



*Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap,  
Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer (IBW)  
Universiteit Gent,  
Laboratorium voor Bosbouw  
Vereniging voor Bos in Vlaanderen vzw*

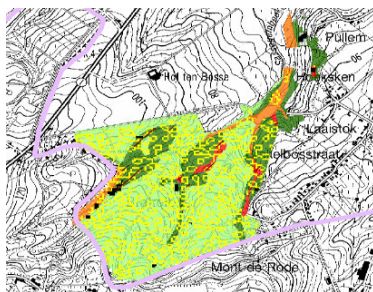
*TWOL-onderzoek OL200100721  
in opdracht van AMINAL afdeling Bos & Groen*

---

# NATUURVRIENDELIJKE HOUTEXPLOITATIEWIJZEN VOOR BOSSEN OP KWETSBARE BODEMS

## Volume II: Kwetsbaarheidskaart bosexploitatie

---



*Robbie Goris, Pieter Vandenbroucke, Kris Vandekerkhove & Kris Verheyen*





## COLOFON

---

Robbie Goris, Pieter Vandenbroucke, Kris Vandekerkhove en Kris Verheyen.

Gezamenlijke publicatie van:

Instituut voor Bosbouw en Wildbeheer

Wetenschappelijke instelling van de Vlaamse Gemeenschap

Gaverstraat 4, 9500 Geraardsbergen

[www.ibw.vlaanderen.be](http://www.ibw.vlaanderen.be)

Universiteit Gent, Laboratorium voor Bosbouw

Geraardsbergsesteenweg 267

9090 Melle –Gontrode

[dfwm.ugent.be/lavobo/flash.html](http://dfwm.ugent.be/lavobo/flash.html)

vzw Vereniging voor Bos in Vlaanderen

Geraardsbergsesteenweg 267

9090 Melle –Gontrode

[www.vbv.be](http://www.vbv.be)

Goris, R., Vandenbroucke, P., Vandekerkhove K. en Verheyen, K., 2005, Ecologisch verantwoorde houtexploitatiewijzen voor bossen op kwetsbare bodems, Eindrapport. (3 volumes), in opdracht van 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.



# INHOUDSOPGAVE VOLUME II

---

INHOUDSOPGAVE VOLUME II.....	3
WOORD VOORAF .....	7
DEEL I. KWETSBAARHEIDSCCLASSIFICATIE .....	9
1 BUITENLANDSE KWETSBAARHEIDSCCLASSIFICATIES .....	11
1.1 INLEIDING .....	11
1.2 KWETSBAARHEID VAN DE ONDERGROND VAN LANDBOUWBODEMS (EUROPA) .....	11
1.3 KWETSBAARHEID VAN KLEIIGE BOSBODEMS (ZUID-AFRIKA).....	12
1.4 CONCLUSIE .....	15
2 KWETSBAARHEIDSCCLASSIFICATIE VOOR VLAAMSE BOSSEN .....	17
2.1 INLEIDING .....	17
2.2 BODEMVOCHTGEHALTE: BELANGRIJKE OPMERKING.....	18
2.3 BODEMVERDICHTING IN FUNCTIE VAN TEXTUUR .....	18
2.4 INSTULPING IN FUNCTIE VAN DRAINERINGSKlasse, VOCHTIGHEIDSGRAAD EN TEXTUUR .....	19
2.5 HERSTELPOTENTIEEL I.F.V. PROFIELONTWIKKELING, BOSHISTORIEK EN BOOMSOORT.....	20
Herstelpotentieel i.f.v. profielontwikkeling.....	20
Verfijning: herstelpotentieel i.f.v. bosgeschiedenis en boomsoort .....	21
Herstelpotentieel: verfijnde scores .....	24
Bespreking van enkele kwetsbaarheidsklassen voor bodemherstel .....	24
2.6 HELLINGSGRAAD.....	26
2.7 BIOTISCHE KWETSBAARHEID: BOSHISTORIEK .....	27
2.8 BIOTISCHE KWETSBAARHEID: BIOLOGISCHE WAARDERING.....	27
3 REFERENTIES.....	29
DEEL II. KWETSBAARHEIDSKAART BOSEXPLOITATIE .....	31
1 INLEIDING.....	33
1.1 DEELLAGEN VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART BOSEXPLOITATIE .....	33
1.2 DOEL, GEBRUIK EN BEPERKINGEN VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART: SIGNAALFUNCTIE .....	33
2 BASISGEGEVENS .....	35
2.1 BOSKARTERING .....	35
Referentie .....	35
Korte beschrijving .....	35
2.2 BODEMKAART .....	36
Referentie .....	36
Korte beschrijving .....	36
2.3 DIGITAAL TERREINMODEL .....	36
Referentie .....	36
Korte beschrijving .....	36
2.4 BIOLOGISCHE WAARDERINGSKAART .....	36
Referentie .....	36
Korte beschrijving .....	37
2.5 BOSHISTORIEK.....	37
Referentie .....	37
Korte beschrijving .....	37
3 INTEGRATIE VAN DE DEELLAGEN TOT EEN GLOBALE KWETSBAARHEIDSKAART .....	39
3.1 EERSTE STAP INTEGRATIE: RANDVOORWAARDEN VOOR DE INZET VAN EXPLOITATIEMACHINES OF EXPLOITATIECATEGORIEËN.....	39
Inleiding .....	39
Algoritme .....	39

Voorstelling op kaart .....	40
3.2 TWEEDE STAP INTEGRATIE: HELLING .....	41
Inleiding .....	41
Algoritme .....	42
Voorstelling op kaart .....	42
3.3 DERDE STAP INTEGRATIE: BODEMVERDICHTING, HERSTELPOTENTIEEL, BOSHI­STORIEK EN BWK .....	43
Inleiding .....	43
Algoritme .....	43
Voorstelling op kaart .....	43
4 INTERPRETATIE VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART .....	45
4.1 KAARTLEGENDE .....	45
4.2 EXPLOITATIECATEGORIEËN .....	45
Exploitatiecategorie onbekend .....	46
Exploitatiecategorie 1 .....	46
Exploitatiecategorie 2 .....	46
Exploitatiecategorie 3 .....	46
Exploitatiecategorie 4 .....	47
Exploitatiecategorie 5 .....	47
Exploitatiecategorie 6 .....	47
Exploitatiecategorie 7 .....	47
Exploitatiecategorie 8 .....	48
Exploitatiecategorie 9 .....	48
4.3 BODEM .....	48
4.4 HELLING .....	49
4.5 BIOCENOSE .....	49
5 TECHNISCHE ACHTERGROND BIJ DE KWETSBAARHEIDSKAART .....	51
5.1 ALGEMEEN .....	51
5.2 SAMENSTELLEN VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART IN GIS .....	51
De basiskaarten .....	51
Omzetting van de kaarten naar GeoDB en invoegen legendecodering .....	52
Numerieke codering van de kwalificerende attributen .....	53
Omzetting van de GeoDB-kaarten naar GRIDs (5x5) .....	54
Gelijkschakeling en omzetting naar één overzicht-GRID .....	54
Heromzetting naar GeoDB .....	55
5.3 HET RESULTAAT .....	55
5.4 LEGENDE VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART .....	56
Structuur van de gegevens .....	56
De legende .....	57
6 VEREENVOUDIGDE VERSIE VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART .....	59
6.1 DE BASISVERSIE .....	59
6.2 AFGELEIDE VERSIES .....	59
7 RUIMTELIJKE VERDELING VAN KWETSBAARHEIDSKLASSEN .....	61
7.1 ALGEMENE BEMERKING .....	61
7.2 ENKELVOUDIGE KWETSBAARHEIDSKLASSEN .....	61
Bodem: verdichting, instulping en herstel .....	61
Helling .....	66
Boshistoriek .....	66
Biologische waardering .....	67
7.3 KWETSBAARHEIDSKAART .....	68
Exploitatiecategorieën .....	68
8 REFERENTIES .....	69
9 BIJLAGE: HULPMIDDELEN BIJ REVISIE VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART .....	71

## WOORD VOORAF

---

Het eindrapport van het TWOL-onderzoek "*ecologisch verantwoorde houtexploitatiewijzen voor bossen op kwetsbare bodems*" bestaat uit 3 aparte volumes.

Het volume over de kwetsbaarheidskaart bosexploitatie omvat de inhoudelijke en technische aspecten van de kwetsbaarheidskaart voor exploitatie in Vlaamse bossen.

Dit document vertrekt van de beschrijving van enkele buitenlandse kwetsbaarheidsclassificaties. Dan wordt een kwetsbaarheidsclassificatie voor exploitatie in Vlaamse bossen gepresenteerd voor bodem, helling en biocenose, die is opgesteld op basis van literatuurgegevens, beschikbare gebiedsdekkende informatie en expertenkennis. Er wordt beschreven hoe de kaart tot stand is gekomen, zowel inhoudelijk als technisch, en hoe ze moet geïnterpreteerd worden. Tot slot wordt de ruimtelijke verdeling van de verschillende kwetsbaarheidsklassen in Vlaanderen besproken.

De digitale kwetsbaarheidskaart zelf wordt aangeleverd op de CD in bijlage. Deze kaart bestaat in 2 versies: een uitgebreide versie met alle deellagen en nuances bestemd voor de beheerplanning, en een vereenvoudigde versie met alleen de essentiële informatie bestemd voor de terreinbeheerder.

Een ander volume omvat de literatuurstudie en de beschrijving van de huidige toestand van de bosexploitatie in Vlaanderen en in relevante buurlanden.

De nadruk van de literatuurstudie ligt op de inzet van exploitatiemachines en de impact daarvan op de bosbodem. Daarnaast worden nog andere effecten van bosexploitatie besproken, namelijk verstoring van fauna, impact op de vegetatie en chemische vervuiling. De huidige toestand van bosexploitatie in Vlaanderen wordt voornamelijk op basis van terreinobservaties toegelicht, waarbij zowel courante werkmethoden als de perceptie van exploitatieschade door beheerders besproken wordt. Tenslotte komt een buitenlandse case-studie aan bod.

In deze tekst wordt naar dit volume verwezen als "literatuurstudie" of "stand van de bosexploitatie".

Het volume goede praktijk bosexploitatie geeft concrete aanbevelingen, achtergrondinformatie en voorbeelden bij ecologisch verantwoorde houtexploitatiewijzen voor Vlaamse bossen.

Dit document is specifiek gericht op de bosbeheerder, met de nadruk op de planning van bosexploitaties. In een inleidend hoofdstuk wordt het proces bosexploitatie in de ruime zin van het woord toegelicht, waarbij voor meer informatie telkens verwezen wordt naar de desbetreffende delen van het rapport.

Het hoofdstuk bosontsluiting beschrijft op welke manier exploitatiemachines in het bos kunnen rijden en hoe de beheerder dit kan aansturen. Daarna wordt een praktisch hulpmiddel voor de beheerder geïntroduceerd: exploitatieplannen. Vervolgens komt de monitoring van exploitatieschade aan bod. Tenslotte worden enkele technische zaken besproken, namelijk de bouw, de functies en het correcte gebruik van exploitatiemachines.

In deze tekst wordt naar dit volume verwezen als "goede praktijk bosexploitatie".





## **DEEL I. KWETSBAARHEIDSClassificatie**

---



# 1 BUITENLANDSE KWETSBAARHEIDSCCLASSIFICATIES

## 1.1 Inleiding

In het buitenland bestaan al systemen van kwetsbaarheidsclassificatie voor bodemverdichting van landbouw- en bosbodems. Deze worden in het eerste deel van deze tekst besproken.

## 1.2 Kwetsbaarheid van de ondergrond van landbouwbodems (Europa)

Een tweeledige methode om de kwetsbaarheid van de ondergrond (*subsoil*) voor verdichting te evalueren werd voor landbouwkundige doeleinden voorgesteld door Jones *et al.* (2003). Eerst wordt een inherente gevoeligheid bepaald uit de textuur en de stapeldichtheid van bodemdeeltjes. Vervolgens wordt deze gecombineerd met een klimatologische index (vochtgehalte van de ondergrond) om een kwetsbaarheidsklasse te bepalen. De nadruk ligt hierbij op de ondergrond, onder de bouwlaag. Deze laag wordt immers niet bewerkt, maar wel belast wanneer twee tractorwielen in de ploegvoor rijden. Voorkomende verdichting van de bouwlaag wordt jaarlijks opgeheven door bewerkingen, wat voor de ondergrond niet het geval is, waardoor hierin een harde ploegzool kan ontstaan.

De inherente vatbaarheid voor compactie werd opgesteld op basis van terreinkennis en observaties van profielputten, omdat geschikte kwantitatieve data grotendeels ontbreken. Hierbij werd rekening gehouden met de voorgeschiedenis van bodembelasting, waarvoor de term stapeldichtheid (*packing density*, *PD*) werd ingevoerd.

$$PD = BD + 0,009 \times \text{kleigehalte} \quad [\text{g/cm}^3]$$

Hierbij is *BD* de bulkdichtheid in  $\text{g/cm}^3$ . Hoe lager de *packing density*, hoe minder de bodem voordien al samengedrukt werd en hoe hoger het actuele risico van significante bodemverdichting. Tabel 1 geeft de bepaling van de inherente vatbaarheid weer.

Tabel 1: Inherente vatbaarheid voor bodemverdichting i.f.v. textuur en stapeldichtheid *PD*; L: laag M: matig, H: hoog, VH: zeer hoog (Jones *et al.* 2003).

Textuur (FAO)	Textuursymbool (België)	PD < 1,4	1,4 < PD < 1,75	PD > 1,75
grof	Z,S	VH	H	M1
medium	P, L, E	H	M	M
medium	A	M-H	M	L2
fijn	U	M3	L4	L
zeer fijn	U	M	L	L
organisch	V	VH	H	-

<sup>1</sup> L voor van nature compact of gecementeerd zand

<sup>2</sup> van nature compacte bodems

<sup>3</sup> recent alluvium

<sup>4</sup> M voor Fluvisols

Bodems die al een hoge densiteit hebben, zijn minder vatbaar voor bijkomende bodemverdichting. De Vos (2005) vond bijvoorbeeld geen bijkomende verdichting van de bodem van het Zoniënwoud na exploitatie. Bodems met een grove textuur blijken volgens Jones *et al.* (2003) dus gevoeliger te zijn voor bodemverdichting. Dat is opmerkelijk en tegengesteld aan de aanvaarde vuistregel dat bodems met fijne textuur sneller verdichten dan zandbodems. We mogen hier echter niet uit het oog verliezen dat deze classificatie geldt voor landbouwdoeleinden en voor de diepere bodemlagen.

Door combinatie met gegevens over bodemvocht wordt vervolgens een kwetsbaarheidsklasse afgeleid (Tabel 2). Deze classificatie is enkel richtinggevend voor gemiddelde omstandigheden.

Tabel 2: Kwetsbaarheidsclassificatie voor verdichting van de ondergrond; N: niet bijzonder kwetsbaar, M: matig kwetsbaar, V: zeer kwetsbaar, E: extreem kwetsbaar; PSMD: potentieel vochtdeficiet; FC: de duur van veldcapaciteit; inherente gevoeligheid: zie tabel 1; kwetsbaarheidsklassen tussen haakjes in het geval van een losse bouwlaag (Jones et al. 2003).

