingen?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee

INDIEN JA
2a. Bij welke instanties zoekt u dan naar informatie omtrent opleidingen?
<input type="checkbox"/> Inverde (Hoeilaart) <input type="checkbox"/> Provincie Limburg Opleiding en Training (PLOT Genk) <input type="checkbox"/> Praktijkcentrum voor Land- en Tuinbouw (PCLT Roeselare) <input type="checkbox"/> Centre de Compétence FOREM Formation Wallonie Bois (Libramont) <input type="checkbox"/> andere:

3. Zou u in de toekomst nog opleidingen willen volgen?
<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nee <input type="checkbox"/> weet niet

INDIEN JA	
3a. Welke opleiding(en) en bij welke organiserende instantie?	
Opleiding	Organiserende instantie
.....
.....
.....
.....

INDIEN NEE
3b. Waarom zou u geen opleidingen meer volgen?
<input type="checkbox"/> gebrek aan tijd <input type="checkbox"/> reeds voldoende kennis <input type="checkbox"/> gewenste onderwerpen nog niet in opleidingen aanwezig <input type="checkbox"/> te duur <input type="checkbox"/> slechte locaties <input type="checkbox"/> andere:

4. Vindt u dat er nood is aan een extra opleiding betreffende een bepaald onderwerp omtrent bosexploitatie, die nu nog niet wordt ingericht?
<input type="checkbox"/> ja, met name: <input type="checkbox"/> nee

5. Erkende exploitanten zijn verplicht jaarlijks één dag permanente vorming te volgen? Vindt u dit:
<input type="checkbox"/> te weinig → gewenste frequentie: <input type="checkbox"/> ok <input type="checkbox"/> te veel → gewenste frequentie:

e) Algemene informatie over het bedrijf

Om bij het opstellen van nieuwe bosvriendelijke exploitatiemethoden zoveel mogelijk rekening te kunnen houden met de exploitant zelf, is het ook van belang enkele karakteristieken van het bedrijf te kennen. Dit is dan ook het onderwerp van het laatste enquêtedeel.

1. In welk land is uw bedrijf gelegen?
<input type="checkbox"/> België <input type="checkbox"/> Duitsland <input type="checkbox"/> Frankrijk <input type="checkbox"/> Luxemburg <input type="checkbox"/> Nederland <input type="checkbox"/> andere:

2. Hoeveel werknemers telt uw bedrijf?

3. Wat is het statuut van deze medewerkers?	
Statuut	Aantal medewerkers
Zelfstandigen
Loontrekkenden

4. Welke functie voert u uit?
<input type="checkbox"/> bosarbeider <input type="checkbox"/> chauffeur van trekker, forwarder, skidder <input type="checkbox"/> machinist van kraan, harvester <input type="checkbox"/> andere:

5. Welke leeftijd heeft de zaakvoerder?

6. Welke functie voeren de andere medewerkers uit?	
Functie	Aantal medewerkers
<input type="checkbox"/> bosarbeider
<input type="checkbox"/> chauffeur van trekker, forwarder, skidder
<input type="checkbox"/> machinist van kraan, harvester
<input type="checkbox"/> andere:
.....

7. Wat is het scholingsniveau van uw medewerkers en uzelf?	
Functie	Aantal medewerkers
<input type="checkbox"/> lager technisch middelbaar onderwijs
<input type="checkbox"/> hoger technisch middelbaar onderwijs
<input type="checkbox"/> humaniora
<input type="checkbox"/> hoger technisch onderwijs
<input type="checkbox"/> hoger niet-universitair
<input type="checkbox"/> universitair
<input type="checkbox"/> andere:
.....

8. Hebben de medewerkers genoten van een specifieke scholing?			
Functie	Ja	Aantal	Nee
<input type="checkbox"/> bosarbeider	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> chauffeur van trekker, forwarder, skidder	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> machinist van kraan, harvester	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> andere:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
.....		

9. Maakt u gebruik van seizoenarbeiders?
 ja → aantal:
 nee

10. Laat u werkzaamheden uitvoeren door onderaannemers?
 ja → welke werkzaamheden?

 nee

11. Heeft u moeite om geschoolde en/of vakbekwame arbeiders te vinden?
 ja
 niet eens, niet oneens
 nee
 weet niet

12. Maakt u gebruik van paarden om bomen uit te slepen?
 altijd
 vaak
 soms
 sporadisch
 nooit

13. Wordt in uw bedrijf gebruik gemaakt van gespecialiseerde machines (harvester, forwarder, skidder, omgebouwde landbouwtractoren)?
 ja
 nee

14. Indien u op vorige vraag 'ja' heeft geantwoord, om welke machines gaat het dan?			
Aard van de machine (harvester, forwarder,...)	Merk en type	Aantal	Aantal machine-uren/jaar
.....

.....
.....
.....
.....
.....

15. In welke bestanden wordt voornamelijk geëxploiteerd?

naaldhout
 loofhout populier
 eik
 beuk
 divers loofhout
 gemengd loofhout/naaldhout

INDIEN LOOFHOUT

15a. Betreft dit dan brandhout en/of zaaghout?

brandhout
 zaaghout
 beide

16. In welke landen wordt geëxploiteerd?

België Vlaanderen
 Wallonië
 Duitsland
 Frankrijk
 Luxemburg
 Nederland
 andere:

17. Indien in andere landen wordt geëxploiteerd dan waar het bedrijf gelegen is, om welke reden gebeurt dit dan?

.....

18. Welke methode wordt voornamelijk toegepast wanneer het hout in het bos zelf wordt gekort?

vellen met motorzaag-uitslepen met paard-korten langs de weg-transport
 vellen met motorzaag-uitslepen met trekker-korten langs de weg-transport
 vellen met motorzaag-uitrijden met uitrijcombinatie-transport
 vellen met motorzaag-opwerken en korten met processor-uitrijden met forwarder-transport
 vellen, opwerken en korten met harvester-uitrijden met forwarder-transport
 andere:

19. Welke methode wordt voornamelijk toegepast als langhoutmethode?

vellen met motorzaag-uitslepen met paard-transport
 vellen met motorzaag-uitslepen met skidder-transport
 vellen en onttakken met harvester-uitslepen met paard of trekker-transport
 andere:

20. Wat is de gemiddelde lotgrootte die u aanneemt om te exploiteren?

21. Hoeveel kubieke meter hout wordt jaarlijks ongeveer verwerkt in uw bedrijf?

.....

22. Wat is de omzet van uw bedrijf?

23. Hoeveel investeert u gemiddeld per jaar in nieuw materiaal?

f) Algemeen

1. Heeft u opmerkingen wat betreft de schoontijd en de regelingen errond?
.....
.....
.....
.....
.....

2 Heeft u verder nog opmerkingen of vragen over bosexploitatie of bosbeheer?
.....
.....
.....
.....
.....

1. Activiteiten

vellen & bewerken

ja:76 (exclusief: 9)

nee:12

NA's: 7

→ Vellen & bewerken: ja (76)

motormanueel	harvester
--------------	-----------

ja:57	ja:22
-------	-------

nee: 6	nee:41
--------	--------

NA's:13	NA's:13
---------	---------

Vellen & bewerken + hout naar bosrand: 54

hout nr bosrand brengen

ja:63 (exclusief: 7)

nee:21

NA's:11

→ Hout naar bosrand: ja (63)

uitslepen	uitrijden
-----------	-----------

ja:43	ja:35
-------	-------

nee:15	nee:23
--------	--------

NA's: 5	NA's: 5
---------	---------

laden langs bosrand

ja:32 (exclusief: 0)

nee:56

NA's: 7

houthandel

ja:43 (exclusief: 0)