Vochttoestand ondergrond						
PSMD (mm)	≤ 50	51-125	126-200	201-300	> 300	
FC (dagen)	> 250	150-250	100-149	< 100	≤ 40	
Inherente gevoeligheid	VH	E (E)	E (E)	V (E)	V (V)	M
	H	V (E)	V (E)	M (V)	M (M)	N
	M	V (E)	M (V)	N (M)	N (N)	N
	L	M (V)	N (M)	N (N)	N (N)	

De invloed van bodemkwetsbaarheid, lading, druk en actuele vochttoestand wordt in detail beschouwd door Chamen *et al.* (2003). Ploegen met de wielen in de ploegvoor, een landbouwpraktijk met een hoge kans op de vorming van een ploegzool, is weinig relevant voor de bosbouw. Toch zijn enkele conclusies algemeen geldig:

- Het grootste gevaar bestaat op natte losse bodems, waarin door de hoge contactdruk rijsporen ontstaan (instulping).
- Om de negatieve gevolgen van diepe bodemverdichting te vermijden, zijn er twee strategieën:
  - de bodemdruk beperken door aangepast materieel en de ploeglaag gebruiken als een beschermende laag voor de ondergrond (de ploeglaag wordt toch jaarlijks bewerkt)
  - het machineverkeer concentreren op een vastgelegde beperkte oppervlakte van het veld en dus telkens hetzelfde spoor volgen (controlled traffic)

Uit deze classificatie blijkt dat bodemgegevens en klimaatgegevens (actuele vochttoestand) moeten gecombineerd worden om kwetsbaarheid voor compactie accuraat in te schatten. Een algemene regel die hieruit naar voor komt is: *hoe natter de bodem, hoe hoger het risico op compactie*. Bij droogte kunnen sommige vatbare bodems minder gevoelig zijn voor bodemverdichting, terwijl het omgekeerde ook geldt. Om te verfijnen tot op perceelsniveau is nog veel meer kennis nodig, maar tabel 1 en tabel 2 zijn al richtinggevend.

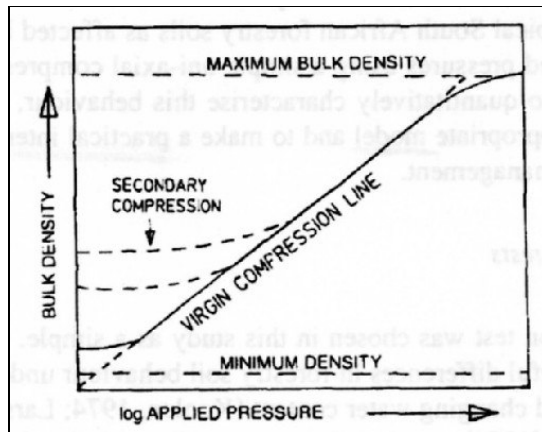
### 1.3 Kwetsbaarheid van kleiige bosbodems (Zuid-Afrika)

Smith *et al.* (1997a&b) onderzochten 35 Zuidafrikaanse bosbodems op hun kwetsbaarheid voor bodemcompactie. Hiervoor werden in het labo uni-axiale compressietesten uitgevoerd bij verschillende bodemvochtgehalten. De verstoorde bodemmonsters omvatten uiteenlopende texturen, maar de enige lemige bodem was een zandleembodem. Lichte en zware kleien (E en U volgens de Belgische Bodemclassificatie) waren in dit onderzoek oververtegenwoordigd.

Het verband tussen porositeit en druk werd als volgt beschreven:

$$\text{porositeit} = \text{constante} - C \times \ln(\text{druk})$$

Hierin is *C* de compressie-index, de helling van het lineaire deel van de curve die het verband beschrijft tussen porositeit en uitgeoefende druk (*virgin compression line* in Figuur 1). Hoe groter *C*, hoe gemakkelijker de porositeit van een door druk belaste bodem afneemt en hoe compacter hij wordt. Met toenemende druk neemt de porositeit lineair af, tot de maximale bulkdichtheid van een bodem bereikt is.



Figuur 1: Geïdealiseerde voorstelling van het proces van bodemverdichting, waarbij de compressie-index  $C$  de helling van het lineair deel van de compressiecurve is (Smith et al. 1997a).

Om het effect van de uitgeoefende druk en het watergehalte op bodemverdichting te voorspellen, stelden Smith *et al.* (1997a) een empirisch model op:

$$\rho_b = a (\theta_m - \theta_{mr}) + C \log(\sigma_r - \sigma) + \rho_{bk} \quad [g/cm^3]$$

met:

- $\rho_b$  bulkdensiteit
- $a$  constante die de relatieve invloed van het vochtgehalte op het verdichtingproces weergeeft
- $\theta_m$  watergehalte van de bodem (m/m)
- $\theta_{mr}$  residueel watergehalte, ongeveer verwelkingspunt
- $C$  compressie-index of de helling van het lineaire deel van de compressiecurve
- $\sigma_r$  druk waarbij de compressiecurve een rechte wordt, meestal 100 kPa
- $\sigma$  uitgeoefende druk in kPa
- $\rho_{bk}$  bulkdensiteit bij  $\sigma_r$  en  $\theta_{mr}$

Met behulp van compressietesten werd dit model geparametriseerd voor 35 bosbodems. De bodemgegevens en de modelparameters worden samengevat in. Uit de analyse van Smith *et al.* (1997a) blijkt dat de hoogste waarden voor  $a$  (waterafhankelijkheid) optreden bij de kleigronden. Ook de ene zandleembodem blijkt sterk vochtafhankelijk, maar helaas ontbreken leembodems (textuur A) in deze studie. Het verdichtinggedrag van zandbodems blijkt grotendeels vochtafhankelijk te zijn, tot negatieve  $a$ -waarden toe. Dit laatste wil zeggen meer bodemverdichting onder droge omstandigheden. Dit merkwaardige gedrag van zandbodems werd verklaard door Panayiotopolous & Mullins (1985). Zowel luchtdroog als bijna waterverzadigd zand bereiken hogere dichtheden onder een bepaalde druk dan zand bij een intermediaire vochttoestand. Dit is te wijten aan ringvormige bruggen die zich vormen tussen zanddeeltjes en die zich gedragen als elastische verbindingen wanneer de bodem vochtig is. Deze bindingen gaan verloren als zand kurkdroog of waterverzadigd is.

De compressie-index  $C$  neemt ook toe met de sequentie zandbodems, zandleembodem, kleibodem. Ook hier geldt dat leembodems ondervetegenwoordigd waren en dus geen algemene conclusie kan getrokken worden. Sterk significante verbanden werden gevonden tussen  $C$  en het percentage klei + leem, het percentage klei en de maat voor het gehalte organische stof en zwellende kleien, *loss on ignition* (LOI in).

In tegenstelling tot de classificatie van Jones *et al.* (2003), kunnen we uit de kwantitatieve studie van Smith *et al.* (1997a) besluiten dat de kwetsbaarheid voor compactie van bosbodems toeneemt van zandige bodems naar kleiige bodems. Helaas kunnen uit deze studie geen sluitende conclusies voor leembodems getrokken worden.

Tabel 1: Textuurklasse (Belgische Bodemclassificatie), compressie-index en vochtafhankelijkheid van 35 Zuid-Afrikaanse bosbodems (Smith *et al.* 1997a); LOI: loss on ignition.

Site	%klei	%leem	%zand	Textuur	LOI (%)	C <sub>mod</sub>	a
12A	8	6	86	Z	0,56	0,08	0,15
11A	8	10	83	Z	0,7	0,09	-0,22
13A	9	5	86	Z	0,8	0,13	0,09
2E	11	15	74	S	0,81	0,3	1,07
14A	12	9	79	S	1,37	0,17	1,73
2A	13	17	70	S	2,29	0,32	0,89
15A	9	11	80	S	3,13	0,13	-0,13
10A	16	34	50	L	2,15	0,36	2,76
17A	26	10	64	E	2,75	0,27	1,38
24A	30	17	53	E	2,87	0,37	2,08
17B	29	6	65	E	2,94	0,32	2,63
20B	31	19	50	E	3,58	0,31	3,48
22A	32	8	60	E	3,98	0,36	2,97
18A	28	16	56	E	4,01	0,41	1,56
20A	35	16	49	E	4,03	0,4	2,61
16A	24	17	59	E	4,41	0,41	2
23A	34	20	46	E	5,27	0,45	2,85
3A	24	34	41	E	5,86	0,36	1,34
25A	34	11	55	E	6,37	0,42	2,96
1A	22	47	31	E	6,62	0,47	2,01
5A	30	15	55	E	6,73	0,34	2,49
9A	27	22	51	E	8,38	0,45	2,03
26A	30	11	59	E	10,04	0,39	0,92
24B	38	18	44	U	2,8	0,38	2,4
8B	50	37	13	U	4,47	0,52	2,1
22B	52	8	40	U	4,86	0,44	2,65
21B	46	16	38	U	4,93	0,46	4,3
8A	40	44	16	U	8,31	0,42	0,72
21A	44	15	41	U	9,01	0,46	1,17
6B2	65	23	12	U	11,27	0,22	1,56
7A	56	21	33	U	11,3	0,31	0,34
6B	46	29	25	U	13,98	0,28	1,04
4A	41	52	7	U	14,18	0,34	0,43
19A	66	28	6	U	15,33	0,33	0,59
6A	51	44	5	U	18,49	0,32	0,94

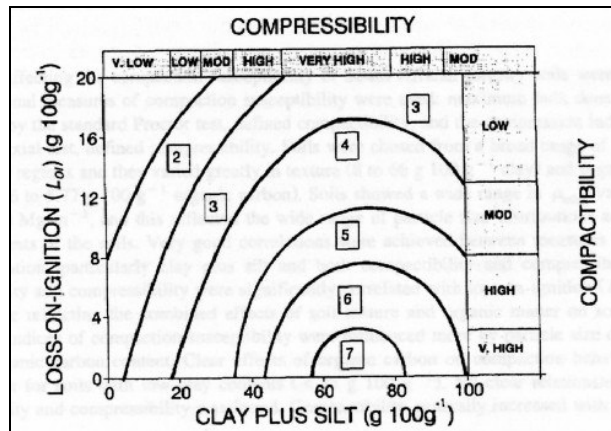
Verdere studie van deze data resulteerde in een kwetsbaarheidsclassificatie van verschillende bosbodemtypen (Smith *et al.* 1997b). Hierbij werd uitgegaan van twee deelcomponenten van kwetsbaarheid:

- *compactibility* of de mate waarin hoge bulkdensiteiten kunnen bereikt worden. De maximale bulkdensiteit wordt bepaald met een zgn. Proctor-test<sup>1</sup>.
- *compressibility* of de mate waarin porositeit van een bodem afneemt bij toenemende belasting. Als maatgetal hiervoor wordt de compressie-index *C* genomen.

*Compactibility* neemt toe bij een afnemend percentage klei + leem en bij afnemende *LOI*. Zandbodems kunnen dus verdicht worden tot hogere bulkdensiteiten dan bodems met een fijnere textuur, omdat ze ook in ongestoorde toestand al een hogere dichtheid hebben.

<sup>1</sup> Bij een Proctor-test wordt bodem verdicht door een gewicht vanop een vastgestelde hoogte een bepaald aantal keren te laten vallen op een bodemstaal. Hierdoor wordt de bodem zowat maximaal verdicht.

Vergelijk bijvoorbeeld de waarden van McDonald & Seixas (1997) voor een lemig zandbodem (BD ongestoord 1,7 naar verdicht 1,9 g/cm<sup>3</sup>) met die van McNabb *et al.* (2001) voor zandleem en lichte klei (BD ongestoord 1,2 naar verdicht 1,4 g/cm<sup>3</sup>). *Compressibility* daarentegen is positief gecorreleerd met het percentage klei + leem en met de *LOI*, (cf. Figuur 2). Tussen *compactibility* en *compressibility* kon geen verband aangetoond worden. Deze kwetsbaarheidsclassificatie wordt samengevat in Figuur 2 en is gebaseerd op de combinatie van *compactibility* en *compressibility*.



Figuur 2: Kwetsbaarheidsclassificatie voor het relatieve risico van bodemverdichting van Zuid-Afrikaanse bosbodems met zandige en kleiige texturen. De kwetsbaarheid neemt toe van de vlakken 2 naar 7 (Smith et al. 1997b).

Uit Figuur 2 blijkt dat de globale kwetsbaarheid stijgt als:

1. het gehalte organische stof en zwellende kleien afneemt (dalende *LOI*),
2. het percentage fijne deeltjes (klei + leem) toeneemt van 0 tot 70 %.
3. het percentage fijne deeltjes (klei + leem) toeneemt van 70 tot 100 %.

## 1.4 Conclusie

We kunnen concluderen dat goed gesorteerde leembodems met een laag organisch stofgehalte het meest kwetsbaar zijn voor verdichting, bodems met een hoger kleigehalte minder en zandbodems het minst. Deze relatieve ordening zal ook verder in dit onderzoek gebruikt worden. Bovendien is de invloed van het vochtgehalte erg belangrijk.





## 2 KWETSBAARHEIDSCCLASSIFICATIE VOOR VLAAMSE BOSSEN

---

### 2.1 Inleiding

---

In dit onderzoek definiëren we bodemkwetsbaarheid als een gevoeligheid voor bodemverandering die tot gevolg heeft dat:

- de natuurlijke bosverjonging wordt belemmerd,
- het oorspronkelijke bodemoppervlak wordt verstoord (inclusief genivelleerd),
- de bodemvegetatie (mossen, grassen, kruiden) wordt beïnvloed,
- de natuurlijke bodembiotop (edafische factor) wordt verstoord.

Kwetsbaarheid van bosbodems voor betreding door exploitatiemachines is afhankelijk van een reeks abiotische en biotische milieufactoren zoals klimaat, helling, bodemtextuur, bodemvochtregime, bodemhorizontensequentie, kruidvegetatie en biologische activiteit. Deze elementen worden hier kort besproken in functie van de belangrijkste bodemkenmerken in Vlaanderen.

De gevoeligheid voor schade en het potentieel voor herstel worden apart beschouwd.

Bodemkwetsbaarheid wordt voor twee deelcomponenten behandeld: verdichting en instulping. Dit zijn twee processen die vaak samen optreden bij de passage van zware exploitatiemachines, maar toch een andere fysische achtergrond hebben. Compactie of verdichting is het samendrukken van een bodem waardoor de vaste bestanddelen dichter bij elkaar komen te liggen en de porositeit afneemt. Instulping vindt plaats wanneer de belasting van een bodem de draagkracht overschrijdt, waardoor bodemhorizonten verstoord worden en de microtopografie gewijzigd wordt. Instulping treedt dus op als een bodem niet voldoende sterkte heeft om te weerstaan aan externe krachten zoals slepende stammen of wielen van machines. Afhankelijk van het bodemvochtgehalte treedt bij instulping een zekere mate van bodemverdichting op.

Herstel (van bodemverdichting) is hoofdzakelijk afhankelijk van de biologische activiteit in een bodem, die op zijn beurt sterk samenhangt met de profielontwikkeling, de zuurtegraad en de strooiselafbraak. Gravende en woelende bodemfauna zorgt voor bioturbatie, waardoor de bodem weer los gemaakt wordt. Een lemige bodem boven veldcapaciteit bijvoorbeeld kan zeer kwetsbaar zijn, maar in het geval van een mullhumus, of als kalk aanwezig is binnen de 80 cm diepte, kan de bodem redelijk vlug herstellen.

De bodemkwetsbaarheid wordt aangevuld met enkele bijkomende factoren: de terreinhelling en de kwetsbaarheid van de biocenose. Deze laatste wordt uitgedrukt door de biologische waardering en de boshistoriek.

De verschillende klassen hebben een kwetsbaarheidsscore gekregen volgens een ordinale schaal van 1 tot 5 met toenemende kwetsbaarheid (Tabel 2). Deze schaal zal verder gebruikt worden voor de kwetsbaarheidskaart.

Tabel 2: Kwetsbaarheidsscores en hun omschrijving

Omschrijving	Kwetsbaarheidsscore
uiterst kwetsbaar	5
zeer kwetsbaar	4
kwetsbaar	3
weinig kwetsbaar	2
robuust	1
onbekend	0

**BELANGRIJKE OPMERKING:** Alle kwetsbaarheidsscores zijn gebaseerd op "Best Professional Judgement" van de projectuitvoerders en leden van de stuurgroep, op basis van de best beschikbare kennis en ervaring. Het strekt tot aanbeveling om ze te verifiëren door het uitvoeren van bijkomend fundamenteel onderzoek.

## 2.2 Bodemvochtgehalte: belangrijke opmerking

Het vochtgehalte van een bodem is vaak sterk bepalend voor de draagkracht van die bodem, en daarmee voor de schade die kan ontstaan bij bosexploitatie. Daarom wordt een onderscheid gemaakt tussen droge en vochtige omstandigheden. In Vlaanderen valt dit onderscheid grotendeels samen met zomer en winter, maar ook in de zomer kan de kwetsbaarheid snel toenemen bij overvloedige regen. Het onderscheid wordt hier dan ook gelabeld als "**vochtige periode**" en "**droge periode**". Het is echter niet zo dat een hoger vochtgehalte altijd tot een hogere kwetsbaarheid leidt. Droge zandbodems bijvoorbeeld worden makkelijker verstoord als ze kurkdroog ofwel waterverzadigd zijn. Voor bodems met een hoger leem- en kleigehalte geldt wel dat drogere omstandigheden gunstiger zijn.

We definiëren droog en vochtig als volgt:

- "*droog*" : bodem op het verwelkingspunt of droger ( $pF \geq 4,2$ )
- "*vochtig*": bodem tussen het verwelkingspunt en veldcapaciteit<sup>2</sup> ( $2,5 \leq pF \leq 4,2$ );

Natte bodems zijn dan bodems met een vochtgehalte tussen veldcapaciteit en verzadiging ( $pF \leq 2,5$ ), bijvoorbeeld dadelijk na een zeer hevige regenbui. Deze worden niet beschouwd in de kwetsbaarheidsclassificatie omdat exploitatie op natte bodems altijd vermeden moet worden.

## 2.3 Bodemverdichting in functie van textuur

Om de Vlaamse bosbodems correct te classificeren naar kwetsbaarheid zijn in principe een aanzienlijke hoeveelheid experimenten nodig. Aangezien dit niet haalbaar was binnen het kader van dit project, werd uitgegaan van *best professional judgement*. Tabel 3 geeft de scores voor kwetsbaarheid voor bodemverdichting, in vochtige en droge toestand, voor verschillende textuurklassen uit de Belgische Bodemclassificatie (zie literatuurstudie). Tabel 3 is gebaseerd op terreinervaring van prof. Langohr en is grotendeels in overeenstemming met de resultaten van Smith *et al.* (1997a&b). Hogere kwetsbaarheidsscores duiden op een grotere kwetsbaarheid.

Tabel 3: Kwetsbaarheidsscores voor verdichting van droge en vochtige bodem in functie van textuur (Langohr & Ampe 2004).

Droge periode	Vochtige periode	Kwetsbaarheids-score
B	A, L, G, M, B	5
A, L, G, M	P, N	4
P, N	E, S, U	3
E, S, U	Z, X	2
Z, X, V	V	1
Onbekend (bv. antropogeen verstoord)		0

Bronnen (B) kregen de hoogst mogelijke kwetsbaarheidsscore toebedeeld. Stenige bodems (G) werden geklasseerd bij de leembodems voor hun kwetsbaarheid omdat het stenige leembodems in de Voerstreek zijn. Mergelgronden kunnen een zeer variabele textuur hebben (leem tot zware klei) en worden daarom gelijkgesteld met de zeer kwetsbare leembodems. Krijtcomplexen zijn meestal beter gedraineerd dan mergelgronden en krijgen daarom een

<sup>2</sup> veldcapaciteit = vochtgehalte na 24 uur drainage na langdurige regen

kwetsbaarheidsscore toegewezen die één eenheid lager ligt. Duingronden (X) werden gelijkgesteld met zandbodems, gezien het hier hoofdzakelijk om duinen met zandige textuur gaat. Textuurcomplexen werden bij de meest kwetsbare textuurklasse ingedeeld.

De klasse onbekend omvat bodems die op de bodemkaart geen informatie over textuur geven (vb. antropogeen verstoorde bodems, kreekgronden,...).

## 2.4 Instulping in functie van draineringsklasse, vochtigheidsgraad en textuur

De kwetsbaarheidsclassificatie voor bodeminstulping is volledig gebaseerd op *best professional judgement* van prof. Langohr. Hierbij werd uitgegaan van de drainageklasse en er werd een onderscheid gemaakt op verschillende niveaus (Tabel 4):

- lemige en kleiïge texturen tegenover zandige bodems
- droge tegenover vochtige bodemomstandigheden.

Tabel 4: Kwetsbaarheidsscores voor instulping van droge en vochtige bodem in functie van textuur en draineringsklasse volgens de Belgische Bodemclassificatie (Langohr & Ampe 2004).

Textuur A, L, P, E, U, G		Textuur S, Z		Kwetsbaarheids- score
Droge periode	Vochtige periode	Droge periode	Vochtige periode	
g,	e, f, g,	a, b, c, f, g,	e, f, g,	5
G	F, G	B, D, F, A, G	F, G	
e, f,	h, i,	d, e	i,	4
F	I		I	
i,	d,	h, i,	h	3
I	D, A	I		
h	b, c,	-	d,	2
	B		D, A	
b, c, d,	-	-	a, b, c,	1
B, D, A			B	
onbekend (vb. textuurcomplexen, antropogeen verstoord)				0
<b>Extra:</b>				
veen (V), bronnen (B) en mergel (M) hebben onder alle omstandigheden kwetsbaarheidsscore 5.				
Krijtcomplexen (N) is 1 droog, 2 vochtig. Duingronden (X) is 5 droog, 1 vochtig.				

De kleine letters in Tabel 4 zijn de drainagesymbolen (2<sup>de</sup> letter van het bodemseriesymbool volgens de Belgische Bodemclassificatie). Ter herinnering wordt in Tabel 5 de betekenis van de draineringssymbolen samengevat.

Tabel 5: Betekenis van de drainagesymbolen van de Belgische Bodemclassificatie

Drainagesymbool	Texturen Z, S, P	Texturen L, A, E, U	Omschrijving
a	geen gley	komt niet voor	Zeer sterke drainering
b	gley > 90 cm	geen gley	Goede drainering
c	gley 60-90 cm	gley 80-120 cm of onderaan Bt	Matige drainering
d	gley 40-60 cm	gley 50-80 cm of bovenaan Bt	Matig slechte drainering
e	gley 20-40 cm, reductie 80-120 cm	gley 30-50 cm, reductie 80-120 cm	Permanente grondwatertafel
f	gley < 20 cm, reductie 40-80 cm	gley < 30 cm, reductie 40-80 cm	Permanente grondwatertafel
g	reductie tot bovengrond	reductie tot bovengrond	Permanent nat
h	gley 20-40 cm	gley 30-50 cm	Tijdelijke grondwatertafel
i	gley < 20 cm	gley < 30 cm	Tijdelijke grondwatertafel

De hoofdletters in Tabel 4 stellen draineringscomplexen voor, met andere woorden het voorkomen van verschillende draineringsklassen op korte afstand:

$$B = a + b$$

$$D = c + d$$

$$F = e + f$$

$$I = h + i$$

$$A = a + b + c + d$$

$$G = e + f + g + h + i$$

De complexen worden zodanig geklasseerd, dat ze:

1. zoveel mogelijk overeen komen met de kwetsbaarheid van enkelvoudige drainageklassen
2. in geval van overlapping overeenkomen met de meest beperkende drainageklasse.

Onderaan Tabel 4 zijn nog enkele bodemtypes en hun kwetsbaarheidsscores voor instulping toegevoegd. Het betreft hier de types waarvoor geen draineringsklasse gedefinieerd is, maar waarvan het bodemtype wel een goede indicatie geeft over de normale vochttoestand. Veen (V) en bronnen (B) zijn permanent nat en zijn zeer kwetsbaar onder alle omstandigheden (score 5). Mergelgronden (M) zijn zeer kwetsbaar voor instulping omwille van hun groot vochtophoudend vermogen; bij het verwelkingspunt bevatten deze bodems nog 200-300 liter water per cubieke meter. Daarom krijgt ook mergel onder alle omstandigheden kwetsbaarheidsscore 5 voor instulping. Krijtcomplexen daarentegen zijn kalkhoudende bodems met variabele textuur, maar deze zijn meestal veel beter gedraineerd. De kwetsbaarheidsscores worden daarom gelijk gesteld met goed gedraineerde leembodems: 1 voor droge omstandigheden en 2 als de bodem vochtig is. Duingronden (X) worden gelijkgesteld met droge zandgronden (Zag bv.) wat betreft hun kwetsbaarheid voor instulping: score 5 droog, score 1 vochtig.

## 2.5 Herstelpotentieel i.f.v. profielontwikkeling, boshistoriek en boomsoort

---

### Herstelpotentieel i.f.v. profielontwikkeling

De mogelijkheden tot herstel na verdichting zijn hier voornamelijk beschreven in functie van het profielontwikkelingssymbool (laatste letter) in de Belgische Bodemclassificatie. Als er andere elementen een belangrijke rol spelen worden die bijgevoegd. De humusvorming geeft bijvoorbeeld een indicatie van het niveau van activiteit van de bodemfauna, en daarmee ook van het herstelpotentieel, maar hierover bestaat geen gebiedsdekkende informatie zoals dat voor de bodemclassificatie in België wel het geval is.

De strooiselafbraak is ook afhankelijk van de boomsoort en de menging, factoren waarvoor wel gebiedsdekkende informatie bestaat (Bosreferentielaag). Boshistoriek tenslotte kan aangeven of huidige bossen een recent landbouwverleden gehad hebben, wat gepaard gaat met bodembewerking, bemesting en een hoger niveau van biologische bodemactiviteit. Deze factoren zullen gebruikt worden voor een verfijning van de herstelscores.

Voor de snelheid van het verwachte natuurlijke herstel van een bodem wordt eveneens een 5-delige schaal voorgesteld (Tabel 6). Hierbij wordt uitgegaan van het potentieel optreden van de voornaamste herstelprocessen, zijnde het drogen en bevochtigen van zwellende kleien en de activiteit van woelende en gravende bodemorganismen (Langohr & Ampe 2004). Een selectie van bodemtypen met verschillend herstelpotentieel wordt hierna besproken.

Tabel 6: Kwetsbaarheidsscores voor herstellend potentieel van de bodem in functie van de profielontwikkeling (Langohr & Ampe 2004)

Betekenis	Bodemserie	Omschrijving	Kwetsbaarheids-score
Uiterst traag: meer dan een eeuw	**c, V, B	bodems met gedegradeerde Bt-horizont, zeer weinig bioturbatie, veen, bronnen	5
Traag: vele decennia	Z*g, S*g, A*a, L*a, P*a, X	podzolen, lemige bodems met Bt-horizont, duingronden	4
Matig traag: enkele decennia	P*p, L*p, A*p	lemige bodems zonder profielontwikkeling	3
Matig snel: enkele jaren	U*p behalve Ugp, E*p behalve Egp, M, G	niet-permanent natte kleibodems, mergelbodems, stenige gronden	2
Snel: minder dan een jaar	A*B, L*B, Z*m, S*m, N	ondiep kalkrijk materiaal en pluggenbodems, krijtcomplexen	1
Onbekend	andere bodemseries		0

Enkel op basis van het profielontwikkelingssymbool en enkele bijkomende bodemtypes, konden 102382 ha bos een herstelscore toebedeeld krijgen. Om te vermijden dat een kleine 50000 ha in de klasse 'onbekend' terecht zou komen, werd bijkomende informatie uit de bosreferentia laag en de bosleeftijds laag gebruikt. Deze verfijning wordt hierna uitgewerkt.

#### Verfijning: herstellend potentieel i.f.v. bosgeschiedenis en boomsoort

##### *a) Informatie m.b.t. bodemherstel uit de bosreferentia laag*

De bosreferentia laag is een digitale kaartlaag die informatie bevat over de boomsoort en de menging (BMS), en wordt gebruikt als bijkomende informatiebron om het waarschijnlijke herstellend potentieel van een bodem te begroten. De achterliggende gedachte bij deze aanpak is dat sommige boomsoorten gemakkelijk afbreekbaar strooisel vormen, en zo een hoge biologische bodemactiviteit onderhouden, en aldus bodemherstel begunstigen.

In Tabel 7 worden 4 boomsoortenklassen samengevat waarvan kan aangenomen worden dat ze een verschillend niveau van strooiselafbraak hebben: populier en mengingen; homogeen eik, beuk of naaldhout; gemengd naaldhout en loofhout; onbekend. Aan elk van de 4 klassen werd de meest waarschijnlijke kwetsbaarheidsscore voor herstel toegekend, om zo het verband met de reeds bestaande scores o.b.v. profielontwikkeling na te gaan. Voor deze 4 klassen werd eveneens het oppervlaktaandeel binnen de Vlaamse bossen berekend.

Tabel 7: Voorgestelde herstelscores voor boomsoortenklassen uit de bosreferentielaag.

Code BMS	Omschrijving	Wsch. score herstel	Relatief aandeel
13	loofhout – populier	2,5	36.10%
23	gemengd loofhout – populier	2,5	
14	loofhout – andere of mengingen	2,5	
11	loofhout – beuk	4	16.24%
12	loofhout – eik of Amerikaanse eik	4	
21	gemengd loofhout – beuk	4	
22	gemengd loofhout – eik of Am. eik	4	
4*	naaldhout	4	38.88%
24	gemengd loofhout – andere of menging	3,5	
3*	gemengd naaldhout	3,5	
0	te herbebossen	0	8.77%
50	niet beboste oppervlakte binnen bos	0	
60	heide	0	
70	vijvers	0	

Tabel 8 geeft het verband weer tussen de waarschijnlijke herstelscores o.b.v. de bosreferentielaag t.o.v. de scores voor bodemherstel die uitgaan van de profielontwikkeling van de bodem. Hieruit blijkt dat 22,39% van de gemengde bossen (LH en NH) op traag herstellende bodems voorkomen (podzol, textuur-B, duingrond). Een 8,12% populier en allerlei loofhout groeit op matig traag herstellende lemige bodems zonder profielontwikkeling (P/L/A\*p); als voor een aanzienlijk aandeel van deze bossen zou blijken dat ze ook nog een recent landbouwverleden hebben, zou voor deze bossen de kwetsbaarheidsscore voor herstel best dalen van 3 naar 2. In de kolom van de klasse 'onbekend' voor herstelscore o.b.v. bodemprofiel is er een aanzienlijke spreiding van de boomsoortenklasse. Aanvullende informatie voor het begroten van het herstelpotentieel is nodig.

Tabel 8: Kruistabel die het verband weergeeft tussen de herstelscores op basis van de boomsoortensamenstelling en die van de profielontwikkeling.

		Herstelscore o.b.v. bodemprofiel					
		0	1	2	3	4	5
Herstelscore o.b.v. BMS	0	3.43%	0.21%	0.65%	1.25%	2.33%	0.91%
	2.5	11.43%	1.11%	3.75%	8.12%	6.31%	5.38%
	3.5	11.88%	2.59%	0.17%	0.41%	22.39%	1.44%
	4	5.05%	0.78%	0.24%	0.95%	5.90%	3.32%

b) Informatie m.b.t. bodemherstel uit de bosleeftijdlaag

Bij deze aanpak wordt het herstelpotentieel van een bodem ingeschat op basis van de tijd dat het geleden is dat het bos al dan niet onder landbouw gelegen heeft. Hiervoor wordt de bosconstantekaart<sup>3</sup> gebruikt (De Keersmaeker *et al.* 2001). De idee hierachter is dat bewerkte en bemeste ex-landbouwgronden hogere stikstof- en fosforgehalten hebben dan oude bossen, hierdoor een rijkere bodemfauna kunnen ondersteunen en daardoor sneller kunnen herstellen. Recent bebost weiland bijvoorbeeld bevat een aanzienlijk grotere regenwormpopulatie dan veel oude bossen.