nee:45

NA's: 7

verhakselen of frezen

ja:25

nee:63

NA's: 7

andere

ja:12

nee:76

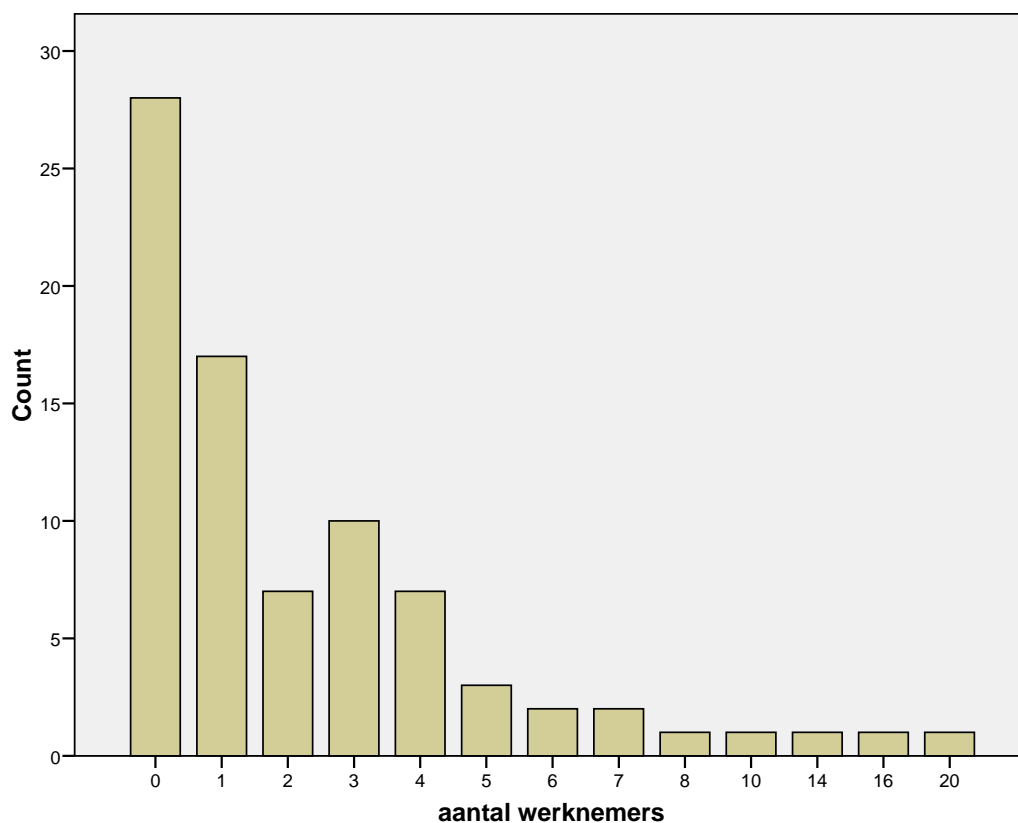
NA's: 7

2. Bedrijven

2.1 In welk land is uw bedrijf gelegen?

België: 73
Nederland: 23
Duitsland: 1

2.2 Hoeveel werknemers telt uw bedrijf?



2.3 Wat is het statuut van deze medewerkers?

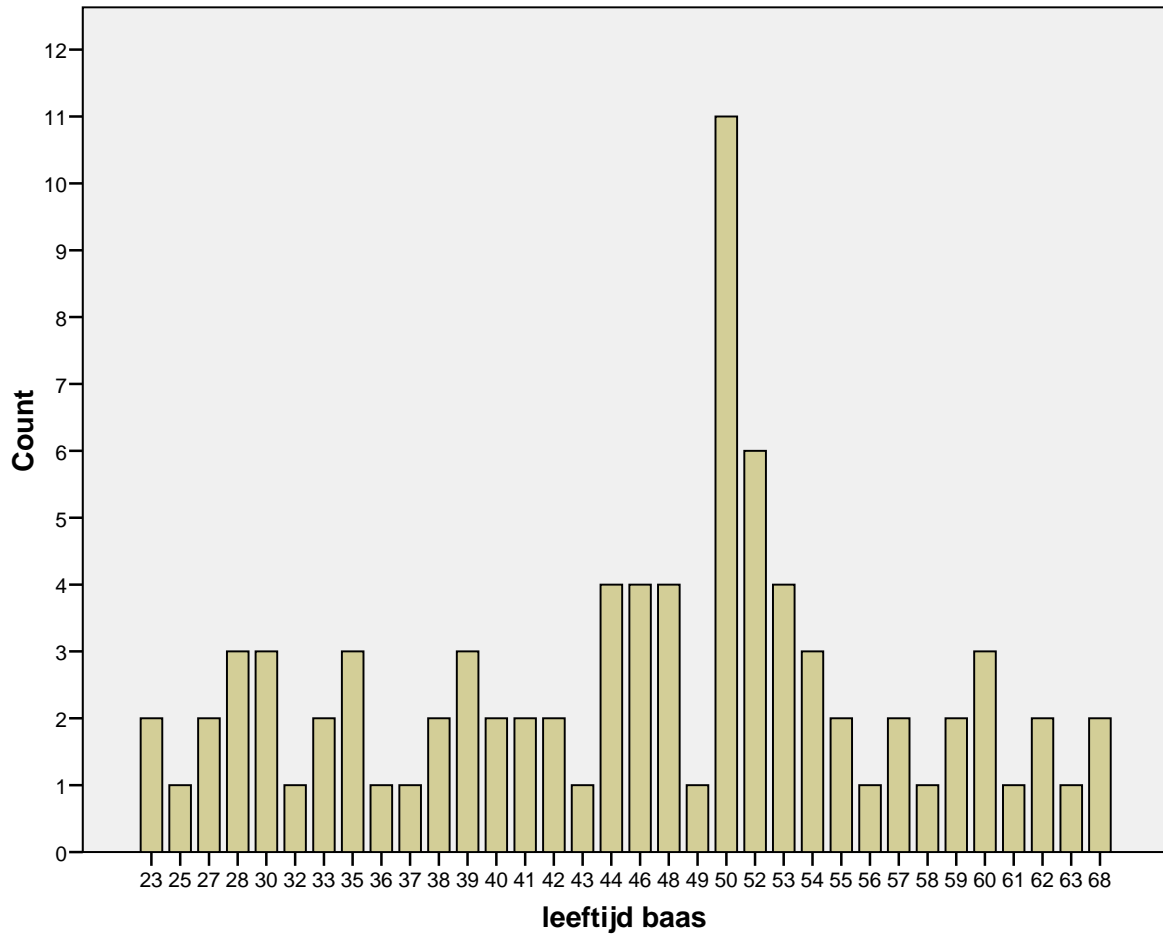
Totaal aantal werknemers: 198
Zelfstandigen: 85 (43 %)
Loontrekkenden: 107 (54 %)
NA's: 6

2.4 Welke functie voert u uit?

Functie	Ja	Nee
bosarbeider	53	32
chauffeur van trekker, forwarder, skidder	37	48
machinist van kraan, harvester	32	53
andere	28	57

NA's: 6

2.5 Welke leeftijd heeft de zaakvoerder?



2.6 Welke functie voeren de andere medewerkers uit?

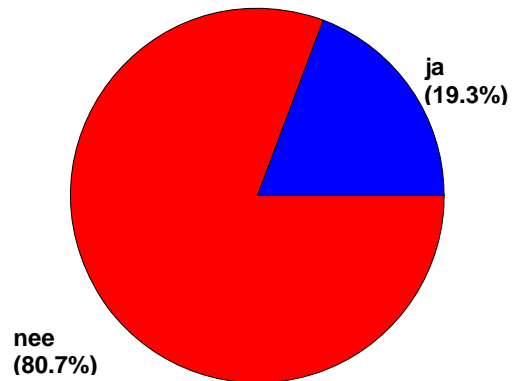
Totaal aantal werknemers: 198

Functie	Aantal	Percentage
bosarbeider	66	33 %
chauffeur van trekker, forwarder, skidder	43	22 %
machinist van kraan, harvester	41	21 %
andere	33	17 %

NA's: 15

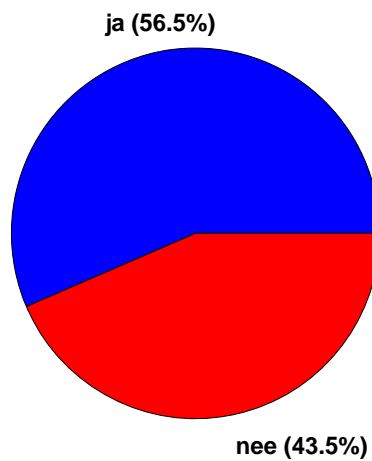
2.7 Maakt u gebruik van seizoenarbeiders?

seizoen
ja: 16
nee: 67
NA's: 12



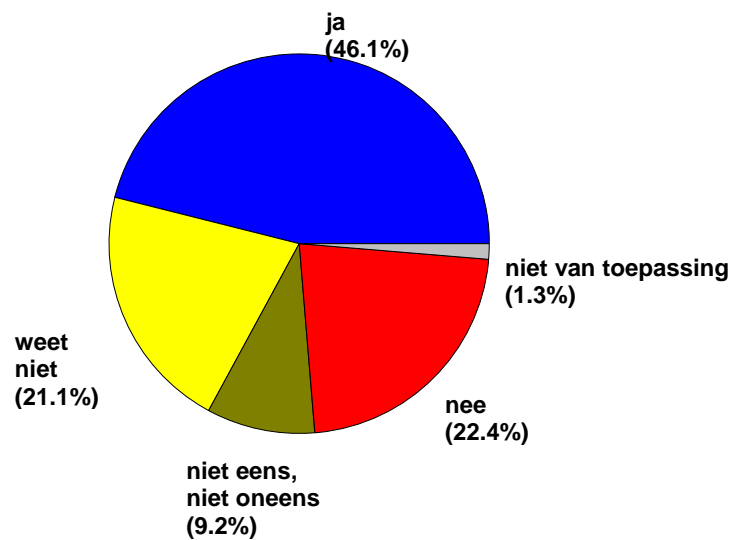
2.8 Laat u werkzaamheden uitvoeren door onderaannemers?

onderaann
ja: 48
nee: 37
NA's: 10



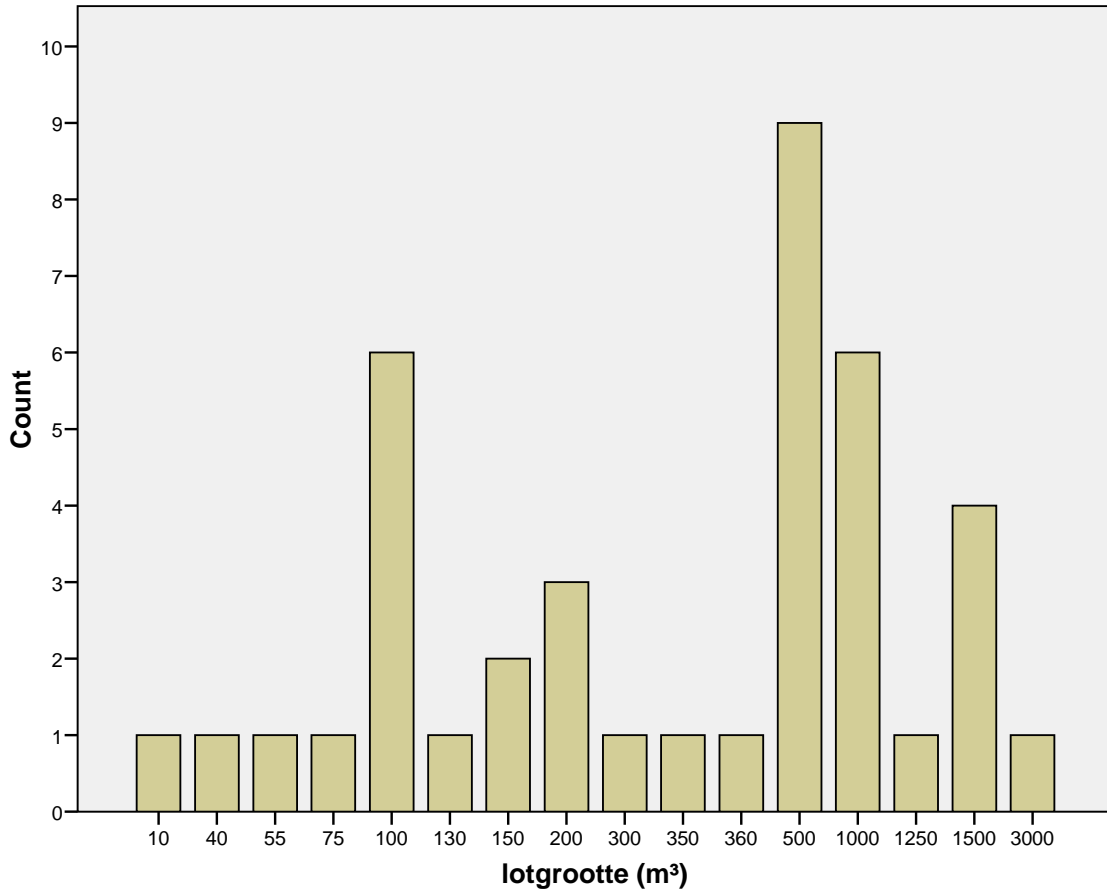
2.9 Heeft u moeite om geschoolde en/of vakbekwame arbeiders te vinden?

moeitearbeid
ja: 35
nee: 17
niet eens, niet oneens: 7
niet van toepassing: 1
weet niet: 16
NA's: 19