In Tabel 9 worden de gegevens van 4 verschillende bosleeftijdsklassen samengevat. Dit zijn oude bossen (minstens 150 jaar bos), bossen die ten tijde van Vandermaelen ontbost waren,

<sup>3</sup> In dit verslag wordt hiervoor eveneens de naam "bosleeftijdkaart" of "Boshistoriek" gebruikt.

recente bebossingen en de klasse onbekend. In de tabel wordt eveneens het relatieve aandeel binnen de Vlaamse bossen weergegeven.

Tabel 9: Voorgestelde herstelscores voor boomsoortenklassen uit de bosleeftijdslaag.

Historiekcode	Omschrijving	Wsch. score herstel	Relatief aandeel
1111	Ferrarisbos	4	
1110, 1112	ontbost of geen info t.t.v. Ferraris	4	21.35%
1101, 1100, 1102	ontbost t.t.v. Vandermaelen	3,5	32.95%
1011, 1010, 1012, 1001, 1000, 1002	ontbost op 3de reeks topokaarten	2	42.31%
-	onbekend	0	3.39%

Tabel 10 geeft het verband weer tussen de waarschijnlijke herstelscores o.b.v. de bosleeftijdslaag t.o.v. de scores voor bodemherstel die uitgaan van de profielontwikkeling van de bodem. Hieruit blijkt dat een aanzienlijke oppervlakte recent bos toch op traag herstellende bodems voorkomt (6,76% + 12,75% + 4,16%); een groot deel hiervan zijn waarschijnlijk heidebebossingen. In de rechterbenedenhoek van de tabel is er een duidelijk verband te zien tussen oude bossen en bodems met een profielontwikkeling die een laag herstellend potentieel laten vermoeden.

Tabel 10: Kruistabel die het verband weergeeft tussen de herstelscores op basis van de boshistoriek en die van de profielontwikkeling.

		Bodem					
		0	1	2	3	4	5
Boshistoriek	0	1.53%	0.17%	0.10%	0.23%	1.12%	0.24%
	2	13.31%	2.44%	2.88%	6.76%	12.75%	4.16%
	3.5	9.96%	1.63%	1.09%	2.02%	15.98%	2.27%
	4	7.00%	0.45%	0.74%	1.72%	7.08%	4.37%

c) Verband boshistoriek - boomsoortensamenstelling

Tabel 11 vat het verband tussen de waarschijnlijke herstelscores op basis van de twee kaartlagen samen. In de kruistabel is een duidelijke diagonaal te herkennen: oude bossen zijn vaak homogeen (o.a. eik en beuk), middeloude zijn vaak gemengd en jonge bossen bevatte overwegend populier of ander loofhout. Dit is een aannemelijk gegeven voor het Vlaamse boslandschap.

Tabel 11: Kruistabel die het verband weergeeft tussen de herstelscores op basis van de boshistoriek en die van de boomsoortensamenstelling.

		Bosreferentielaag			
		0	2.5	3.5	4
Boshistoriek	0	2.13%	0.41%	0.63%	0.23%
	2	5.05%	21.32%	12.06%	3.88%
	3.5	1.15%	8.39%	18.42%	4.98%
	4	0.45%	5.98%	7.77%	7.15%

d) Besluit over bosreferentielaag en bosleeftijdslaag

De kruistabellen tonen aan dat het herstellend potentieel zoals het op basis van de profielontwikkeling en expertenkennis werd ingeschat, een goede eerste benadering is. Voor de klasse 'onbekend' kan echter enkel op basis van de beide gegevensbronnen apart geen

betrouwbare inschatting van het herstelpotentieel van de bodem gemaakt worden. Daarom zullen gegevens over historiek en boomsoort gecombineerd worden om een herstelscore te begroten voor bossen waarvoor geen informatie beschikbaar is over profielkenmerken. Voor één uitzonderlijk geval (recente bebossing van populier of ander loofhout op bodems zonder profielontwikkeling) zal de bodemherstelscore met één eenheid verlaagd worden.

### Herstelpotentieel: verfijnde scores

Het uitgangspunt van de kwetsbaarheidsscores voor bodemherstel blijft de set scores per profielklasse. Aanvullend gebeurt het verfijnen van de herstelscores concreet volgens dit algoritme:

3. ALS bodemrestauratie = 0 EN Historiekrestauratie = 2 EN Bosreferentierestauratie = 2,5 DAN **herstelscore 2** (6,63 %)
4. ALS bodemrestauratie = 0 EN Historiekrestauratie = 4 EN Bosreferentierestauratie  $\geq$  3,5 DAN **herstelscore 5** (2,01 %)
5. herstelscore bodem 3 opsplitsen:
  - ALS Bosreferentierestauratie = 3 EN Historiekrestauratie = 2 EN Bosreferentierestauratie = 2,5 DAN herstelscore één eenheid lager: ex-landbouwgrond bebost met boomsoorten met goed afbreekbaar strooisel, herstelscore 2 (5,46 %)
  - ANDERS score 3 behouden
  - OPGELET: deze 'aanpassing' geldt enkel voor bodems zonder profielontwikkeling. De bestaande herstelscores 4 en 5 kunnen niet verminderd worden omdat jonge loofhoutbossen in die gevallen op zeer kwetsbare bodems staan (veen, Aba, Z\*g,...)
6. **overblijvende klassen** bodem onbekend EN historiek wel bekend EN bosreferentie wel bekend:
  - ALS Historiekrestauratie = 2 EN Bosreferentierestauratie = 3,5 DAN matig traag herstel (**herstelscore 3**): (3,48 %)
  - ALS (andere combinaties die geen snel bodemherstel laten vermoeden) DAN uit voorzorg traag herstel (**herstelscore 4**) (1,33 % + 2,74 % + 5,28 % + 1.62 % + 1.90 % + 2,93 % = 15,80%)

Als resultaat geeft dit de volgende balans:

- voor **3,87 %** van het bosareaal blijft de herstelscore onbekend
- met het bovenstaande voorstel krijgt **27,92 %** van het bosareaal een herstelscore toegewezen op basis van de combinatie van de boshistorieklaag en de bosreferentielaag.
- met de extra gegevens werd de herstelscore van **5,46 %** van de bossen met één eenheid verlaagd, omdat dit vermoedelijk ex-landbouwgronden met een hoge biologische bodemactiviteit zijn.

### Bespreking van enkele kwetsbaarheidsklassen voor bodemherstel

#### e) Uiterst traag herstel (Score 5)

\*\*c: bodems met sterk verbrokkelde textuur B horizont

Bodemverdichting door exploitatie is 50 jaar later nog duidelijk aanwezig. Vanwalleghem (2004) vond zelfs *traffic pans* in Meerdaalwoud die dateren uit de Romeinse periode.

- Bioturbatie is zo goed als afwezig. Dicht bij het bodemoppervlak zit een fragipan, een horizont ontstaan door periglaciale processen op het einde van de IJstijd. Hierdoor worden dergelijke bodems best omschreven als een gesloten doossysteem. De BAH is hier bijzonder dun (20 à 30 cm).



- Na langdurige regen ontstaat een tijdelijke stuwwatertafel op de fragipan waardoor dan meer risico van instulping bestaat.
- De oppervlakkige horizonten behoren tot de zuurste van België met pH-H<sub>2</sub>O onder 4,0. Ook de C/N verhouding is meestal zeer ongunstig (> 20), vooral onder beuk en naaldbos.

V: Veen is permanent nat en is in Vlaanderen te situeren in depressies (laagveen). Verstoring van de veenlaag heeft mineralisatie en oxidatie tot gevolg, een onomkeerbaar proces.

B: Schade aan bronzones kan als onomkeerbaar beschouwd worden, vandaar de hoogst mogelijke kwetsbaarheidsscore.

f) Traag herstel (Score 4)

Z/S\*g: bodems met duidelijk ontwikkelde humus- of/en ijzer-B-horizont. Dit zijn humus-ijzerpodzolen of heidepodzolen (komen ook onder bos voor).

- Wortels zijn hoofdzakelijk beperkt tot de A horizonten (Abi). De beworteling van de bleke E uitlogingshorizont is meestal zeer beperkt. Bij sterke mierenactiviteit kan de worteldichtheid echter beter zijn. De horizont heeft dan ook een iets meer donkergrijze kleur door de humusaanrijking. De Bh en Bs horizonten zijn meestal licht verkit en bevatten weinig of geen wortels.

A/L/P\*a: bij het gebruik van de gedigitaliseerde Bodemkaart van België stuit men hier op een belangrijk probleem. Op de originele kaarten werden drie fasen onderscheiden in de grad van textuur B horizont ontwikkeling:

A/L/P\*a: met textuur-B-horizont

A/L/P\*a(b): met matig verbrokkelde textuur-B-horizont

A/L/P\*c: met verbrokkelde-Bt-horizont

De eerste bodem kan matig snel herstellen onder begraasde weide dankzij een belangrijke regenwormpopulatie (en bijhorende mollen). Onder akker en zeker bos zal dit herstel slechts matig traag zijn. Een bodem met c-profielontwikkeling herstelt uiterst traag zoals hierboven gesteld. De A\*a(b) bodem is een tussenfase die in een latere periode in de karteringslegende is bijgevoegd. Dit kwam grotendeels overeen met de bodems die kort na 1830 zijn ontbost en onder akker of weide zijn gekomen. Plaatselijk zijn deze bodems eveneens onder bos gekarteerd. Bij de digitalisatie van de bodemkaart is de A\*a(b) bodems echter bij de A\*a bodem gevoegd. Dit waardevolle onderscheid is dus verloren gegaan. Het is dan ook aanbevolen om toch de analoge kaarten te consulteren voor een A\*a bodem onder bos.

X: Duingronden

Een probleem met duingronden is dat er bij het opstellen van de bodemkaart geen onderscheid werd gemaakt tussen landduinen en kustduinen. Kustduinen die nog niet volledig ontkalkt zijn, kunnen zich relatief snel herstellen; landduinen daarentegen herstellen zich traag tot uiterst traag (eolisch aangevoerd, goed gesorteerd zand, geen kalk). Hier wordt een fout gemaakt omdat kustduinen zich vermoedelijk sneller herstellen, maar gezien het overwicht aan landduinen binnen de klasse X, is deze (voorzichtige) fout aanvaardbaar.

g) Matig traag herstel (Score 3)

P/L/A\*p: bodems zonder specifieke profielontwikkeling zijn relatief jong en ontstaan in colluvium of alluvium.

- Er is een aanzienlijke biologische activiteit. Door de werking van gravende dieren kan verdichting zich na enkele tientallen jaren herstellen.
- Uitzondering: voor bossen zonder specifieke profielontwikkeling die bovendien bezet zijn met boomsoorten met snel afbreekbaar bladstrooisel (populier bv.) én die nog maar recent bebost zijn, kan het bodemherstel sneller verlopen. Enkel deze bossen

(5,46% van het bosareaal) krijgen een herstelscore van één eenheid lager toebedeeld, dus matig snel herstel.

*h) Matig snel herstel (Score 2)*

U\*p behalve Ugp, E\*p behalve Egp: kleibodems die niet permanent nat zijn en geen specifieke profielontwikkeling hebben.

- Hierin kan bodemverdichting herstellen door de gecombineerde werking van zwellende kleien en de activiteit van gravende en woelende bodemorganismen.

G: Stenige gronden

De G-bodems in de Voerstreek zijn kalkhoudend en bezitten daardoor een aanzienlijk herstelpotentieel.

M: Mergelbodems

Mergelgronden zijn kalk- en kleihoudend en kunnen zicht daardoor behoorlijk snel herstellen.

Extra: P/L/A\*p, recent bebost met populier of ander loofhout ander dan homogeen eik of beuk.

*i) Snel herstel (Score 1)*

A/L\*B: Deze bodems bevatten dikwijls kalkrijk materiaal binnen boorbereik.

- Dit laat een aanzienlijke biologische activiteit toe.

Z/S\*m: De plaggenbodems die zich nu onder bos bevinden, herstellen zich zeer snel.

N: Krijtcomplexen zijn kalkhoudende bodems en bezitten meestal een hoge biologische bodemactiviteit, waardoor ze snel kunnen herstellen.

## 2.6 Hellingsgraad

---

De helling van een terrein is een belangrijke factor bij het uitvoeren van exploitaties. Steile hellingen stellen moeilijkheden voor de keuze van velrichting en ruimsingsrichting en voor de stabiliteit van exploitatievoertuigen. Door ongelijke gewichtsverdeling moet de bodem onder voertuigen zwaardere krachten verwerken, met doorgaans grotere bodemschade tot gevolg.

Buitenlandse standplaatsclassificaties nemen doorgaans een hellingsgraad van 30 % als grenswaarde (Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 2003). Steilere hellingen vragen dan om aangepaste exploitatietechnieken. Het degradatieproces waarop de hellingsgraad het meest invloed heeft, is bodemerosie. Gevoeligheid voor erosie neemt niet lineair toe met de hellingsgraad, maar exponentieel. De lengte van de helling heeft ook invloed, maar deze kan op het niveau van een polygoon niet beschouwd worden en doet weinig ter zake in het Vlaamse systeem van kleinschalige bosbouw.

De kwetsbaarheidsclassificatie voor hellingsgraad wordt voornamelijk uit de praktijk afgeleid. Met het risico van erosie in het achterhoofd, wordt een niet-lineaire relatie met hellingsgraad aangenomen. Tabel 12 geeft de kwetsbaarheidsscores voor hellingsgraad weer.

Tabel 12: Kwetsbaarheidsscores voor hellingsgraad

Hellingsgraad	Kwetsbaarheidsscore
> 30 %	5
20 - 30 %	4
10 - 20 %	3
5 - 10 %	2
0 - 5 %	1
onbekend	0

## 2.7 Biotische kwetsbaarheid: boshistoriek

Voor de biotische kwetsbaarheid "boshistoriek" werd uitgegaan van beschikbare digitale kaartlagen. Tabel 13 vat de kwetsbaarheidsscores voor boshistoriek samen. Historiekcode geeft de sequentie van bebossing op historische kaarten weer in de volgorde *boskartering* (2001) – *3<sup>de</sup> reeks topokaarten* (1930) – *Vandermaelen* (1850) – *Ferraris* (1775). Als de historiekcode op 2 eindigt, wil dit zeggen dat deze bossen niet voorkwamen op de Ferrariskaart. De omgeving van Westouter en Lommel hoorde in 1775 niet bij de Zuidelijke Nederlanden. Deze bossen hebben een score gekregen op basis van hun voorkomen op de andere kaarten, alsof ze ten tijde van de Ferraris ontbost waren.

De scores zijn hoger naargelang huidig bos langer op historische kaarten als 'bos' gekarteerd werd. Huidig bos komt voor op de boskartering van 2001. De kwetsbaarheidsscores zijn toegekend op basis van kennis uit het project 'Ecosysteemvisie bos' (De Keersmaeker *et al.* 2001). Hierbij wordt aangenomen dat op een standplaats die langer bebost is, meer typische bosgebonden organismen voorkomen, waardoor ook de kwetsbaarheid voor verstoring bij exploitatie toeneemt. Een hoge score voor boshistoriek betekent dus dat er een grote kans bestaat op het voorkomen van organismen die aan een onafgebroken aanwezigheid van bos gebonden zijn (planten, dieren, zwammen, micro-organismen).