2.10 Wat is de gemiddelde lotgrootte die u aanneemt om te exploiteren?

Lotgrootte (m³)
Min: 10
Mean: 543
Max: 3.000
NA's: 51



2.11 Hoeveel kubieke meter hout wordt jaarlijks ongeveer verwerkt in uw bedrijf?

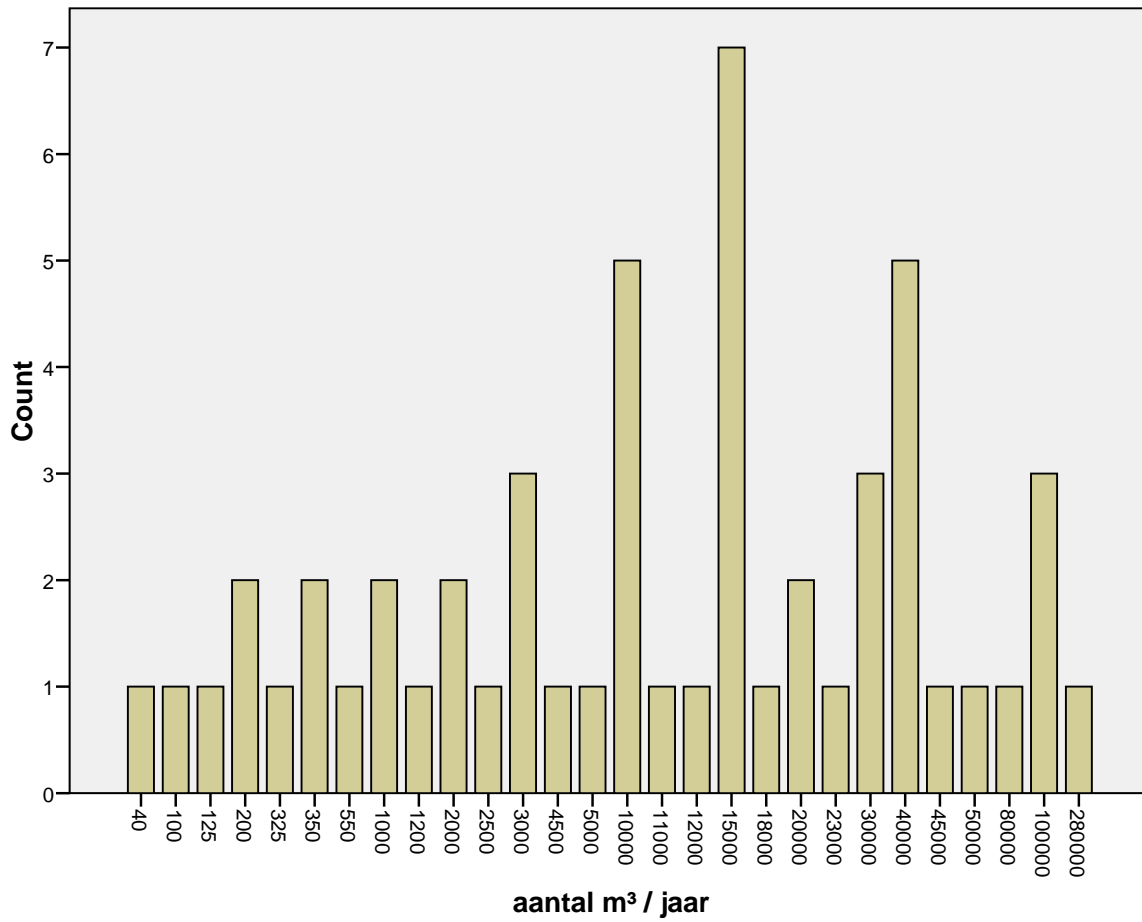
Aantal m³/jaar

Min: 40

Mean: 25.178

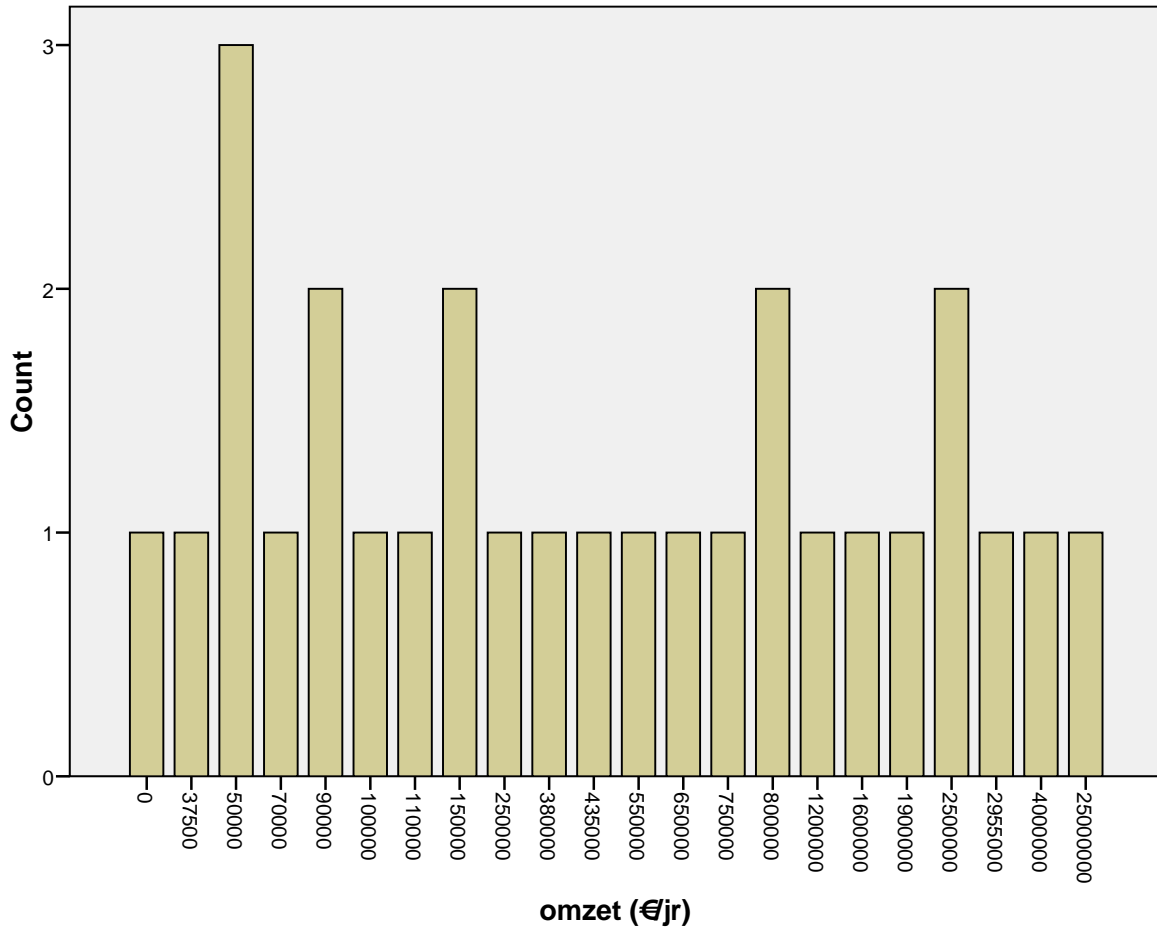
Max: 280.000

NA's: 42



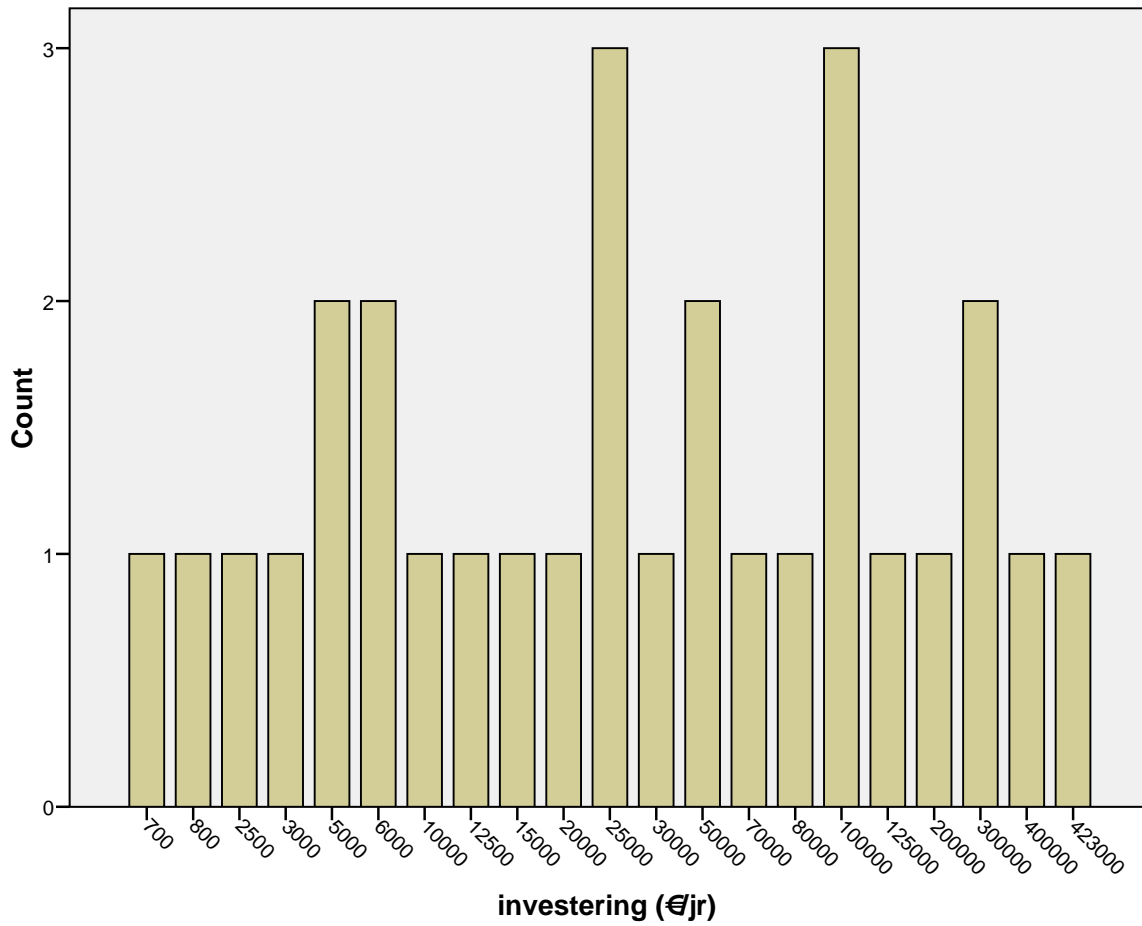
2.12 Wat is de omzet van uw bedrijf?

omzet
Min: 0
Mean: 1.686.339
Max: 25.000.000
NA's: 67



2.13 Hoeveel investeert u gemiddeld per jaar in nieuw materiaal?

investering
Min: 700
Mean: 85.845
Max: 423.000
NA's: 66

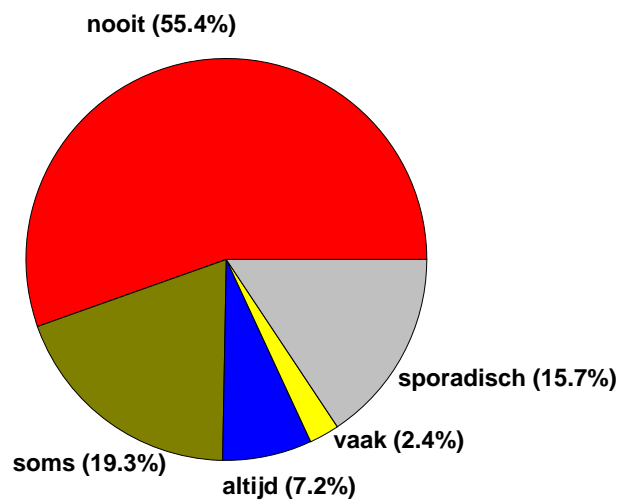


3. Gebruikte machines en methoden

3.1 *Maakt u gebruik van paarden om bomen uit te slepen?*

paard

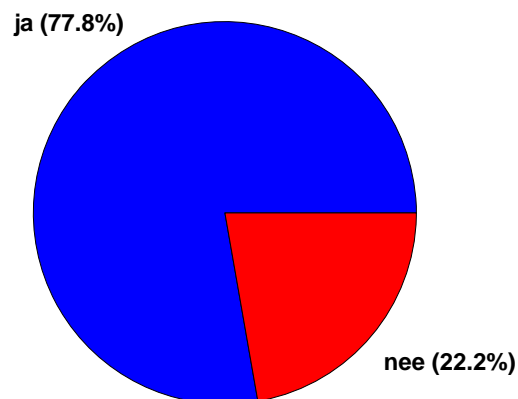
altijd: 6
nooit: 46
soms: 16
sporadisch: 13
vaak: 2
NA's: 12



3.2 *Wordt in uw bedrijf gebruik gemaakt van gespecialiseerde machines (harvester, forwarder, skidder, omgebouwde landbouwtractoren)?*

specmachines

ja: 70
nee: 20
NA's: 5



3.3 In welke bestanden wordt voornamelijk geëxploiteerd?

naaldhout

ja: 40 (exclusief: 13)
nee: 50
NA's: 5

loofhout

ja: 63 (exclusief: 16)
nee: 27
NA's: 5

→ lfh: ja (63)

pop

ja: 32 (excl:4)
nee: 31

eik

ja: 44 (excl:8)
nee: 19

beuk

ja: 38 (excl:8)
nee: 25

gemengd

ja: 35 (exclusief: 9)
nee: 55
NA's: 5

3.3.a) Indien loofhout: Betreft dit dan brandhout en/of zaaghout?

lfh: ja (63)

brandhout

ja: 10
nee: 51
NA's: 2

zaaghout

ja: 10
nee: 51
NA's: 2

beide

ja: 41
nee: 20
NA's: 2

3.4 In welke landen wordt geëxploiteerd?

België: 83

Vlaanderen: 65

Wallonië: 36

Duitsland: 18

Frankrijk: 9

Luxemburg: 4

Nederland: 33

andere: 3 (Ierland, Canada/Zweden, Denemarken)

3.5 Indien in andere landen wordt geëxploiteerd dan waar het bedrijf gelegen is, om welke reden gebeurt dit dan?

- ligging bedrijf in grensgebied (vnl. België - Nederland)
- bedrijf wordt daartoe gevraagd (opdrachten, klanten)
- schoontijd in Vlaanderen

3.6 Welke methode wordt voornamelijk toegepast wanneer het hout in het bos zelf wordt gekort?

Methoden korthout	Ja	Nee
Vellen met motorzaag - uitslepen met trekker - korten langs weg - transport	37	49
Vellen met motorzaag - uitrijden met uitrijcombinatie - transport	24	62
Vellen, opwerken en korten met harvester - uitrijden met forwarder - transport	23	63
andere	12	74
Vellen met motorzaag - uitslepen met paard - korten langs weg - transport	10	76
Vellen met motorzaag - opwerken en korten met processor - uitrijden met forwarder - transport	10	76

NA's: 7

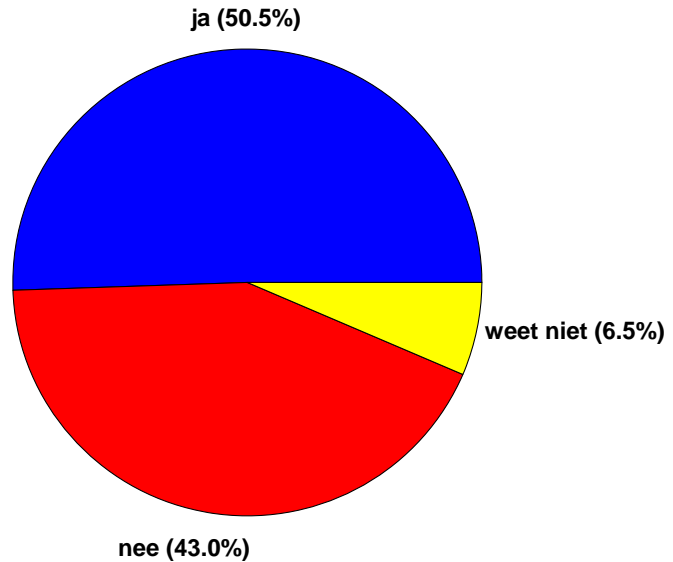
3.7 Welke methode wordt voornamelijk toegepast als langhoutmethode?

Methoden langhout	Ja	Nee
Vellen met motorzaag - uitslepen met skidder - transport	36	33
Vellen en onttakken met harvester - uitslepen met paard of trekker - transport	19	51
Vellen met motorzaag - uitslepen met paard - transport	13	57
andere	11	59

4. Houding t.o.v. schade aan het bos

4.1 *Vindt u dat bosexploitatie schade kan toebrengen aan het ecosysteem?*

schaalg
ja: 47
nee: 40
weet niet: 6
NA's: 2



4.1.a) *Indien ja: Onder welke vorm?*

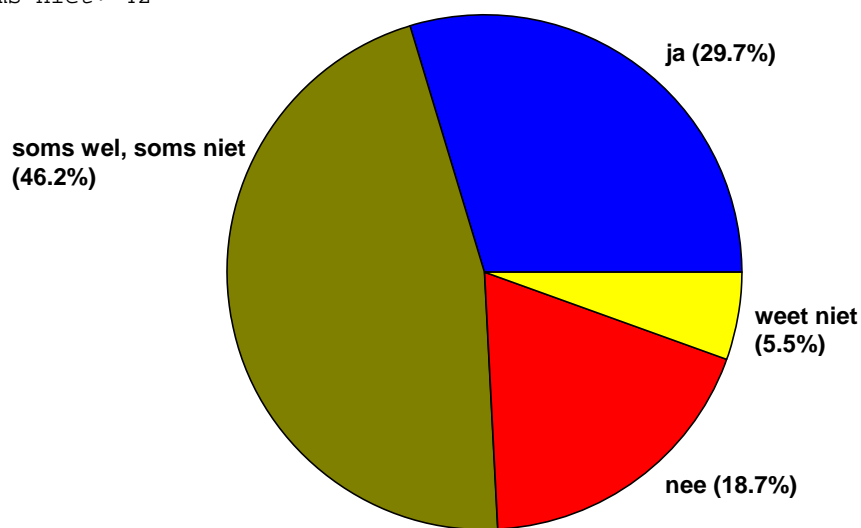
schaalg: ja (47)

Schade aan	Ja	Nee
bodem	39	8
overblijvende bomen	30	17
kruid- & struiklaag	20	27
fauna	15	32
andere	7	40

4.2 Is bodemverdichting volgens u schadelijk voor het bosecosysteem?

schaverd

ja: 27
 nee: 17
 soms wel, soms niet: 42
 weet niet: 5
 NA's: 4



4.2.a) Indien ja of soms wel, soms niet: In welk opzicht?

schaverd: ja (27)

Schadelijk voor	Ja	Nee
dieren in de bodem	18	9
wortelgroei van bomen	17	10
kruidlaag	16	11
boomgroei algemeen	14	13
andere	7	20

schaverd: soms wel, soms niet (42)

Schadelijk voor	Ja	Nee
wortelgroei van bomen	14	23
kruidlaag	13	24
boomgroei algemeen	12	25
dieren in de bodem	11	26
andere	8	29

4.2.b) Indien ja of soms wel, soms niet: Hoe lang denkt u dat deze schadelijke invloed blijft duren?

schaverd: ja (27)

Duur schadelijke invloed	Ja	Nee
1-5 jaar	11	14
langer dan 60 jaar	6	19
15-30 jaar	5	20
5-15 jaar	4	21
1 jaar	3	22
30-60 jaar	2	23

NA's: 2

schaverd: soms wel, soms niet (42)

Duur schadelijke invloed	Ja	Nee
1-5 jaar	19	18
1 jaar	13	24
5-15 jaar	6	31
15-30 jaar	3	34
langer dan 60 jaar	2	35
30-60 jaar	0	37

NA's: 6

4.3 Wat is volgens u beter? Machineverkeer spreiden of concentreren op pistes?

pistconc

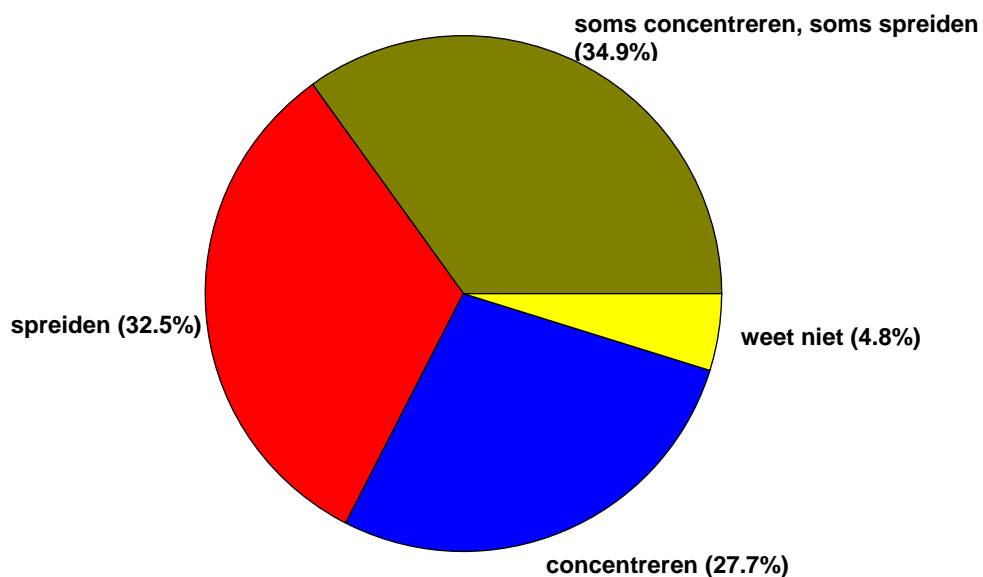
concentreren: 23

spreiden: 27

soms concentreren, soms spreiden: 29

weet niet: 4

NA's: 12

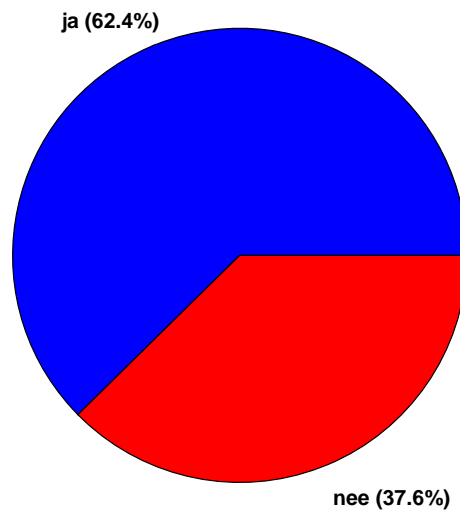


5. Gebruik, motivatie en houding t.o.v. bosvriendelijke exploitatiemethoden

i) *Vaste ruimingspistes*

5.1 *Heeft u zelf al met vaste ruimingspistes gewerkt bij exploitaties?*

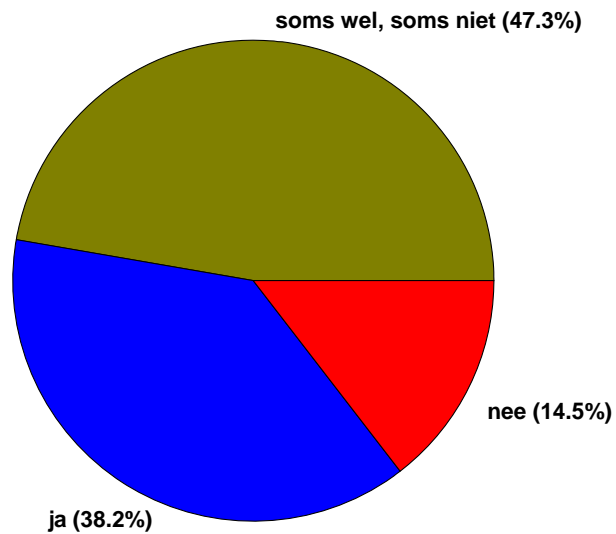
pistes
ja: 58
nee: 35
NA's: 2



5.1.a) *Indien ja, Was dit een positieve ervaring?*

pistes: ja (58)

pistpos
ja: 21
nee: 8
soms wel, soms niet: 26
NA's: 3



5.2 Vindt u het gebruik van vaste ruimingpistes nuttig?

pistnut

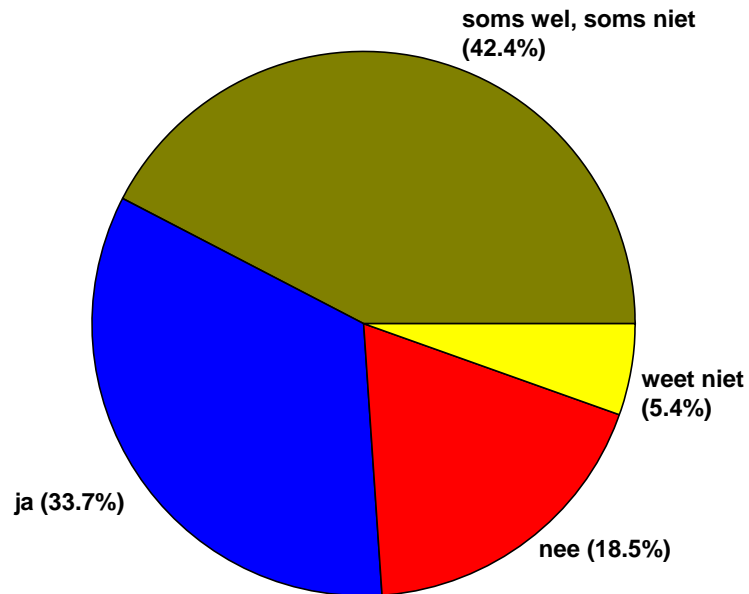
ja: 31

nee: 17

soms wel, soms niet: 39

weet niet: 5

NA's: 3



5.2.a) Indien nee of soms wel, soms niet: Om welke reden dan niet?

- pistes worden meestal op voorhand aangeduid op ondeskundige manier
- exploitant kan beter zelf beslissen waar te rijden om minst schade aan te brengen
- exploitatie wordt duurder (niet rendabel)
- spoorvorming
- afhankelijk van weersomstandigheden
- voor forwarders nodig, maar voor uitslepen van langhout niet nodig
- bodemgesteldheid moet frequent rijden toestaan

5.2.b) Indien ja: Zijn er toch nog knelpunten mee verbonden waardoor de bereidwilligheid om deze pistes te gebruiken beperkt wordt?