Tabel 13: Kwetsbaarheidsscores voor boshistoriek op basis van historische kaarten

Historiekcode	Omschrijving	Kwetsbaarheidsscore
1111	permanent bebost sinds 1775	5
1110	permanent bebost sinds 1850	
1112		4
1101	bos dat tussen 1775 en 1850 ontbost is geweest	
1100	bebost sinds ongeveer 1930	3
1102		
1011	recent bos dat in 1850 en 1775 nog bebost was	2
1010	recent bos op plaats die 150 of 230 jaar geleden nog bos was	
1012		
1001		1
1000	recent bos	
1002		
Onbekend		0

## 2.8 Biotische kwetsbaarheid: biologische waardering

Voor de biologische waardering werd eveneens uitgegaan van gebiedsdekkende informatie die onder vorm van digitale kaarten beschikbaar is. Tabel 14 geeft een samenvatting van de scores voor biologische waardering. De Biologische Waarderingskaart omvat al een waardeoordeel en neemt zeldzaamheid in acht (De Blust *et al.* 1985). De kwetsbaarheidsclassificatie is hier gebaseerd op de waarschijnlijkheid dat biologisch waardevollere klassen meer zeldzame en kwetsbare ecosystemen omvatten, en bijgevolg een hogere kwetsbaarheid bij exploitatie hebben.

Tabel 14: Kwetsbaarheidsscores voor biologische waarde op basis van de Biologische Waarderingskaart

<b>Biologische waardering</b>	<b>Omschrijving</b>	<b>Kwetsbaarheidsscore</b>
z	Biologisch zeer waardevol	5
wz	Complex waardevolle en zeer waardevolle elementen	4
w	Biologisch waardevol	3
mw, mwz, mz	Complexen: minder waardevolle, waardevolle en zeer waardevolle elementen (combinaties)	2
m	Biologisch minder waardevol	1
Onbekend, x	Onbekend	0

Een gekend probleem bij het gebruik van de BWK voor bos is de opbouw van de kaart op basis van complexen. Hierdoor weet men nooit zeker waar een bepaalde waardevolle vegetatie zich bevindt. Bovendien is de kaart zodanig opgesteld dat ze weinig onderscheidend is tussen bostypen onderling; een loofbos is al gauw als biologisch waardevol of zeer waardevol gekarteerd.

De kwetsbaarheidsklassen die afgeleid zijn uit de BWK geven dus een zeer algemene indicatie van de waarde van de vegetatie. Informatie over de actuele vegetatie op perceelsniveau kan maar met zekerheid bekomen worden op basis van terreinkennis en/of vegetatieopnamen.

### 3 REFERENTIES

---

- Chamen, T., Alakukku, L., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G., Tijink, F. & Weisskopf, P. 2003. Prevention strategies for field-induced subsoil compaction: a review Part 2: Equipment and field practices. *Soil & Tillage Research* 73, 161-174.
- De Blust, G., Froment, A., Kuyken, E., Nef, L. & Verheyen, R. 1985. Biologische waarderingskaart van België. Algemene verklarende tekst. Ministerie van volksgezondheid en van het gezin, Brussel, 98 p.
- De Keersmaeker, L., Rogiers, N., Lauriks, R. & De Vos, B. 2001. Ecosysteemvisie bos Vlaanderen, ruimtelijke uitwerking van de natuurlijke bostypes op basis van bodemgroeperingseenheden en historische boskaarten. IBW. Eindverslag van project VLINA C97/06. 109 p.
- Jones, R.J.A., Spoor, G. & Thomasson, A.J. 2003. Vulnerability of subsoils in Europe to compaction: a preliminary analysis. *Soil & Tillage Research* 73, 131-143.
- Landesforstverwaltung Baden-Württemberg 2003. Richtlinien zur Feinerschliessung. Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum. 27 p.
- Langohr, R. & Ampe, C. 2004. Nota over bodems en "kwetsbaarheid" . Labo voor bodemkunde, UGent. 19 p.
- Smith, C.W., Johnston, M.A. & Lorentz, S. 1997a. Assessing the compaction susceptibility of South African forestry soils. I. The effect of soil type, water content and applied pressure on uni-axial compaction. *Soil & Tillage Research* 41, 53-73.
- Smith, C.W., Johnston, M.A. & Lorentz, S. 1997b. Assessing the compaction susceptibility of south African forestry soils. II. Soil properties affecting compactibility and compressibility. *Soil & Tillage Research* 43, 335-354.
- Vanwalleghem, T. 2004. Environmental change and geomorphic response in old forests of the loess belt. The Meerdaal Forest case-study. PhD, KUL, Leuven, 302 p.



## **DEEL II. KWETSBAARHEIDSKAART BOSEXPLOITATIE**

---





# 1 INLEIDING

---

Deze digitale kaart geeft op niveau Vlaanderen de algemene kwetsbaarheid van een bos voor exploitatie weer. De kaart is bedoeld ter ondersteuning van de planning en de uitvoering van duurzaam bosbeheer. Het doelpubliek bestaat uit houtvesters en boswachters, andere bosbeheerders, opstellers van uitgebreide bosbeheerplannen, bosgroepcoördinatoren en beleidsmakers. De kwetsbaarheidskaart is opgemaakt voor het volledige Vlaamse bosareaal: ca 150.000 hectare.

## 1.1 Deellagen van de kwetsbaarheidskaart bosexploitatie

---

De kwetsbaarheidskaart bestaat uit 8 verschillende deellagen die elk op zich belangrijke informatie bevatten. Abiotische componenten (bodem, helling) en biotische componenten (BWK, boshistoriek) werden afzonderlijk beschouwd. Hiertoe werden bestaande digitale gegevensbronnen aangeboord: de bosreferentielaag van het Vlaamse Gewest, de bodemkaart van België, het recente Digitale Hoogtemodel, de Biologische Waarderingskaart en de gedigitaliseerde kaartlagen van boshistoriek in Vlaanderen (Ferraris, Vandermaelen, 3<sup>de</sup> reeks topokaarten, boskartering).

Op basis van expertenkennis en literatuurgegevens werden volgende 8 deellagen van de kwetsbaarheidskaart opgesteld en voorzien van een 5-delige kwetsbaarheidsclassificatie (5 klassen + onbekend):

- Abiotisch:
  - deellaag compactie droge periode
  - deellaag compactie vochtige periode
  - deellaag instulping droge periode
  - deellaag instulping vochtige periode
  - deellaag herstel
  - deellaag helling
- Biotisch:
  - deellaag biologische waardering
  - deellaag boshistoriek

## 1.2 Doel, gebruik en beperkingen van de kwetsbaarheidskaart: signaalfunctie

---

De kwetsbaarheidskaart bosexploitatie heeft een duidelijke signaalfunctie voor de beheerplanning en kan als referentiemateriaal gebruikt worden bij de uitvoering van beheeringrepen. Relevante gegevens werden in een handig formaat gebundeld en geklasseerd en geven hierdoor op een objectieve manier aan waar potentieel gevoelige terreinen liggen.

De kwetsbaarheidskaart vervangt zeker niet de terreinkennis van de beheerder. Waardevolle aandachtspunten binnen een perceel (dassenburcht, bijzondere boom) kan men niet terugvinden op de kaart; wel objectieve kwetsbaarheidsclassificaties van de bodem (onzichtbaar!) en de helling die ondersteuning bieden bij de coördinatie van de inzet van exploitatiemachines en gecondenseerde informatie over boshistoriek en biologische waardering als algemene achtergrond bij het bosgebied.

De kwetsbaarheidskaart voor exploitatie in Vlaamse bossen heeft ook duidelijke beperkingen. Door het gebruik van bestaande gegevensbronnen, die niet voor deze specifieke toepassingen voorzien zijn, ontstonden onnauwkeurigheden. De bodemkaart is een interpolatie van veldwaarnemingen, de hellingkaart is een eigen omzetting van een digitaal terreinmodel met meetpunten om de 5 meter, de biologische waarderingskaart werkt met complexen die meerdere percelen beslaan en de boshistorieklaag heeft een zekere onnauwkeurigheid door

verschillende systemen van georeferentie van historische kaarten. Samenvoegen van een dergelijke verscheiden gegevensbasis gaat onvermijdelijk samen met onnauwkeurigheden en verlies van detail.

De kwetsbaarheidskaart is zondermeer bruikbaar op niveau Vlaanderen. Afgedrukt op schaal 1:250.000 geeft ze een ruw overzicht van de ligging van kwetsbare bosgebieden in Vlaanderen. Dankzij de digitale structuur kunnen met GIS-apparatuur gemakkelijk verdelingen van de verschillende kwetsbaarheidsklassen berekend worden. Op perceelsniveau bestaat er een reëel gevaar voor schijnnaauwkeurigheid, omdat de kaart niet voor dit detailniveau ontworpen is. Terreincontroles wezen evenwel uit dat de informatie bevat in de kaart in grote lijnen overeenstemt met de terreinsituatie. Een meer gedetailleerde verificatie van de kwetsbaarheidskaart en in een later stadium een evaluatie van het gebruik is aangewezen.

De kaart geeft hierbij een eerste indicatie van kwetsbare en minder kwetsbare zones in bossen, en gebruikt hiervoor voor heel Vlaanderen dezelfde objectiveerbare bronnen. Het spreekt voor zich dat de resulterende kaart slechts zo nauwkeurig en gedetailleerd is als de gebruikte basiskaarten (die vaak grootschalig gebruik voorschrijven).

De kaart is daarom vooral indicatief van aard, in het bijzonder voor aspecten die op terrein niet altijd eenvoudig in te schatten zijn. De uiteindelijke beoordeling/beslissing over op te leggen exploitatievoorwaarden blijft echter de taak en de verantwoordelijkheid van de mensen op het terrein.

Samenvattend kan gesteld worden dat de kwetsbaarheidskaart een handig werkinstrument is, bijvoorbeeld bij het opstellen van een uitgebreid bosbeheerplan, het ontwerpen van een exploitatieplan of het beoordelen van een aanvraag voor een kapmachtiging.

## 2 BASISGEGEVENS

---

De kwetsbaarheidskaart is het resultaat van een reeks bewerkingen toegepast op reeds bestaand digitaal kaartmateriaal. De eigenlijke en relevante gegevens zijn gehaald uit vier kaarten: de Bodemkaart van Vlaanderen, het Digitaal Hoogtemodel, de Biologische Waarderingskaart en de Bosleeftijdkaart.

Aangezien het beschikbare materiaal over de bossen op deze vier kaarten niet altijd homogeen is (bijv: door ontbreken van relevante informatie voor bepaalde gebieden) werd gezocht naar een eenduidige maatstaf voor de ligging, oppervlakte en vorm van deze bossen: de Boskartering.

De precieze werkwijze die tot de creatie van de kwetsbaarheidskaart heeft geleid wordt in een volgend hoofdstuk behandeld. Eerst worden de verschillende basisgegevens besproken.

### 2.1 Boskartering

---

#### Referentie

Digitale versie van de Bosreferentielaag, MVG, LIN, AMINAL, afdeling Bos & Groen, uitgave 2001 (OC GIS-Vlaanderen).

#### Korte beschrijving

De boskartering is het project waarbij alle Vlaamse bossen op kaart worden gezet. Een eerste boskartering werd in de periode 1978-1992 uitgevoerd door Eurosense Technologies op basis van (1) visuele interpretaties van kleurinfrarode luchtfoto's uit de periode 1978-1990 en (2) terreincontroles. Deze eerste versie van de boskartering bevatte echter een aantal onnauwkeurigheden en was gedeeltelijk verouderd. Om hieraan te verhelpen is de boskartering een tweede keer uitgevoerd: de "boskartering 2000". De gegevens van de eerste boskartering werden geactualiseerd aan de hand van digitale zwart-wit orthofoto's van 1995. Deze actualisatie werd uitgevoerd door het OC GIS-Vlaanderen. Aanvullende terreincontroles werden uitgevoerd door de afdeling Bos & Groen in de periode juli 1999-juli 2000.

Het resultaat is een geactualiseerde digitale bosreferentielaag die samen met andere geografische lagen geïntegreerd werd in een bosinformatiesysteem bij de afdeling Bos & Groen.

De gebruikte bosreferentielaag is rechtstreeks afgeleid uit dit bosinformatiesysteem.

#### a) Definitie

De dataset bevat de perimeters van de Vlaamse bossen. Volgens artikel 3 van het Bosdecreet zijn bossen "grondoppervlakten waarvan de bomen en de houtachtige struikvegetaties het belangrijkste bestanddeel uitmaken, waartoe een eigen fauna en flora behoren en die één of meer functies vervullen". Hierbij wordt niet als bos beschouwd: fruitboomgaarden; tuinen, plantsoenen en parken, lijnbeplantingen en houtkanten, ondermeer langs wegen, rivieren en kanalen; boomkwekerijen en arboreta die buiten bos gelegen zijn; sierbeplantingen; de aanplantingen met kerstbomen.

#### b) Minimumwaarden

Om in de boskartering 2000 te worden opgenomen, moet het bos ook voldoen aan volgende minimumvoorwaarden:

- de aaneengesloten bosoppervlakte bedraagt minstens 0,5 ha,
- de breedte van het bos bedraagt minstens 25 m,
- de sluitingsgraad bedraagt minstens 20 %.

Bij jonge aanplantingen en als gevolg van beheermaatregelen (bijv. kapping) of verstoringen (bijv. storm, bosbrand) mag de sluiting tijdelijk minder zijn dan 20 %.

## 2.2 Bodemkaart

---

### Referentie

Digitale versie van de Bodemkaart van Vlaanderen, IWT, Uitgave 2001 (OC GIS-Vlaanderen)

### Korte beschrijving

De gebruikte Bodemkaart is een digitale versie van de analoge bodemkaart. Er werd bij de creatie ervan gestreefd naar een digitale reproductie van de geometrie en codering van de analoge kaart. Het gevolg hiervan is dat objecten en attribuutwaarden niet geactualiseerd zijn. De opnamejaren van de kartering van de analoge kaartbladen variëren tussen 1947 tot en met 1973.

## 2.3 Digitaal terreinmodel

---

### Referentie

Digitaal Terreinmodel Vlaanderen, MVG-LIN-AMINAL-afdeling Water en MVG-LIN-AWZ-afdeling Waterbouwkundig Laboratorium en Hydrologisch onderzoek (GIS-Vlaanderen).

### Korte beschrijving

De geleverde basisbestanden (aangereikt als ASCII-bestanden met daarin een lijst met punten met x-, y- en hoogtecoördinaten) bevatten de origineel opgemeten punten (door middel van laserscanning of fotogrammetrie) gelegen op maaiveldhoogte. De puntendichtheid bedraagt gemiddeld één punt per 20 m<sup>2</sup>. Lokale dichtheden kunnen evenwel hoger zijn in een reliëfrijk terrein en lager zijn in dicht bebouwde gebieden en in bosrijk gebied, vooral daar waar dichte dennenbossen voorkomen.

De resultaatbestanden zijn afhankelijk van de aangewende techniek. Laserscanning wordt toegepast voor 95 % van Vlaanderen (landelijk gebied) en levert tussenbestanden op met de punten op het maaiveld enerzijds en punten op vegetatie en gebouwen anderzijds. Beide tussenbestanden worden gekenmerkt door een verzameling onregelmatig verspreide punten met een dichtheid van gemiddeld 1 punt per 4 m<sup>2</sup>. Het eindbestand is een verzameling onregelmatig verspreide punten op maaiveldhoogte met een gemiddelde dichtheid van 1 punt per 20m<sup>2</sup>.