- ze moeten in de goede richting liggen, breed genoeg zijn en ze mogen niet te ver uit elkaar liggen
- soms te nat
- randvoorwaarden contract zijn soms te kritisch (bijv schade aan omringende bomen is niet te vermijden)
- bij zwaar hout vanwege kraansterkte en gericht vellen
- exploitatie gaat trager -> minder m³ per dag

5.3 *Er wordt soms gesteld dat het beter zou kunnen zijn de ligging van de pistes te laten bepalen door de harvestermachinist (terwijl deze aan de exploitatie bezig is) in plaats van deze vooraf te laten aanduiden door de boswachter. Bent u hiermee akkoord?*

pistbosw

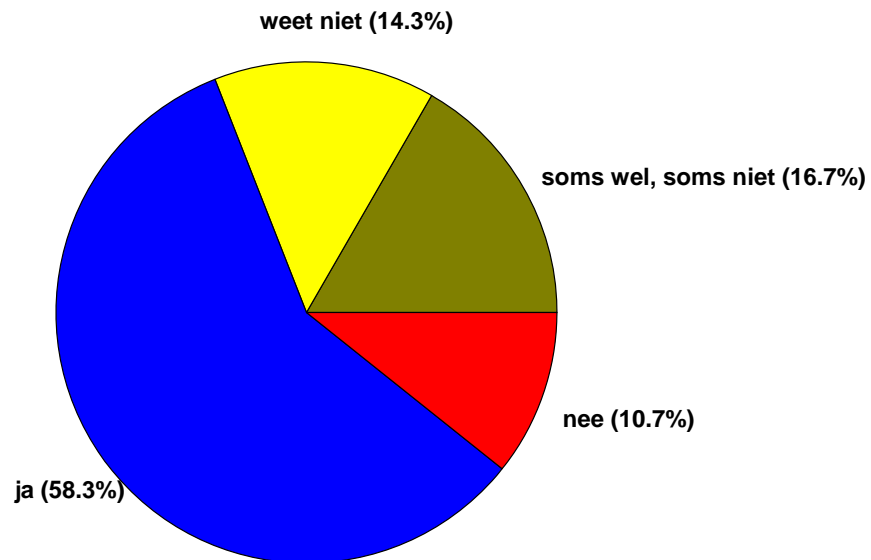
ja: 49

nee: 9

soms wel, soms niet: 14

weet niet: 12

NA's: 11



5.4 *Indien u reeds ervaring heeft als machinist van een harvester: vindt u de huidige aanduiding van te vellen bomen (éénzijdig of tweezijdig schalmen met de bijl) duidelijk genoeg vanuit de machine?*

pistschalm

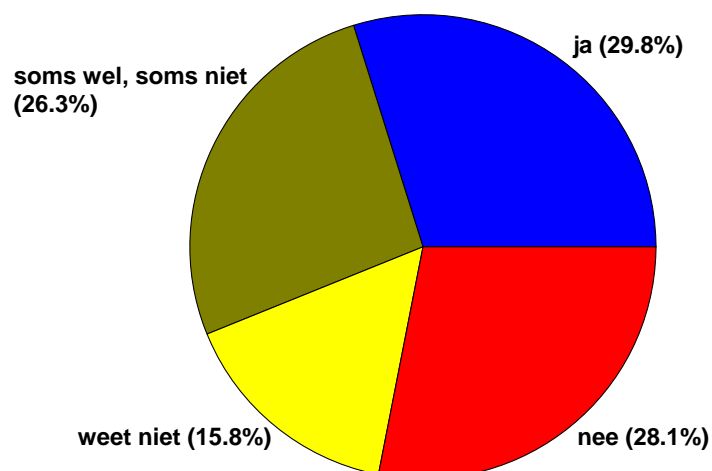
ja: 17

nee: 16

soms wel, soms niet: 15

weet niet: 9

NA's: 43



5.4.a) Indien nee of soms wel, soms niet: Wat zou eventueel moeten veranderen om die aanduiding beter zichtbaar te maken?

pistschalm: nee (16)

Aanduiding	Ja	Nee
sputbusmarkering met fluoverf	10	2
markering aan drie kanten van de boom	2	10
andere (*)	2	10
markering met linten of touw	1	11
weet niet	0	12

NA's: 4

pistschalm: soms wel, soms niet (15)

Aanduiding	Ja	Nee
sputbusmarkering met fluoverf	7	5
markering aan drie kanten van de boom	5	7
andere (*)	1	11
markering met linten of touw	0	12
weet niet	0	11

NA's: 3

(*) andere: spuitbusmarkering volledig rondom de stam (ring)

ii) *Lier*

5.5 *Vindt u het gebruik van een lier nuttig?*

liernut

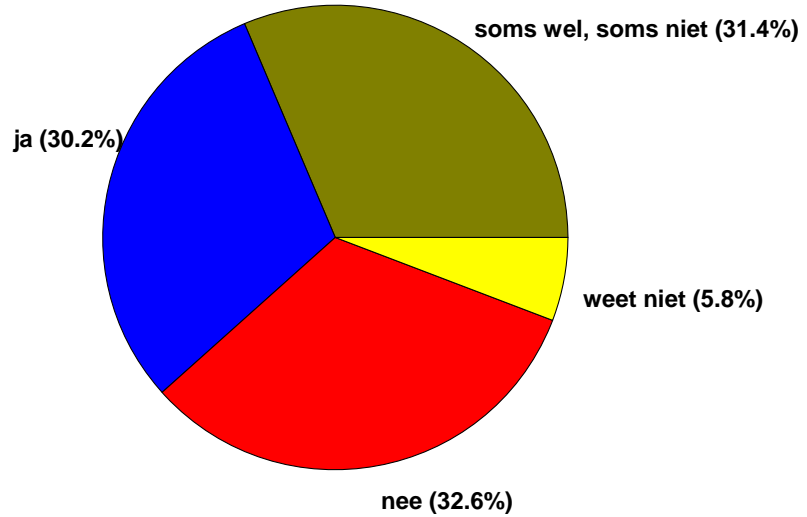
ja: 26

nee: 28

soms wel, soms niet: 27

weet niet: 5

NA's: 9

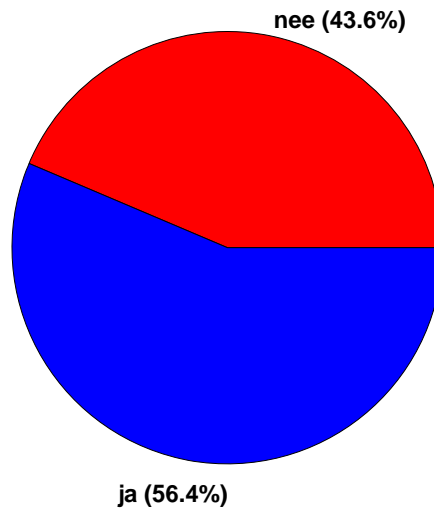


5.5.a) *Indien nee of soms wel, soms niet: Om welke reden dan niet?*

- arbeidsintensief → hogere exploitatiekost → wordt geen rekening mee gehouden bij prijszetting
- zéér tijdsintensief → tijd en kost zijn niet in verhouding en worden niet begroot
- schade aan de overblijvende bomen
- stam trekt diepe geulen in de bodem
- gevelde boom ligt niet altijd in de richting van de ruimingpiste

5.6 *Maakt u zelf gebruik van een lier, indien nodig?*

lierzelf
 ja: 53
 nee: 41
 NA's: 1



5.6.a) *Indien ja: In welke situaties acht u dit nodig?*

- onder natte omstandigheden / in natte stukken
- bij steile hellingen
- vellen van moeilijke bomen / hangende, gevaarlijke bomen (randbomen)
- wanneer stam onbereikbaar is

5.6.b) *Indien nee: Waarom maakt u hier geen gebruik van? Maw, welke knelpunten staan het gebruik van een lier in de weg?*

lierzelf: nee (41)

Knelpunten	Ja	Nee
te arbeidsintensief	21	18
te veel tijdverlies	18	21
andere	13	26
nutteloos (geen schade verondersteld door berijden)	3	36
weet niet	3	36

NA's: 2

5.7 *Indien er een mogelijkheid zou zijn een afstandsbediening te gebruiken voor de lier, zou u dit dan nuttig vinden?*

lierbedien

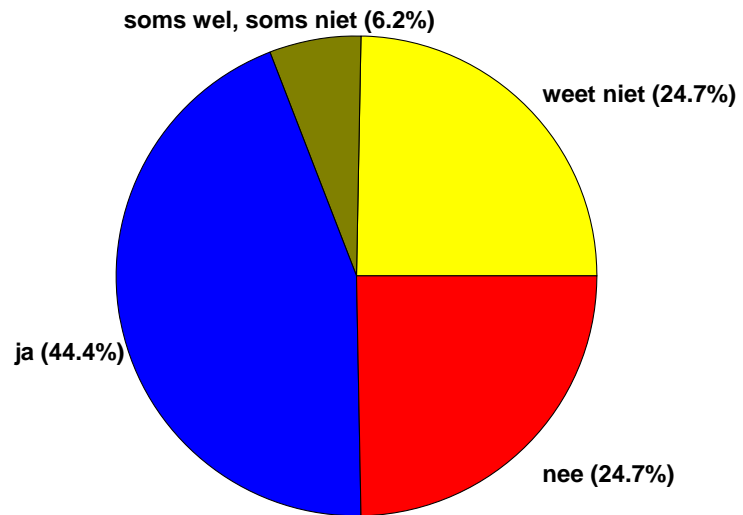
ja: 36

nee: 20

soms wel, soms niet: 5

weet niet: 20

NA's: 14

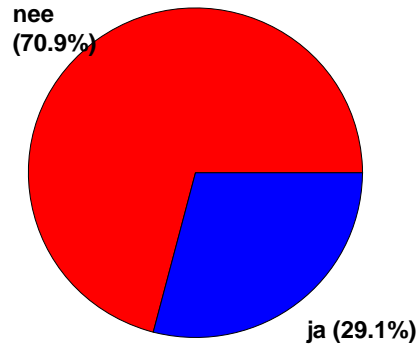


iii) *Uitsleptang versus bomenkraan (enkel van toepassing bij uitslepen van hout)*

5.8 *Maakt u zelf gebruik van een bomenkraan?*

kraanzelf

ja: 25
nee: 61
NA's: 9

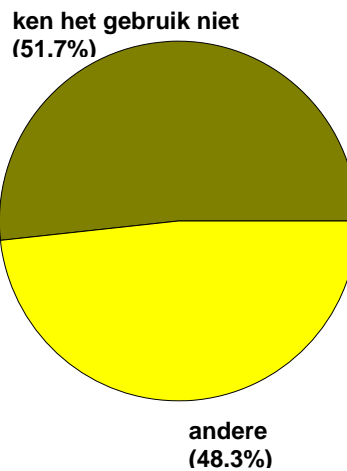


5.8.a) *Indien nee: Wat is de reden hiertoe?*

kraanzelf: nee (61)

kraanee

ken het gebruik niet: 30
andere: 28
NA's: 3

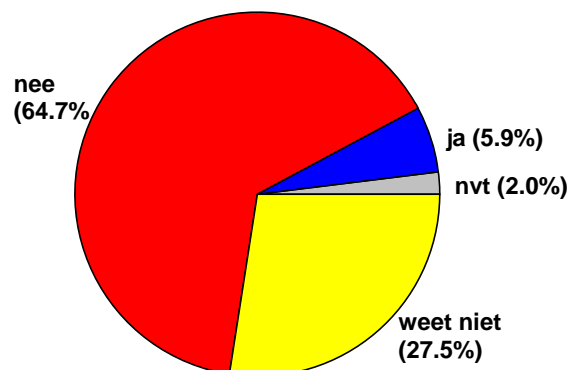


5.8.b) *Indien nee: Zou u een dergelijke investering overwegen?*

kraanzelf: nee (61)

kraaninv

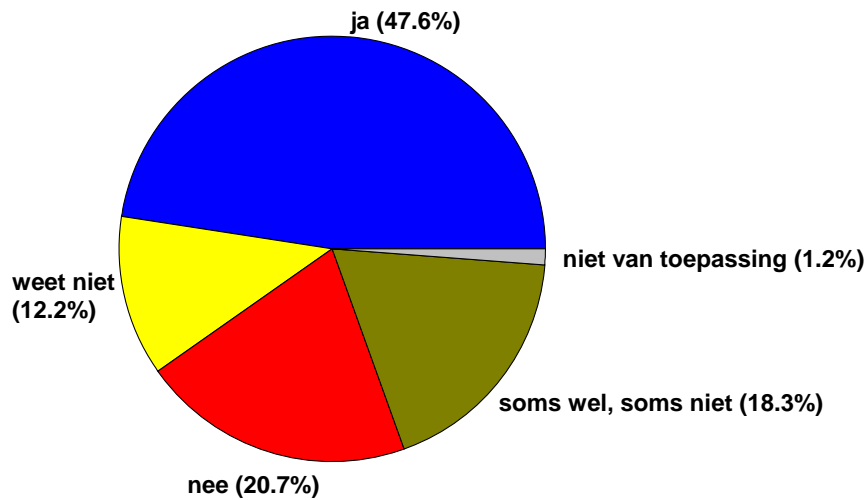
ja: 3
nee: 33
nvt: 1
weet niet: 14
NA's: 10



iv) Takkenmat (enkel van toepassing bij het uitrijden van hout)

5.9 Vindt u een takkenmat nuttig?

matnut
ja: 39
nee: 17
nvt: 1
soms wel, soms niet: 15
weet niet: 10
NA's: 13

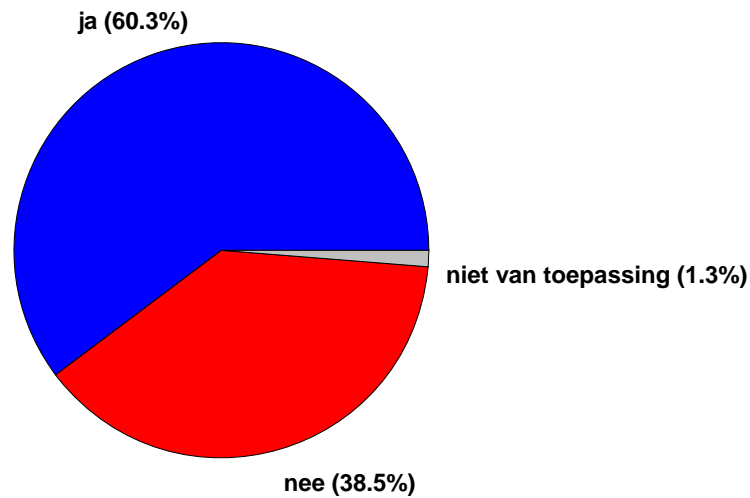


5.9.a) Indien nee of soms wel, soms niet: Om welke reden dan niet?

- veel werk / omslachtig
- herbebossing wordt hierdoor sterk bemoeilijkt
- schade aan machines
- te weinig takhout beschikbaar
- kroonhout, bruikbaar voor handel, gaat verloren
- onmogelijk in loofhoutbestanden

5.10 Maakt u zelf gebruik van een takkenmat, indien mogelijk?

matzelf
ja:47
nee:30
nvt: 1
NA's:17



5.10.a) Indien ja: In welke situaties maakt u gebruik van een takkenmat?

- natte bodem!!
- Harvester werkt zo beter (voor machine het hout opwerken)
- kaalkap
- in de pistes

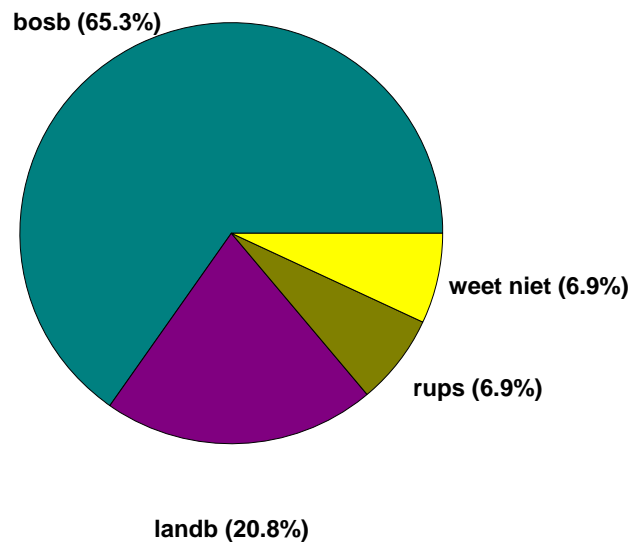
5.10.b) Indien nee: Waarom niet? Maw, welke knelpunten staan het gebruik van een takkenmat in de weg?

- veel werk / omslachtig (= kostelijk)
- herbebossing wordt hierdoor sterk bemoeilijkt
- angst voor schade aan machines
- te weinig takhout beschikbaar
- kroonhout, bruikbaar voor handel, gaat verloren
- onmogelijk in loofhoutbestanden!

v) **Bandendruk**

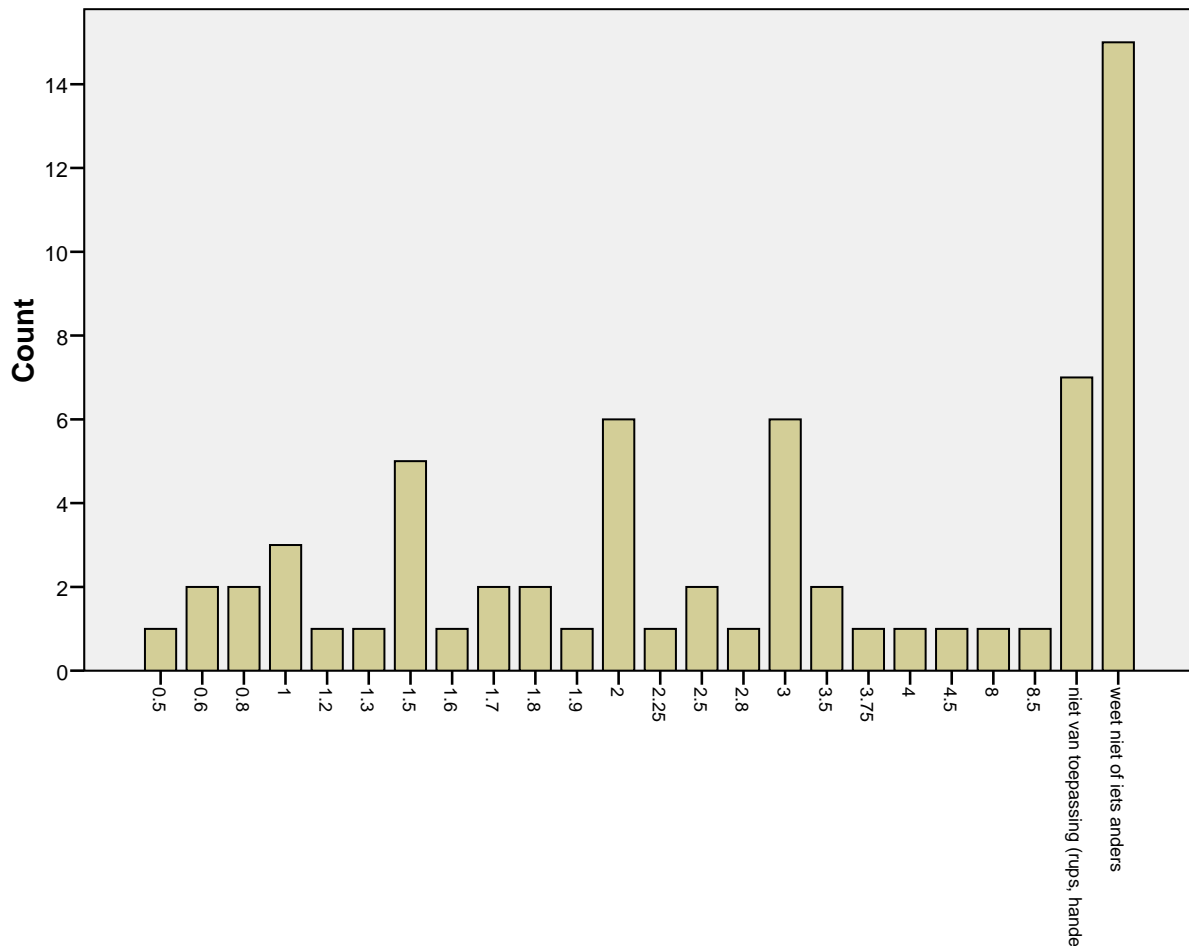
5.11 *Met welk type banden rijdt u?*

Bosbouwbanden: 47
Landbouwbanden: 15
Rups: 5
weet niet: 5
NA's: 22



5.12 *Met welke bandendruk rijdt u normaliter?*

bandendruk (bar)



5.13 Rijdt u altijd met deze bandendruk?

drukaltijd

ja: 60
nee: 3
nvt: 7
NA's: 25

5.13.a) Indien nee: In welke gevallen rijdt u met hoge bandendruk?

- op de openbare weg

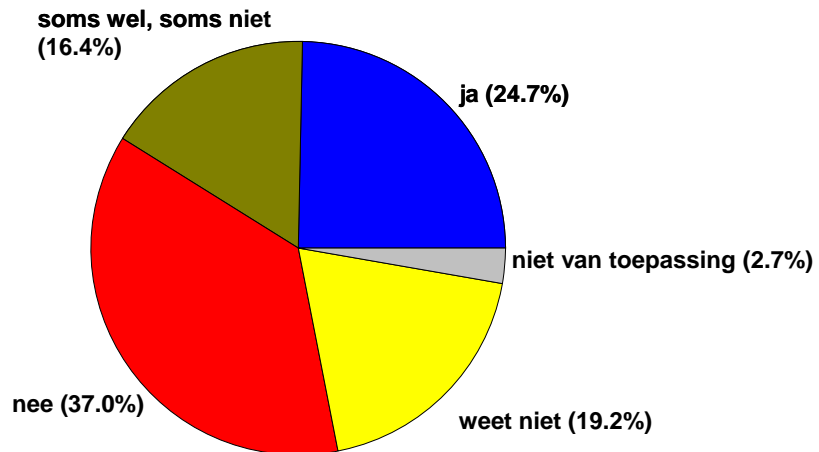
5.13.b) Indien nee: In welke gevallen rijdt u met lage bandendruk?

- op natte stukken
- over minder dragende gronden

5.14 Vindt u het voorstel om de bandendruk te verlagen nuttig?

druklaag

ja: 18
nee: 27
nvt: 2
soms wel, soms niet: 12
weet niet: 14
NA's: 22



5.14.a) Indien nee of soms wel, soms niet: Om welke reden(en) bent u hier niet mee akkoord?

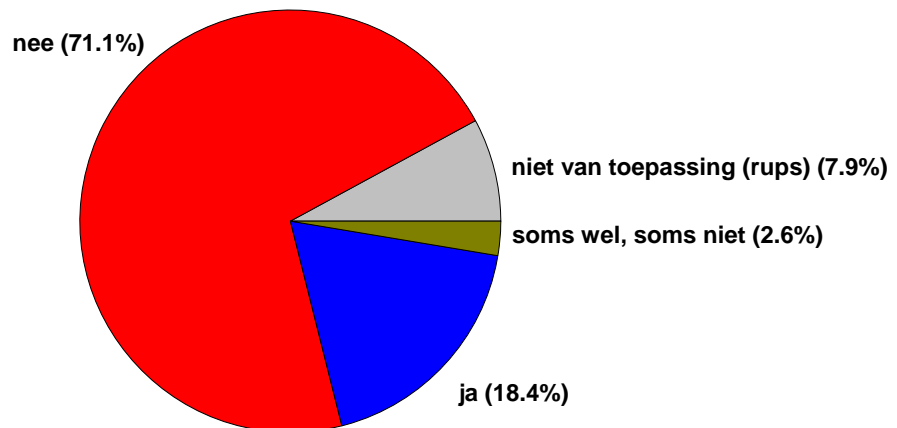
- zorgt voor extra bandenschade!!
- dagelijks wisselende terreincondities

vi) *Water in de banden*

5.15 *Vult u de banden van uw machine (volledig of gedeeltelijk) met water?*

bandwater

ja: 14
 nee: 54
 nvt: 6
 soms wel, soms niet: 2
 NA's: 19



5.15.a) *Indien ja of soms wel, soms niet: Waarom doet u dit?*

bandwater: ja (14)

Reden	Ja	Nee
stabiliteit van machine verhogen	14	0
tractie verhogen	1	13
andere	0	14

bandwater: soms wel, soms niet (2)