De fotogrammetrische techniek wordt toegepast voor 5 % van Vlaanderen (stedelijk gebied). De tussenbestanden bestaan uit een verzameling grondpunten met een dichtheid van gemiddeld 1 punt per 100 m<sup>2</sup> en breuklijnen. Voor de interpolatie van het eindbestand worden deze breuklijnen in rekening gebracht om een puntenbestand met een dichtheid van 1 punt per 20 m<sup>2</sup> te bekomen.

De nauwkeurigheid van de verzameling grondpunten uit laserscanning wordt bepaald door het type terrein. De beoogde nauwkeurigheid bedraagt 7 cm op kort gras en verharde oppervlakken tot 20 cm voor terreinen gekenmerkt door meer complexe vegetatie.

## 2.4 Biologische Waarderingskaart

---

### Referentie

Instituut voor Natuurbehoud, 2002. Biologische waarderingskaart en natuurgerichte grondgebruikkaart van het Vlaamse Gewest. Digitaal bestand van de geïntegreerde versie van

de recentst beschikbare karteringen (67% BWK, versie 2 en 33% BWK, versie 1) met vereenvoudiging tot een 90- en 30-delige legende. Brussel.

### Korte beschrijving

Deze inhoudelijk vereenvoudigde kaart is een door het IN aangemaakte kaartlaag van de meest recente beschikbare kaartlagen uit zowel versie 1 als versie 2.1.

## 2.5 Boshistoriek

---

### Referentie

De Keersmaeker L., Rogiers N., Lauriks R. en De Vos B., 2001. Bosleeftijdkaart uitgewerkt voor project VLINA C97/06 'Ecosysteemvisie Bos Vlaanderen', studie uitgevoerd voor rekening van de Vlaamse Gemeenschap binnen het kader van het Vlaams Impulsprogramma Natuurontwikkeling in opdracht van de Vlaamse minister bevoegd voor natuurbehoud.

### Korte beschrijving

De bosleeftijdkaart geeft weer in welke periode de huidige bossen ontstaan zijn. De kaart geeft dus niet de leeftijd van de bomen in het bos weer: een bepaalde locatie kan reeds honderden jaren bebost zijn, terwijl de bomen in het bos pas zeer recent werden aangeplant na een kapping van de voorbije generatie. De leeftijd van het bos bepaalt in belangrijke mate de volledigheid van een bosecosysteem.

De bosleeftijdkaart combineert de gegevens van volgende vier kaarten:

- De Ferrariskaarten (opgemaakt tussen 1771 en 1778)
- De kaarten van Vandermaelen (opgemaakt tussen 1846 en 1854)
- De 3e editie van topografische kaarten op 1:20.000 (het merendeel werd opgemaakt tussen 1910 en 1940)
- De actuele bebossing volgens de boskartering, versie 2001, uitgewerkt in opdracht van AMINAL-afdeling Bos & Groen.

Er zijn twee knelpunten die leiden tot fouten in de bosleeftijdkaart:

De kaarten van Vandermaelen en vooral die van Ferraris zijn geografisch relatief onnauwkeurig, wat in de bosleeftijdkaart resulteert in snippers met foutieve informatie.

Een tweede probleem is het beperkte aantal kaarten dat voor de bosleeftijdkaart gebruikt werd. De dynamiek in het landgebruik is in Vlaanderen steeds bijzonder groot geweest en een bos kan een tijdlang ontgonnen geweest zijn in een periode die tussen die van de deelkaarten ligt.



## 3 INTEGRATIE VAN DE DEELLAGEN TOT EEN GLOBALE KWETSBAARHEIDSKAART

---

Initieel werd de haalbaarheid onderzocht van een methode die de kwetsbaarheidsscores van de deellagen op een zuiver mathematische wijze integreert tot één getal. Een onoverkomelijk struikelblok hierbij was de vervlakking van informatie, en het verlies aan nauwkeurigheid dat daarmee gepaard ging.

Het alternatief voor de zuiver mathematische werkwijze, was om zeer veel rekening te houden met de praktijk en het integratiealgoritme uit te werken op basis van logische relaties. Hieruit volgt ook een complementaire opbouw van de kaart, met kleurvlakken en symbolen. De aanpak van het integreren van de deellagen tot één globale kwetsbaarheidskaart wordt in de volgende paragrafen besproken.

### 3.1 Eerste stap integratie: randvoorwaarden voor de inzet van exploitatiemachines of exploitatiecategorïen

---

#### Inleiding

Een gemeenschappelijk gegeven bij bosexploitatie is het vellen van bomen. Deze schakel van het exploitatieproces is weinig of niet geschikt voor een differentiatie naar kwetsbaarheid. Dit neemt niet weg dat verkeerde velling veel schade kan veroorzaken; er wordt echter uitgegaan van een vakkundige velling.

De kwetsbaarheidsclassificatie is sterk gericht op onzichtbare boskenmerken zoals de bodemtoestand, omdat de schade aan de bodem vaak verwaarloosd wordt. De schadefactor die daarmee het meest in verband staat, is de ruiming van het hout. Het afvoeren van het hout uit de bosbestanden gebeurt meestal met min of meer zware machines. Die kunnen belangrijke ecologische schade toebrengen aan de bosbodem. Als een harvester of houtoogstmachine voor het vellen wordt gebruikt, dan heeft die door het hoge gewicht ook een groot schadepotentieel.

Daarom is de eerste stap het bepalen van de **algemene randvoorwaarden voor de inzet van exploitatiemachines**. De voorwaarden zijn gebaseerd op gegevens over de draagkracht van de **bodem**, uitgedrukt door de kwetsbaarheidsscores voor instulping.

Gezien het ondergeschikte belang van trekpaarden tegenover machines in de bosexploitatie, worden deze dieren buiten beschouwing gelaten in het kader van de kwetsbaarheidskaart. De impact van de druk onder de hoeven is dan wel zeer hoog, maar de ruimtelijke omvang van de bodemverdichting door paarden bij bosexploitatie is meestal beperkt. Erg natte bodems en steile hellingen zijn vanzelfsprekend ongeschikt voor de inzet van trekpaarden.

#### Algoritme

Allereerst moet bepaald worden of er *überhaupt* met machines in het bos kan gereden worden, m.a.w. of de bodem voldoende draagkrachtig is. Bovendien moet de helling beoordeeld worden (meer dan 30% is té steil). Pas daarna is het zinvol om te kijken op welke wijze machines in het bos kunnen, en om een verdere indeling in kwetsbaarheidsklassen te maken.

Het algoritme vertrekt vanuit de kwetsbaarheidsscores voor instulping voor droge en vochtige perioden. Aanvullend worden de hellingscores gebruikt, voor een eerste afbakening van de terreingedeelten die te steil zijn om machineverkeer toe te laten. Hierdoor kan een vijftal grote groepen onderscheiden worden, die algemene randvoorwaarden voor de inzet van exploitatiemachines weergeven:

1. onbekend: geen info over kwetsbaarheid voor instulping
2. steile hellingen of permanent natte bodems: te steil of onvoldoende draagkracht om machines toe te laten

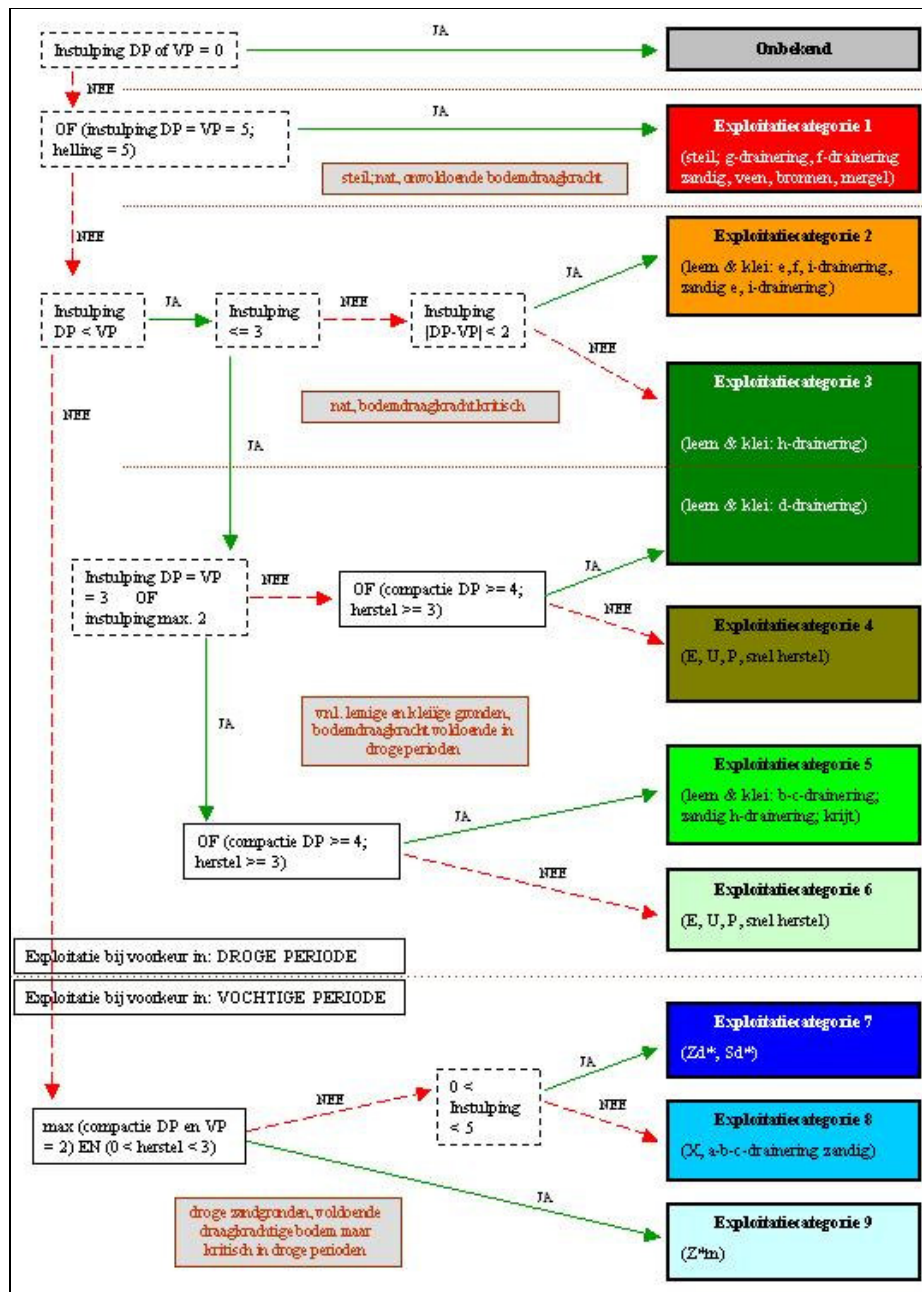
3. natte bodems: bodemdraagkracht is kritisch dus zeer goed opletten voor machine-inzet
4. voldoende gedraineerde bodems (vnl. lemig en kleiig): voldoende draagkracht in droge perioden
5. droge zandbodems: bijna steeds voldoende bodemdraagkracht maar kritisch voor instulping als het zand erg droog is (i.t.t. alle andere bodems!!)

Op basis van de kwetsbaarheidsscores voor INSTULPING, beperkt aangevuld met die voor HELLING, COMPACTIE en HERSTEL, wordt een eerste indeling in globale kwetsbaarheidsklassen of **exploitatiecategorïeën** gemaakt. Dit levert 10 categorieën waarvan 9 exploitatiecategorïeën en 1 'onbekend'. De opbouw van het algoritme wordt schematisch weergegeven in Figuur 3; voor een bespreking van de betekenis van deze categorieën wordt verwezen naar de paragraaf Interpretatie van de kwetsbaarheidskaart.

#### Voorstelling op kaart

De exploitatiecategorïeën worden voorgesteld door verschillende gekleurde vlakken. Deze kleurvlakken vormen de ruggengraat van de kwetsbaarheidskaart bosexploitatie; de kleuren in Figuur 3 zijn in overeenstemming met de legende van de digitale kaart.





Figuur 3: Stroomschema van de eerste stap van de integratie tot een globale kwetsbaarheidskaart. De getallen in de witte kaders zijn kwetsbaarheidsscores. In deze fase wordt gebruik gemaakt van de kwetsbaarheidsscores voor instulping bij droge periode (DP) of een vochtige periode (VP), beperkt aangevuld met de scores voor helling, herstel en compactie. De output zijn algemene randvoorwaarden voor de inzet van exploitatiemachines, zogenaamde exploitatiecategorieën. Voor de bepaling van de scores wordt verwezen naar het volgende hoofdstuk: "Interpretatie van de kwetsbaarheidskaart".

### 3.2 Tweede stap integratie: helling

#### Inleiding

De terrehelling is een belangrijke technische factor bij bosexploitatie. De helling bepaalt in welke richting machines kunnen rijden (gevaar voor omkantelen bij dwarshelling bv.) en

hoeveel extra moeilijkheden de zwaartekracht veroorzaakt bij de ruiming van het hout. Daarom wordt de kwetsbaarheidsfactor helling in een aparte integratie-stap opgenomen.

### Algoritme

Vertrekkende van de klassen die raad geven m.b.t. de inzet van exploitatiemachines, wordt informatie over de terreinhelling toegevoegd. Voor exploitatiecategorie 1 laat dit meteen toe om te weten of het gaat over zeer natte terreinen of zeer steile hellingen (> 20 %).

Bij de exploitatiecategorie 'onbekend' wordt wel verder gewerkt met hellingscores; terreinkennis over de draagkracht van de bodem kan dan tegemoet komen aan het ontbreken van instulpingsscores, zodat de beheerder toch verder aan de slag kan met de kwetsbaarheidskaart.

De helling die op de kwetsbaarheidskaart wordt weergegeven, situeert zich dus tussen 0 en 30 %: dergelijke terreinen zijn technisch berijdbaar, zij het dat op de steilere hellingen de machines best in de richting van de maximale helling rijden om zijwaarts kantelen te vermijden.

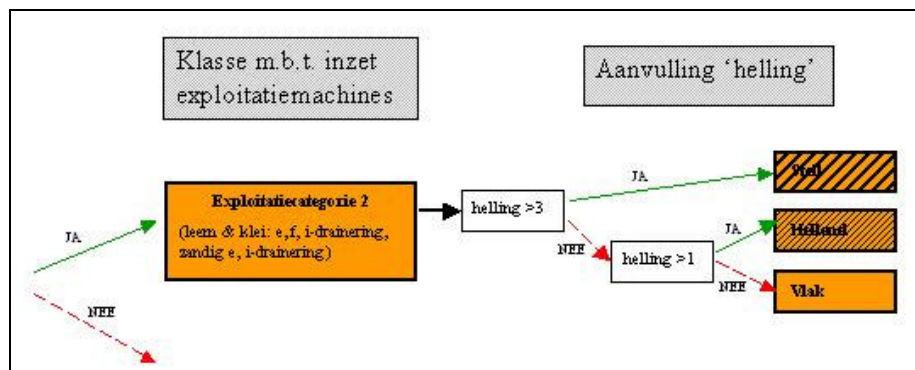
De kwetsbaarheidsscores voor helling worden zodanig ingedeeld dat er 3 praktijkgerichte klassen over blijven:

6. helling tussen 20% en hoger
7. helling tussen 5 en 20%
8. helling <= 5%

Opm: de klasse 'onbekend' komt niet voor bij kwetsbaarheidsscores voor helling omdat het digitale hoogtemodel volledig gebiedsdekkend is.