Reden	Ja	Nee
tractie verhogen	2	0
stabiliteit van machine verhogen	0	2
andere	0	2

5.15.b) *Indien ja of soms wel, soms niet: Doet u dit altijd?*

bandwater: ja (14)

wateraltijd

ja: 13
 nee: 1

bandwater: soms wel, soms niet (2)

wateraltijd

ja: 0
 nee: 2

5.15.c) *Indien ja of soms wel,soms niet: Indien niet altijd, in welke specifieke situaties dan wel?*

- op de weg hoeft dat niet

5.15.d) *Indien ja of soms wel,soms niet: Vult u uw banden dan volledig of gedeeltelijk met water?*

- aantal antwoorden: 11
- volledig: 3
- gedeeltelijk: 8

5.15.e) *Indien nee: Is er een welbepaalde reden waarom u dit niet doet?*

- machine wordt zwaarder!
- slechte baanligging op de openbare weg
- minder problemen bij lekke banden

vii) *Algemeen*

5.16 *Vindt u het noodzakelijk dat een extra vergoeding wordt gegeven voor het toepassen van bovenstaande bosvriendelijke methoden?*

vergoed

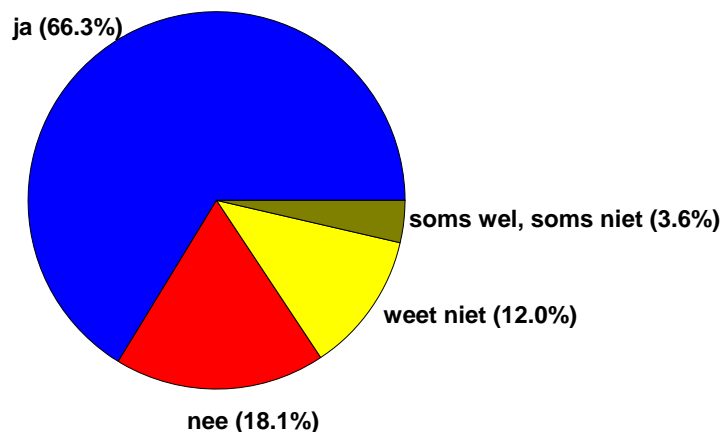
ja:55

nee:15

soms wel, soms niet: 3

weet niet:10

NA's: 12



5.16.a) *Indien ja of soms wel, soms niet: In welke situaties wel?*

- in situaties waar het werk wordt bemoeilijkt
- wanneer verplicht met bosvriendelijke methoden gewerkt moet worden (vaste pistes, lieren, takkenmat)
- in ecologisch waardevol gebied
- afhankelijk van nodige extra arbeid
- altijd voor wie bosvriendelijk werkt

5.16.b) *Indien ja of soms wel, soms niet: Aan welke vorm van vergoeding had u dan gedacht?*

- subsidies / premie vanwege overheid
- premie per m³
- uurprijs
- procentuele verhoging
- houtprijs
- onderhands inschrijven
- soepeler beleid rond schoontijd

5.16.c) *Indien ja of soms wel, soms niet: Indien u een vergoeding via de houtprijs wenst, welke verhoging had u dan gewild?*

vergoed: ja (55)

Hoeveel	aantal
5 €/m ³	17
2 €/m ³	5
10 €/m ³	5
andere	11

NA's: 17

vergoed: soms wel, soms niet (3)

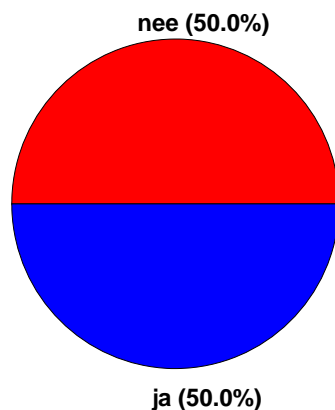
Hoeveel	aantal
5 €/m ³	0
2 €/m ³	1
10 €/m ³	0
andere	1

NA's: 1

6. Gebruikte en gewenste informatiekanalen

6.1 *Ontvangt u reeds regelmatig informatie omtrent bosbeheer/bosexploitatie?*

infonu
ja: 46
nee: 46
NA's: 3



6.1.a) *Indien ja: Hebt u deze informatie zelf aangevraagd?*

infonu: ja (46)
zelf aangevraagd: 18
zelf niet aangevraagd: 21
NA's: 9

6.1.b) *Indien ja: Waar komt deze informatie vandaan?*

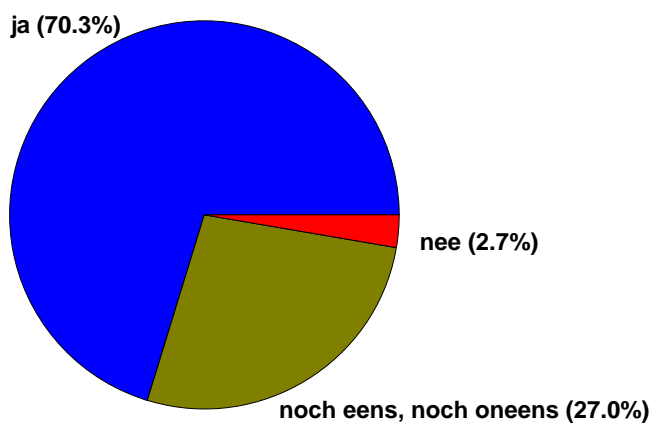
- Bosschap Nederland
- AVIH Nederland
- Inverde
- internet
- vaktijdschriften
- Foire de Libramont
- ANB, DNF

6.1.c) *Voldoet deze informatie aan uw behoeften?*

infonu: ja (46)

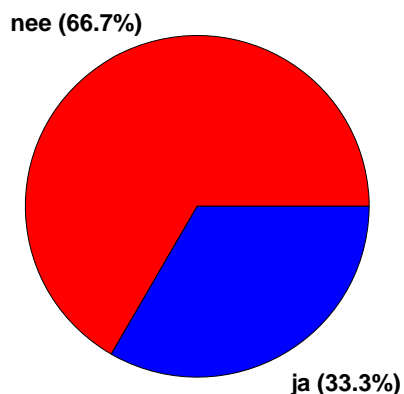
infnuok
ja: 26
nee: 1 (*)
noch eens, noch oneens: 10
NA's: 9

(*) weinig info uit België



6.2 Bent u geabonneerd op een bepaald tijdschrift?

abon
ja: 29
nee: 58
NA's: 8

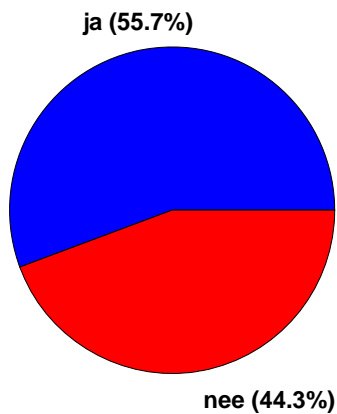


6.2.a) Ja, met name:

- Forstmachine Profi
- Forst & Technik
- Houthandel & Nijverheid
- Echo des bois
- Bosgroep-tijdschriften
- Bulletin C.P.H.

6.3 Zoekt u verder nog actief naar informatie omtrent bosbeheer/bosexploitatie?

infoverder
ja: 49
nee: 39
NA's: 7



6.3.a) Indien ja: Waar zoekt u deze informatie?

infoverder: ja (49)

Waar	Ja	Nee
internetsite	27	18
tijdschrift	19	26
aanvragen bij bepaalde instanties	7	38
andere	6	39

NA's: 4

6.3.b) Indien ja: Met welke frequentie zoekt u naar nieuwe informatie?

infoverder: ja (49)

Frequentie	aantal
maandelijks	19
wekelijks	12
halfjaarlijks	7
tweewekelijks	4
jaarlijks	3
minder vaak	3

NA's: 1

6.3.c) Indien ja: Omtrent welke onderwerpen zoekt u actief naar informatie?

infoverder: ja (49)

Onderwerp	Ja	Nee
info omtrent machines in de bosbouw	38	11
algemene info omtrent bosexploitatie	32	17
veiligheid in de bosbouw	29	20
bosbeheer	26	23
algemene info omtrent bossen	24	25
exploitatie van specifieke bostypes	20	28
gezond blijven als bosexploitant	18	30
andere	6	43

NA's: 1

6.3.d) Indien ja: Voldoet deze informatie dan aan uw behoeften?

infoverder: ja (49)

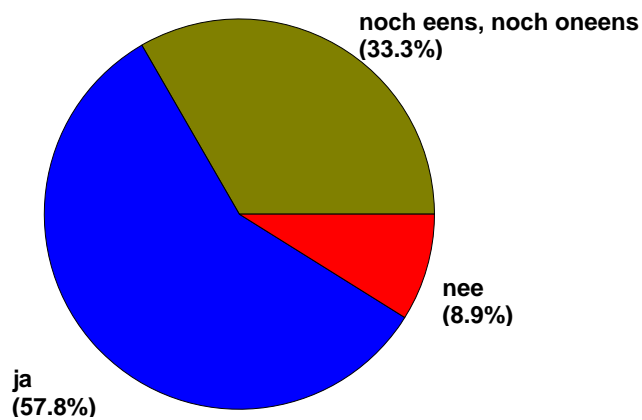
infverdok

ja: 26

nee: 4

noch eens, noch oneens: 15

NA's: 4



6.3.e) Indien nee: Wat is hier dan de reden toe?

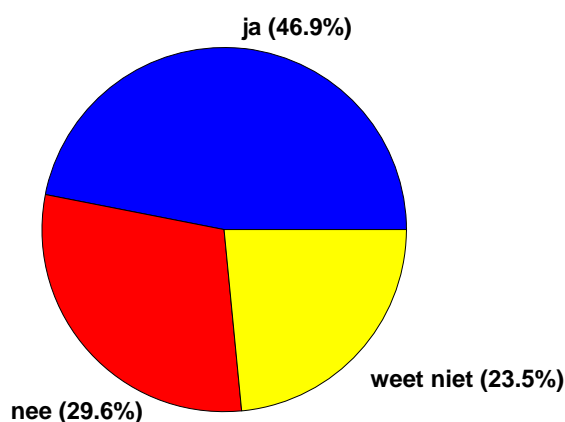
infoverder: nee (39)

Waarom niet	Ja	Nee
reeds voldoende kennis	10	16
geen tijd	8	18
toegestuurde info reeds voldoende	6	20
geen weet van geschikte infobronnen	5	21
infobronnen gekend, maar info ontoereikend	2	24
andere	1	25

NA's: 13

6.4 Is er nood aan bijkomende infobronnen?

noodeinf
 ja: 38
 nee: 24
 weet niet: 19
 NA's: 14



6.4.a) Indien ja: Wat is hier dan de reden toe?

noodeinf: ja (38)

Waarom	Ja	Nee
ontoereikende info bestaande bronnen	19	13
bestaande infobronnen onvoldoende toegankelijk		
o geen mogelijkheid tot internet	4	28
o om financiële redenen	3	29
o andere	2	30
andere (*)	4	28

NA's: 6

(*) andere:

- in België/Vlaanderen is er niet genoeg info over praktische exploitatiethema's
- er zou een algemeen gratis bosbouwblad voor iedere erkende onderaannemer moeten zijn
- de Universiteit Gent heeft in de jaren 70-80 vele stalen genomen van de grond van het Zoniënwoud. Ik ben er nooit in geslaagd enige informatie te bekomen hieromtrent

6.4.b) *Onder welke vorm wenst u deze bijkomende infobron?*

noodeinf: ja (38)

Onder welke vorm	Ja	Nee
gratis brochures (automatisch toegeleverd)	29	7
internetsite	13	23
tijdschrift (met abonnementsgeld)	13	23
gratis brochures (op aanvraag toegeleverd)	10	26
andere	1	35

NA's: 2

6.4.c) *Over welke specifieke onderwerpen wenst u dan geïnformeerd te worden?*

- verbeterde technieken, nieuwigheden
- veiligheid
- bosbeheer en -wetgeving
- machines en methoden
- kledij, brandstoffen, smeermiddelen
- boomverzorging, klimmen, hoogtewerkers
- vellen en snoeien van risicobomen
- onderzoeken, experimenten, uit de praktijk
- boomziekten
- bodemstructuur; bodemverdichting en hoe die kan beperkt worden
- transport van bomen
- bosuitbatingsfonds, subsidies
- houtverkopen, openbare aanbestedingen

7. Gebruikte en gewenste opleidingen

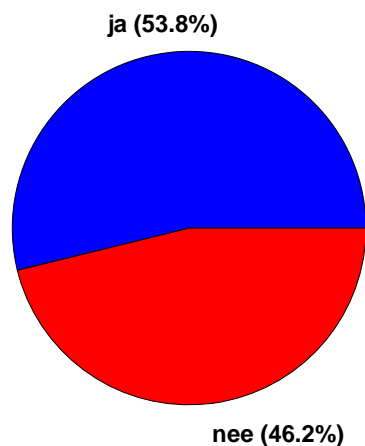
7.1 Heeft u in het verleden een opleiding omtrent bosexploitatie of bosbeheer gevolgd?

oplvroeger

ja:49

nee:42

NA's: 4



7.1.a) Indien ja: Welke opleidingen en waar heeft u deze genoten?