### Voorstelling op kaart

De hellingklassen worden op de kwetsbaarheidskaart voorgesteld d.m.v. symbolen die bovenop de gekleurde vlakken van de exploitatiecategorieën komen. De steile en intermediaire hellingklasse worden specifiek weergegeven, terwijl de klasse met een helling tot 5 % niet apart aangeduid wordt. Door geen symbool toe te kennen, is deze klasse te onderscheiden van de andere 2, en bovendien kan deze 'vlakke' hellingklasse als het 'normale geval' beschouwd worden. Het principe van de aanduiding d.m.v. symbolen wordt geïllustreerd met Figuur 4.



*Figuur 4: Aanvullend stroomschema dat voor 2 klassen uit het vorige schema (Figuur 3) weergeeft hoe informatie over de terreinhelling verwerkt wordt. De getallen in de witte kaders zijn kwetsbaarheidsscores.*

Het resultaat van deze oefening kan bijvoorbeeld een kaart zijn met 21 klassen (helling aangegeven door symbolen bovenop de kleurvlakken van de basiskaart) die erg praktisch is voor een exploitant (info bodemdraagkracht, helling en ruimingsmethode).

### 3.3 Derde stap integratie: bodemverdichting, herstelpotentieel, boshistoriek en BWK

#### Inleiding

Verdichting en herstel zijn 2 zaken die volledig met de bodem gelinkt zijn. Boshistoriek en BWK kunnen vnl. als uitdrukking van de waarde van de biocenose beschouwd worden, hoewel ook hier een edafische component aanwezig is.

Eens de grote lijnen voor de inzet van exploitatiemachines uitgezet zijn, hebben deze 4 factoren voornamelijk nog een **signaalfunctie**. De kwetsbaarheid voor bodemverdichting is eerder weinig relevant als al beslist is om met vaste ruimingspistes te werken; die stroken worden hoedanook verdicht, terwijl de rest van de bosbodem volledig gespaard blijft van de invloed van zware exploitatiemachines.

Als ze een zeer verontrustend signaal geven, kan de beheerder vooralsnog beslissen om toch maar niet te exploiteren. In de meeste gevallen wordt een algemeen signaal gegeven van hoe kwetsbaar een bos is, en hoe dringend een intensieve **planning en opvolging** van de beheerder is.

#### Algoritme

Er wordt vertrokken van het samenvoegen van de kwetsbaarheidsscores voor enerzijds *verdichting*<sup>4</sup> & *herstel* en anderzijds *boshistoriek* & *BWK* tot 2 aparte kwetsbaarheidsscores. Dit door de scores te vermenigvuldigen en te herschalen naar een 3-delige waardeschaal.

Het multiplicatief samenvoegen van 2 kwetsbaarheidsscores wordt geïllustreerd a.d.h.v. onderstaande figuur. In de gekleurde vakjes staat telkens het product van de kwetsbaarheidsscores in de overeenkomstige rij en kolom.

	0	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	2	3	4	5
2	0	2	4	6	8	10
3	0	3	6	9	12	15
4	0	4	8	12	16	20
5	0	5	10	15	20	25

Figuur 5

Het herschalen naar een 3-delige waardeschaal is een pragmatische oplossing om de klassen nog overzichtelijk kunnen voor te stellen op een kaart. De indeling van deze klassen is de volgende:

- onbekend: product van de scores = 0 (grijs)
- minst kwetsbaar: product  $\leq$  4 (donkergroen)
- intermediair:  $4 <$  product  $<$  20 (lichtgroen, geel, oranje)
- meest kwetsbaar: product  $\geq$  20 (rood)

#### Voorstelling op kaart

Naar analogie met het voorstellen van de hellingklassen, wordt ook hier met symbolen gewerkt, bovenop de bestaande kleurvlakken. Om de leesbaarheid van de kaart te garanderen, worden

<sup>4</sup> voor verdichting worden de kwetsbaarheidsscores voor VOCHTIGE omstandigheden gebruikt

de klassen voor bodemkwetsbaarheid en biocenose als volgt voorgesteld. De minst kwetsbare bodem wordt niet apart voorgesteld; de intermediair en meest kwetsbare bodem krijgt een symbool. De symbolen van beide klassen zijn gelijkaardig maar kunnen in GIS apart in- en uitgeschakeld worden. De laag voor biocenose wordt analoog voorgesteld, maar met een ander symbool.

De kwetsbaarheidskaart is zo opgevat dat de meest kwetsbare klassen van bodem en biocenose standaard ingeschakeld zijn, en de intermediaire klassen standaard uit staan. Alle informatie kan naar wens in- of uitgeschakeld worden in een GIS, maar op deze manier is de kaart het meest overzichtelijk en wordt de informatie van de meest kritische standplaatsen benadrukt.

Deze informatie heeft zoals eerder gesteld voornamelijk een signaalfunctie. Daarom werd de voorstellingswijze zodanig gekozen dat ze de achterliggende kleurvlakken (exploitatiecategorie) niet verdoezelt. Hiervoor moest een toegeving gedaan worden op de onderscheidbaarheid van de kwetsbaarheid binnen de klassen 'bodem' en 'biocenose', maar hieraan kan tegemoet gekomen worden door op boscomplexniveau in een GIS de verschillende lagen aan- en uit te schakelen en deze informatie te interpreteren.

Eventueel kan de legende gemakkelijk aangepast worden in GIS. Dit zou onoverzichtelijk zijn op niveau Vlaanderen, maar kan een oplossing bieden op boscomplexniveau als het aantal voor te stellen kwetsbaarheidsklassen beperkt is door de regionale eigenheid van het bos.

Als de kwetsbaarheid van bodem en biocenose onbekend is, wordt dit apart voorgesteld met grijze symbolen. Ook deze kunnen naar wens in- of uitgeschakeld worden; standaard staat deze klasse ingeschakeld.

Onbekend voor compactie & herstel: minstens 10%

Onbekend voor boshistoriek & BWK:  $3,45\% + 0,07\% = 3,52\%$ .

## 4 INTERPRETATIE VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART

---

### 4.1 Kaartlegende

---

In Figuur 6 wordt de legende van de kwetsbaarheidskaart bosexploitatie weergegeven. De basis van deze digitale kaart zijn gekleurde vlakken, waarop door middel van symbolen bijkomende informatie kan geleegd zijn. De achtergrond van dit alles zijn topografische kaarten.

Bodem		Exploitatie	
	Zeer kwetsbaar		Onbekend
	Matig kwetsbaar		1
	Onbekend		2
Helling			3
	Steil		4
	Hellend		5
Biocenose			6
	Zeer kwetsbaar		7
	Matig kwetsbaar		8
	Onbekend		9

*Figuur 6: Voorbeeld van de legende van de kwetsbaarheidskaart bosexploitatie. De gekleurde vlakken onder het item exploitatie, die allemaal een exploitatiecategorie voorstellen, zijn de basis van de kwetsbaarheidskaart. De items bodem, helling en biocenose kunnen supplementair voorkomen op de kleurvlakken, en geven aanvullende informatie.*

Om de interpretatie van de kwetsbaarheidskaart bosexploitatie toe te lichten, worden in wat volgt worden de verschillende onderdelen van de kaart in detail besproken. De aanbevelingen van de kwetsbaarheidskaart zijn richtinggevend; de eindbeslissing blijft de verantwoordelijkheid van de beheerder.

### 4.2 Exploitatiecategorieën

---

De exploitatiecategorieën van de kwetsbaarheidskaart, voorgesteld door gekleurde vlakken, zijn voornamelijk gebaseerd op de draagkracht van de bodem. Deze grootte geeft aan of de bodem in staat is om aan belasting door exploitatiemachines te weerstaan zonder overmatige bodeminstuiping, en dit voor verschillende vochttoestanden.

De verschillende exploitatiecategorieën (zie Figuur 3) worden hierna besproken. De kenmerken van de standplaats en de daaraan gekoppelde randvoorwaarden voor de inzet van exploitatiemachines, evenals het aanbevolen bodemvochtgehalte tijdens de exploitatie, komen hierbij aan bod. Conform de beheersvisie voor openbare bossen wordt aangeraden om zoveel mogelijk met vaste ruimingspistes te werken.

Nog een kleine maar belangrijke opmerking: bij exploitatie wordt voornamelijk gedacht aan de boomstammen. Maar meestal wordt ook het kruinhout geruimd, vaak ook met machines. De

ruiming van kruinhout is aan dezelfde beperkingen onderworpen als de exploitatie van het zwaar hout.

### Exploitatiecategorie onbekend

Indien de score voor instulping onbekend is, kan geen volledige uitspraak gedaan worden over een geschikte exploitatiemethode. Verder in het integratieproces kan voor deze categorie nog informatie uit andere deellagen opgevraagd worden. In combinatie met de terreinkennis van de beheerder, kan dan een gefundeerde beslissing over de exploitatie genomen worden. Desnoods moeten bijkomende gegevens verzameld worden (bv. bodemtype op het terrein gaan vaststellen).

### Exploitatiecategorie 1

De toegang tot de bestanden voor exploitatiemachines wordt consequent afgewezen op zeer steile hellingen en op permanent natte bodems. Het hout kan in die bestanden manueel uitgedragen worden of met speciale technieken geruimd worden (lier, kabelbaan, lastpakker).

Ook trekpaarden kunnen meestal niet ingezet worden op een weinig draagkrachtige bodem of een steile helling.

Als een terreingedeelte in deze categorie werd ingedeeld omwille van de steile helling (> 30 %), kan het hout meestal geëxploiteerd worden met een kabel. De machine die is uitgerust met een lier, blijft dan boven- of onderaan de helling staan.

Als het gaat om zeer natte bodems (g-drainering, veen, bronnen), is exploitatie misschien geen goede beheeroptie. Is exploitatie tóch noodzakelijk om de beheerdoelstellingen te bereiken, dan moet er met veel voorzichtigheid tewerk gegaan worden. De exploitatie kan bijvoorbeeld in eigen regie uitgevoerd worden, of aan een gespecialiseerde aannemer uitbesteed worden als een opdracht. Een mogelijke optie is het gebruik van een kabelbaan, weliswaar tegen een hoge exploitatiekost.

### Exploitatiecategorie 2

In natte bossen is in de meeste gevallen uitkabelen van op de bosweg de enige optie, omdat de bodemdraagkracht onvoldoende is om exploitatiemachines in de bestanden toe te laten. Het betreft hier niet de permanent natte bossen zoals in exploitatiecategorie 1. Tijdens droge perioden zal de bodem hier iets meer draagkracht hebben dan bijvoorbeeld aan het einde van de winter. Om schade te beperken, moet in een droge periode geëxploiteerd worden.

Aangezien machines verplicht op de bosweg moeten blijven, blijft schade voornamelijk beperkt tot bodemverwonding door slepende stammen. Die sleepschade zal minder zijn bij droge dan bij natte omstandigheden.

De categorie, net als de vorige, is er een van natte bossen en moeilijke exploitatie. De beheerder moet grondig overwegen of exploitatie op dergelijke standplaatsen wel gewenst is. Als houtoogst echt noodzakelijk is om de beheerdoelstellingen te bereiken, moet op veel praktische moeilijkheden gerekend worden en voorzichtig tewerk gegaan worden. Eventueel kan een kabelbaan overwogen worden, met de bijhorende hoge exploitatiekost.

### Exploitatiecategorie 3

Matig gedraineerde niet-zandige bodems (d-drainering) en stuwwatergronden (h-drainering) laten exploitatiemachines op vaste ruimingspistes toe, met de dwingende voorwaarde dat de bodem voldoende droog moet zijn om de technische berijdbaarheid van de pistes te verzekeren. Deze categorie zou kunnen beschreven worden als "standaard exploitatie bij aanhoudende droogte".

Het belang van het actuele vochtgehalte tijdens de exploitatie kan niet voldoende benadrukt worden voor exploitatiecategorie 3. De lemige en kleiige bodems zijn voldoende draagkrachtig

als ze droog zijn, maar kunnen na een regenbui het grootste deel van hun draagkracht verliezen.

De beheerder kan een exploitatie op dergelijke standplaatsen best plannen voor de nazomer, omdat de bodem dan het meeste kans heeft om uitgedroogd te zijn. Bijkomend moet voorzien worden dat tijdens en na regenperioden geen machines in het bos toegelaten worden. Eventueel moet aan speciale technieken gedacht worden, zoals de inzet van een rupskraan en/of een lier.

#### Exploitatiecategorie 4

Deze categorie kan beschouwd worden als een bijzonder geval van de vorige. Het betreft bodems die een hoge draagkracht hebben als ze zeer droog zijn, die minder kwetsbaar zijn voor bodemverdichting en die bovendien een groot herstelpotentieel hebben. Voor exploitatie op deze bodems kan, mits de strikte voorwaarde van aanhoudende droogte, een exploitatie met soepeler voorwaarden dan in categorie 3 toelaatbaar zijn (i.e. geen vaste ruimingspistes).

In praktijk gaat het dan meestal om populierenbossen, waar het hout met een rupskraan kan geruimd worden. Een laag actueel bodemvochtgehalte is van cruciaal belang voor het toelaten van versoepelde exploitatievoorwaarden. Wordt er mogelijk gewerkt met een machine met hoge bodemdruk (zware skidder bv.) dan gaat het bestand naar exploitatiecategorie 3. Ook als de beheerder niet zeker is dat de exploitatie afgerond kan worden bij droge bodem, dan moet een dergelijke standplaats ingedeeld worden in exploitatiecategorie 3.

#### Exploitatiecategorie 5

Beter gedraineerde bodems en stuwwatergronden op zand laten exploitatiemachines op vaste ruimingspistes toe, op voorwaarde dat de bodem tijdens de exploitatie voldoende droog is. Het is aangewezen om ook op deze standplaatsen te exploiteren bij droogte, zij het dat deze voorwaarde hier iets minder dwingend is dan voor de exploitatiecategorieën 3 en 4.

Er kan onder geen beding getolereerd worden dat de exploitatiemachines van de vaste ruimingspistes afwijken: deze bodems zijn namelijk weinig (zand) tot zeer kwetsbaar (zandleem, leem) voor verdichting, maar hebben allemaal gemeen dat hun herstelpotentieel laag is. Schade door berijden met exploitatievoertuigen dient dan ook geconcentreerd te worden.

De beheerder plant de exploitatie in de zomer of de nazomer, met veel kans op een droge bodem. Eventueel kan hier ook een rupskraan overwogen worden, afhankelijk van de lokale drainage.

#### Exploitatiecategorie 6

De bodemdraagkracht op deze standplaatsen is in het algemeen voldoende bij droogte, en bovendien hebben deze bodems een eerder groot herstelpotentieel. Versoepelde voorwaarden (geen vaste ruimingspistes) zijn mogelijk als de bodem niet al te nat is op het tijdstip van de exploitatie.

Naar analogie met exploitatiecategorie 4 geldt ook hier dat als zou worden geëxploiteerd met een machine met hoge bodemdruk of als aan de voorwaarde van een droge bodem niet met zekerheid kan voldaan worden, een dergelijke standplaats ingedeeld moet worden in exploitatiecategorie 5.

#### Exploitatiecategorie 7

Matig gedraineerde zandgronden laten weinig technische problemen verwachten omwille van hun hoge draagkracht. Maar omdat het meestal erg zure bodems zijn, is hun herstelpotentieel zeer klein. Bovendien zijn deze standplaatsen meestal bezet met naaldhout, dat vaak geëxploiteerd wordt met zwaar materieel met een hoge bodemdruk (harvester en forwarder). Daarom is het gebruik van vaste ruimingspistes ten zeerste aangewezen.

Aangezien de draagkracht van deze bodems niet erg vochtafhankelijk is, zijn bijna alle omstandigheden geschikt, behalve bij waterverzadiging. Deze categorie heeft dan ook weinig moeilijkheden voor de planning van de exploitatie tot gevolg.