- Inverde
- PCLT Roeselare
- Syntra
- KTA-HORTECO
- Forstamt Eschweiler (Duitsl)
- Larenstein (Velp, Ndl)
- Helicon (Eindhoven, Ndl)
- IPC Groene Ruimte (Arnhem, Ndl)

7.1.b) Indien ja: Waarom heeft u deze gevolgd?

oplvroeger: ja (49)

Waarom?	Ja	Nee
verplicht	32	16
eigen motivatie & initiatief	21	27
ander	1	47

NA's: 1

7.1.c) Indien ja: Wat vond u algemeen van deze opleidingen?

oplvroeger: ja (49)

Opleiding was	aantal
goed	31
niet goed, niet slecht	10
slecht	6
weet niet	1

NA's: 1

7.1.d) Indien u niet helemaal tevreden bent over deze opleidingen, wat is dan de reden hiervoor?

- geen nieuwe zaken bijgeleerd
- te theoretisch, onvoldoende praktijkkennis van de instructeurs
- elk jaar hetzelfde
- geen interessante onderwerpen
- slechte locaties
- te duur
- soms te veel georiënteerd op leken in de bosbouw
- de opleidingen die ik wilde volgen werden telkens afgeblazen door te weinig inschrijvingen (minder dan 15 is niet rendabel volgens hen). Ik heb dan een opleiding gevolgd die mij minder interesseerde. Belangrijk: opleidingen met weinig inschrijvingen moeten ook doorgaan!

7.1.e) Indien nee: Waarom heeft u tot nu toe nog geen opleiding gevolgd?

oplvroeger: nee (42)

Waarom niet?	Ja	Nee
reeds voldoende kennis	29	11
andere (*)	11	29
gebrek aan tijd	9	31
slechte locaties	5	35
gewenste onderwerpen nog niet aanwezig	2	38
te duur	2	38

NA's: 2

(*) andere:

- reeds tientallen jaren ervaring op terrein (van kindsbeen opgegroeid met het vak; is nog steeds de beste leerschool!!)
- te oud
- bijberoep op bepaalde data, geen verlof werkgever

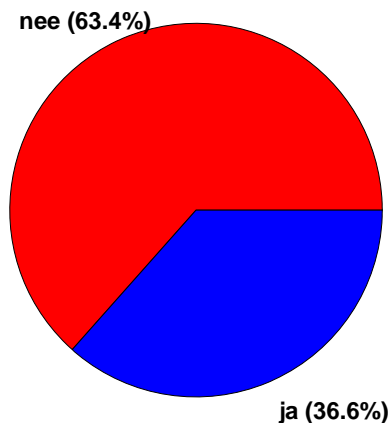
7.2 Zoekt u actief naar informatie omtrent opleidingen?

oplzoek

ja: 30

nee: 52

NA's: 13



7.2.a) Indien ja: Bij welke instanties zoekt u dan naar informatie omtrent opleidingen?

oplzoek: ja (30)

Bij welke instanties?	Ja	Nee
Inverde	20	9
Praktijkcentrum voor Land- en Tuinbouw (PCLT Roeselare)	11	18
andere	6	23
Provincie Limburg Opleiding en Training (PLOT Genk)	5	24
Centre de Compétence FOREM Formation Wallonie Bois (Libramont)	4	25

NA's: 1

7.3 Zou u in de toekomst nog opleidingen willen volgen?

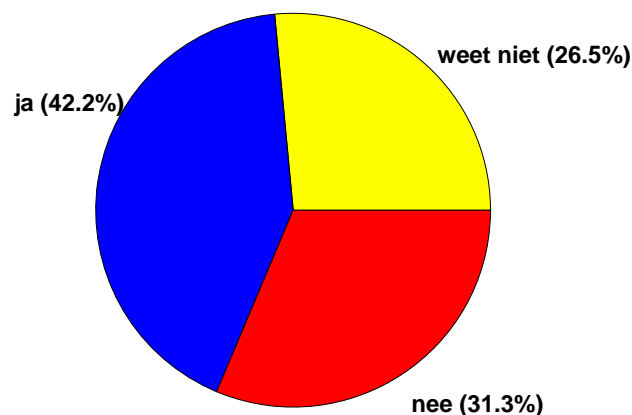
opllater

ja: 35

nee: 26

weet niet: 22

NA's: 12



7.3.a) Indien ja: Welke opleiding(en) en bij welke organiserende instantie?

- veiligheid (Inverde)
- kijk uit naar een lespakket waar ik iets aan heb (om het even waar)
- boomchirurgie
- Verkooptechnieken
- Snoeitechnieken
- Ivm hoogtewerkers
- Toekomstig te verkrijgen vergoeding of subsidies
- toekomstbomen (Inverde)
- moeilijke/gevaarlijke vellingen
- harvester (Turnhout)
- Gebruik oliën (Turnhout)
- harvestergebruik, laden van vrachtwagen, bezoek aan buitenlandse collega's (Inverde)
- bosbeheer, veiligheid, wetgeving, enz (Inverde, PCLT)
- hout meten, techniek van machines

- nummers 1-8 in de brochure van de permanente vormingsdagen voor bosexploitant zijn zeer interessant maar werden meestal afgelast wegens te weinig inschrijvingen. Dit is onverantwoord en weinig motiverend
- praktijkweek Bos (Inverde)
- Demonstraties van skidders met bomenkraan (Inverde)
- Laden en lossen van bomen (Inverde)
- mens- en milieuvriendelijke smeermiddelen en brandstoffen, veilig werken met kettingzaag

7.3.b) Indien nee: Waarom zou u geen opleidingen meer volgen?

opllater: nee (26)

Waarom niet?	Ja	Nee
reeds voldoende kennis	17	7
gebrek aan tijd	10	14
te duur	5	19
slechte locaties	5	19
gewenste onderwerpen nog niet aanwezig	4	20
andere (*)	2	22

NA's: 2

(*) andere:

- ik ben zelfstandig en iedere cursus is geldverlies
- bijberoep, verlof nemen voor een opleiding kost tweemaal geld
- ik denk meer aan mijn pensioen, waarom investeren in opleiding?

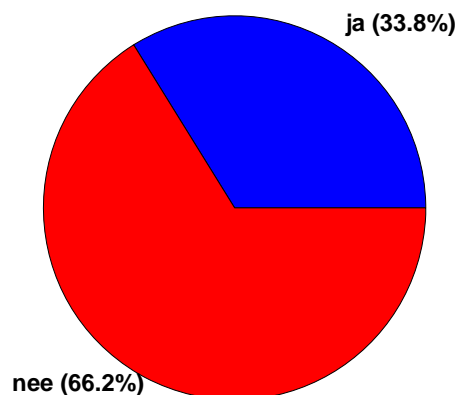
7.4 Vindt u dat er nood is aan een extra opleiding betreffende een bepaald onderwerp omtrent bosexploitatie, die nu nog niet wordt ingericht?

extraopl

ja: 22

nee: 43

NA's: 30



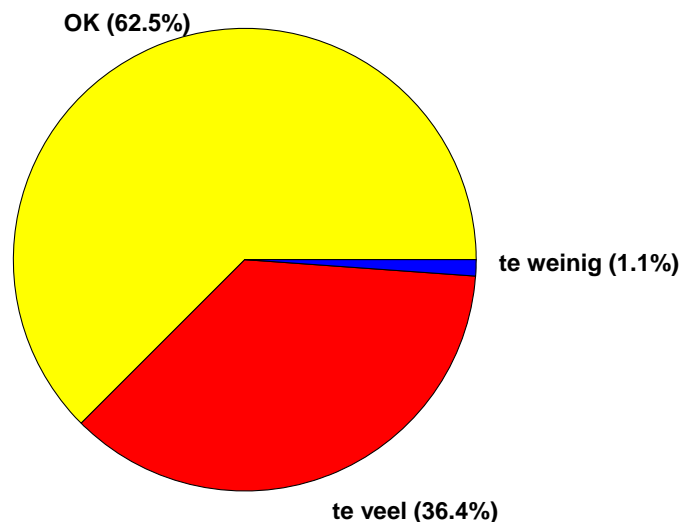
7.4.a) Ja, met name:

- nood aan cursussen over technieken: uitslepen, harvester, forwarder, skidder.
- hoe vind ik personeel en kan ik ze motiveren om te werken in de bosontginning?
- invloed op de bosbodem
- juridische, aansprakelijkheid, rechten en plichten aangaande praktische organisatie
- vb. ruimen en vellingen in combinatie met weersomstandigheden
- boomchirurgie, snoeitechnieken, verkooptechnieken, mbt subsidies
- machinaal liergebruik, grondige voorbereiding (sortimentkennis, bosbeheer, bodemkennis, ...) voor harvester, forwarder, skiddermachinisten
- ziekte en evolutie van bomen, visies omtrent bosbeleid
- cuberen, houttoepassing, populier
- de technische kennis van harvesters, omgaan met de instellingen van de computer op de harvester
- gebruik skidder
- voor boswachters om te weten wat machines wel en niet kunnen
- info exploitatie naar de beheerder van het bos toe
- cursus over beperken van exploitatieschade (aan NV, flora, bodem, enz)
- bomen uitslepen met paarden voor jonge ondernemers (kleine bomen en brandhout)
- transport van bomen, laden en lossen van bomen langs de weg. Er is momenteel een tekort aan transporteurs
- meer toekomstgericht leren werken, er worden geen bomen meer geplant
- assortiment en soortenkennis, functioneel werken, schade beperkend werken

7.5 Erkende exploitanten zijn verplicht jaarlijks één dag permanente vorming te volgen. Vindt u dit:

vorming

OK: 55
te veel: 32
te weinig: 1
NA's: 7



7.5.a) Indien te weinig: Gewenste frequentie?

- 1 werkweek

7.5.b) Indien te veel: Gewenste frequentie?

- nooit, ervaring genoeg door de jaren
- tweejaarlijks

- 1 maal om de 5 jaar
- 1 maal per 3 jaar
- is OK voor jonge mensen (beginners), niet voor 'fin de carrière'
- ondervinding is altijd de beste leerschool
- geen verplichting voor meer dan 40 jaar ervaring!
- 0 voor de mensen die reeds meer dan 10 jaar bezig zijn.

Mijnheer, ik vraag mij af waar u of jullie het lef vandaan haalt om ervaren mensen naar die onnozele schooldag te verplichten bij te wonen. Wij hebben van 20 tot 40 jaar ondervinding in bos, is dat niet genoeg? Wij verliezen niet alleen een dag werk als kleine zelfstandige maar het kost nog geld. Dan moeten wij een hele dag luisteren naar snotneuzen zonder enige ervaring of kennis van zaken. Waarom laat men de mensen met ervaring niet met rust? Probeer de jongens van 18 jaar een degelijke opleiding te geven. Maar dan zal u mensen met ondervinding moeten zoeken, maar die zijn er niet bij Inverde. Spijtig, heel dat circus is niet meer of minder dan vriendjespolitiek + geld. Zij kunnen beter bij ons op stage komen, dan zullen ze iets bijleren.