### Exploitatiecategorie 8

Voor zeer droge zandgronden (Zag, X, ...) gelden ongeveer dezelfde voorwaarden als voor exploitatiecategorie 7, met het verschil dat best niet geëxploiteerd wordt bij droogte. Dit komt omdat zandgronden bij droogte geen cohesie hebben, waardoor het risico op instulping en beschadiging van boomwortels sterk toeneemt. Duingronden bijvoorbeeld bieden meer weerstand tegen vervorming als ze vochtig zijn dan wanneer ze droog zijn.

In de praktijk zijn bij een gewone winterexploitatie weinig problemen te verwachten bij deze categorie. Afhankelijk van de terreintopografie, kunnen de steile hellingen van duingronden wel problemen stellen voor het uitzetten van vaste ruimingspistes.

Tijdens de droge zomermaanden wordt best niet gewerkt op deze standplaatsen. Dit is echter geen probleem, want er zijn voldoende andere bossen die net bij droogte moeten geëxploiteerd worden om schade te voorkomen.

### Exploitatiecategorie 9

Versoepelde voorwaarden op zandgrond zijn toelaatbaar als het herstelpotentieel van de bodem voldoende hoog is en de bodem niet te droog is. Dit zijn plaggenbodems. Tijdens de droge zomermaanden wordt best niet gewerkt op deze standplaatsen. Dat is geen probleem, want er zijn voldoende andere bossen die net bij droogte moeten geëxploiteerd worden om schade te voorkomen.

Machines met een hoge bodemdruk (harvester en forwarder bijvoorbeeld), moeten ook op deze standplaatsen op vaste ruimingspistes blijven. Machines met lage bodemdruk (rupskraan, lichte landbouwtractoren met voldoende brede banden) kunnen hier zonder veel blijvende bodemschade rijden.

## 4.3 Bodem

---

Het onderdeel bodem van de kwetsbaarheidskaart is gebaseerd op de kwetsbaarheid voor bodemverdichting en een inschatting van het natuurlijke herstelpotentieel. Als het risico op bodemverdichting hoog is, en het herstelpotentieel van de bodem laag, geeft dit een duidelijk signaal dat alle mogelijke voorzorgen moeten genomen worden om bodemverdichting te voorkomen. Dit betekent concreet het strikt aanhouden van vaste ruimingspistes, exploiteren bij een gunstig bodemvochtgehalte en gebruik maken van machines met een lage bodemdruk.

Als de kwetsbaarheid van de bodem intermediair of laag is, wil dit niet zeggen dat er geen schade kan toegebracht worden door onoordeelkundige exploitatie. De arceringen voor bodemkwetsbaarheid kunnen best beschouwd worden als een hulpmiddel bij het opstellen van een prioriteitenlijst van voorzorgsmaatregelen. De meeste Vlaamse bosbodems vragen een goed geplande exploitatie; de zeer kwetsbare bodems vereisen nog extra inspanningen zoals bijvoorbeeld het gebruik van speciale technieken of een intensieve opvolging van de exploitatiewerkzaamheden.

*Voorbeeld: een goed gedraineerde zandleembodem laat tijdens droogte toe om er met een zware skidder over te rijden zonder zichtbare wielsporen. De exploitant wil naar elke boom toe rijden met zijn machine van 13,5 ton omdat je daar toch niets van ziet. De kwetsbaarheidskaart zegt echter dat het gaat om een zeer kwetsbare bodem.*

→ Ook bij droogte zal door de druk van zware machines het poriënsysteem van de zandleembodem samengedrukt worden, waardoor er minder lucht en water aan de wortels geraakt. Bovendien gaat het om een oude bosbodem, waarin maar weinig gravende dieren zitten zoals regenwormen en mollen. Hierdoor neemt het herstel van de bodem, het weer los



*maken van de grond, tientallen jaren in beslag. Het is dus onverantwoord om toe te laten dat de exploitant afwijkt van de aangeduide ruimingspistes.*

## 4.4 Helling

---

Het onderdeel helling van de kwetsbaarheidskaart is gebaseerd op het recent ontwikkelde digitale hoogtemodel voor Vlaanderen. Door middel van een set symbolen met een groffe textuur worden verschillende hellingsklassen weergegeven.

Het ontbreken van een extra hellingsymbool geeft aan dat het terrein nagenoeg vlak is. Dit is ongeveer de normale situatie voor de meeste Vlaamse bossen, en geeft aan dat er geen bijzondere problemen met de terreinhelling te verwachten zijn. De detectie van uitgesproken microreliëf, bijvoorbeeld diepe grachten, blijft berusten op terreinkennis.

Een intermediaire kwetsbaarheid voor helling is te situeren tussen een terreinhelling van 5 en 20 %. Dergelijke hellingen vragen bijzondere maatregelen, bijvoorbeeld het aanduiden van ruimingspistes in de richting van de grootste helling om te vermijden dat stammen of machines zouden wegschuiven op een dwarshelling.

De zwarte symbolen voor helling geven de ligging van hellingen steiler dan 20 % aan. Op sommige van deze hellingen kan nog geëxploiteerd worden mits enkele eenvoudige maatregelen (doordacht uitzetten van ruimingspistes, gebruik van een kabel), terwijl dat op andere hellingen ronduit onverantwoord kan zijn. De beheerder is door zijn terreinkennis het best geplaatst om hierover te beslissen.

*Voorbeeld: in een bos op een zachte helling ligt een graft en een beekvallei met plaatselijk steile valleiwanden. In de buurt van deze terreinelementen wijst de kwetsbaarheidskaart op zeer kwetsbare en matig kwetsbare hellingen.*

*→ De exploitatie wordt gepland voor een droogteperiode, om tractoren toe te laten op de zachte helling te rijden zonder weg te glijden. In de buurt van de steile terreinelementen wordt ter plaatse beslist hoe ver machines mogen komen; ruimingspistes kruisen de steilste hellingen niet. Voorbij deze zones zullen boomstammen met een kabel uitgesleept worden, of als dat te moeilijk zou zijn worden de bomen niet geëxploiteerd.*

## 4.5 Biocenose

---

Het onderdeel biocenose van de kwetsbaarheidskaart is gebaseerd op de biologische waarderingskaart (BWK) en de boshistoriek. De kwetsbaarheidskaart van de biocenose wordt voorgesteld door een set gekleurde symbolen met een fijne textuur.

De meest kwetsbare klasse omvat de bossen die een lange geschiedenis hebben van ononderbroken aanwezigheid van een bosbedekking, in combinatie met een hoog waarderingscijfer op de BWK. Er bestaat een hoge kans op het voorkomen van typische aan bos gebonden organismen in deze klasse, die bijzondere aandacht van de beheerder vragen.

Als de kwetsbaarheid van de biocenose intermediair of laag is, wil dit niet zeggen dat er geen schade kan toegebracht worden door onoordeelkundige exploitatie. In deze klassen kunnen even goed zeldzame of kwetsbare organismen voorkomen. Deze zaken komen echter beter tot uiting door gerichte inventarisaties of andere waarnemingen. De kwetsbaarheidskaart geeft voor de biocenose al een signaal op het schaalniveau Vlaanderen, maar voor beslissingen op perceelniveau moet uitgegaan worden van terreinkennis.

*Voorbeeld: op de kwetsbaarheidskaart staat voor een bepaald bestand geen symbool voor een kwetsbare biocenose, terwijl de boswachter een plek van enkele vierkante meters weet liggen waar elk voorjaar wilde narcissen opduiken. Er wordt gehamerd voor een dunning die in de winter zal uitgevoerd worden.*

*→ bij het aanduiden van de ruimingspistes wordt er voor gezorgd dat de locatie van de narcissen ontzien wordt. De standaard schoontijd wordt aangehouden om mechanische schade aan deze zeldzame plant te voorkomen.*



## 5 TECHNISCHE ACHTERGROND BIJ DE KWETSBAARHEIDSKAART

---

### 5.1 Algemeen

---

De creatie van de kwetsbaarheidskaart is gebeurd op basis van vijf kaarten: de Boskartering, de Bodemkaart, het Digitaal Hoogtemodel, de Biologische waarderingskaart en de Bosleeftijdkaart.

De rol van de boskartering is beperkt maar essentieel<sup>5</sup>. Omdat het geheel van kaarten niet steeds precies overeenkwam qua vorm of inhoud, werd de Boskartering als norm ingesteld. D.w.z. dat gebieden die bijvoorbeeld wel op de BWK, boshistoriek of DHM voorkwamen maar niet op de Boskartering, buiten beschouwing werden gelaten wegens geen bosgebied. Omgekeerd kwam het in het bijzonder bij de Bosleeftijdkaart voor dat sommige bossen wel aanwezig zijn op de boskartering maar niet waren opgenomen in de bosleeftijdkaart. De ontbrekende delen van de bosleeftijdkaart kregen in zo'n geval een invulling 'onbekend'.

Van de gebruikte kaarten zijn er drie ten bate van vroegere projecten ontwikkeld: de Bodemkaart, de BWK en de Bosleeftijdkaart. Eén kaart is pas in de loop van dit project gerealiseerd: het Digitaal Hoogtemodel. De ontwikkeling ervan wordt in volgend onderdeel uitgelegd.

Een vraag die reeds van in het begin van de ontwikkeling van de kaart in overweging werd genomen, was onder welke vorm het definitieve resultaat diende afgeleverd te worden. Deze vraag ontstond in essentie door allerlei werktuigkundige problemen.

De gebruikte GIS- en Accesstoepassingen werken in het algemeen uitermate soepel indien gebruik wordt gemaakt van relatief kleine kaarten of gegevensreeksen. De grote geografische en digitale omvang van het studieonderwerp, en de zo groot mogelijke accuratesse die voor de resultaten betracht werd, maakten dat de ontwikkeling van de kwetsbaarheidskaart via vele op het oog overbodig lijkende maar nietemin noodzakelijke tussenstappen verliep. In onderstaande beschrijvingen worden enkel de belangrijke tussenstappen vermeld.

In essentie onderging elke kaart drie gelijkaardige transformaties. De eerste transformatie was de omzetting van het originele bestandstype naar GeoDatabase. De tweede transformatie was de omzetting van de databases naar GRID, en de derde, na berekeningen, opnieuw van GRID naar GeoDatabase. Een uitzondering is het DHM, dat slechts twee stappen onderging: van tekstbestandstype naar GRID, en van GRID naar GeoDatabase. Voor meer details kan steeds contact opgenomen worden met de projectuitvoerders.

Het definitieve digitale resultaat bestaat uit een Access-GIS-GeoDatabase, maar is eveneens omzetbaar naar het type Shapefile of GRID. De gebiedsgrootte van de GeoDatabase staat vrij: de kaart werd ontwikkeld zowel op niveau Vlaanderen als per houtvesterij. Wellicht zal de kwetsbaarheidskaart per houtvesterij het meest werkbaar blijken, dit omwille van de geringere digitale omvang ervan.

### 5.2 Samenstellen van de kwetsbaarheidskaart in GIS

---

#### De basiskaarten

Zoals reeds vermeld waren de boskartering, de bodemseriekaart, de biologische waarderingskaart en de bosleeftijdkaart reeds beschikbaar.

---

<sup>5</sup> De boskartering is onderverdeeld in een aantal schalen, waarvan enkel die werden weerhouden die betrekking hebben op bossen: de schalen 200 (te herbebossen), 300 (Open ruimte behorend tot het bosdomein), 500 (bos) en 800 (Verkaveld bos)

De versie van het digitaal terreinmodel, pas recent ontwikkeld door OC GIS-Vlaanderen en waarvan voor dit project gebruik werd gemaakt, bestaat in essentie uit een grote verzameling van XY-coördinaten waaraan een hoogte per meetpunt is toegevoegd. Deze verzameling gegevens kan strikt genomen nog niet als kaart bestempeld worden omdat het louter gaat over een oplijsting van de opgemeten coördinaten in een verzameling tekstbestanden. Conversie ervan tot een bruikbare en vergelijkbare kaart drong zich op.

Om deze tekstbestanden om te zetten naar een bruikbaar en in GIS consulteerbaar bestandsformaat werden door de uitvoerders een aantal automatisaties in Access-VBA en ArcGIS ontwikkeld. Een hele reeks bewerkingen, toegepast op deze bestanden, resulteerde in een algemeen DTM op niveau Vlaanderen<sup>6</sup>.

Welke zijn de ondernomen stappen:

- de geautomatiseerde transformatie van de OC GIS-tekstbestanden naar Access-tabellen;
- de uitvoer van de Access-tabellen naar GIS en omzetting ervan in GIS-puntenbestanden;
- de omzetting van de GIS-puntenbestanden naar GRID-formaat, met een vaste celgrootte van 20 bij 20 meter voor elk opgemeten punt.

De vorm van het resultaat is een voor Vlaanderen gebiedsdekkende GRID, met een vaste celgrootte van 20 bij 20 meter. De grootte van deze GRID is het weerhouden resultaat van vergelijkingen tussen verschillende groottes. Het aanvankelijk idee om een GRID van 5 op 5 meter te ontwikkelen bleek na ontwikkeling en controle ervan een onaanvaardbaar groot aantal leemtes te bevatten en was bijgevolg onbruikbaar als basis.

Het nut van deze kaart is het volgende: het aldus ontwikkelde DTM geeft informatie over de hoogte van elk punt in Vlaanderen, maar vertelt nog niet wat de precieze helling is die tussen die verschillende punten bestaat. Om tot dit resultaat te komen was een tweede stap noodzakelijk: de omzetting van het DTM-GRID naar een hellings-GRID door GIS-berekeningen.

Deze GRID toont een procentueel resultaat van de helling per cel van 20 op 20 meter. Deze resultaten werden tot slot geherklasseerd naar een numerieke schaal van 0 tot 31. (0: onbekend, 1: vlak, 2: 0-0,5% helling, 3: 0,5-1% helling, ... 31: >=95%).

Het definitieve resultaat van deze reeks bewerkingen is een gebiedsdekkende hellingkaart voor heel Vlaanderen, in formaat GRID, initieel uitgedrukt in procent maar herschaald naar een verdeling van 0 tot 31. Elk item in de schaal staat voor een zekere helling uitgedrukt in procent.

### Omzetting van de kaarten naar GeoDB en invoegen legendecodering

Alle kaarten (behalve het DTM) werden vanuit hun origineel formaat (coverage, shapefile, ...) omgezet naar het type GeoDatabase. Deze stap werd enerzijds ondernomen om met een uniform bestandstype te kunnen werken. Anderzijds om een soepele omzetting van de gegevens mogelijk te maken. Uit proefnemingen tijdens de voorbereidingen bleek namelijk dat Access er zich beter toe leent grootschalige berekeningen snel en accuraat uit te voeren dan GIS-toepassingen. Daarnaast laat een Access-GeoDatabase beter toe nieuwe informatie uit de basisgegevens te halen. Dat is dankzij de typische relationele structuren binnen Access enerzijds en door het ontwikkelen van queries en VBA-functies anderzijds.

Vervolgens werden deze resultaat-tabellen vereenvoudigd. Een voortdurende zorg voor de projectuitvoerders is het grote fysieke volume van de kaarten geweest. Een voor Vlaanderen gebiedsdekkende kaart kan immers al snel verschillende honderden megabytes bedragen. Het

---

<sup>6</sup> Bemerking: het Digitaal Terreinmodel was op het moment van de ontwikkeling ervan nog niet volledig daar de resultaten van het centrum van de stad Antwerpen bij OC GIS-Vlaanderen nog niet bekend waren. Omdat dit op het vlak van bebouwing evenwel geen enkel probleem stelt wordt het DTM voor dit project als volledig beschouwd.

samenvoegen van meerdere kaarten met dergelijk gewicht, wat louter op zich al een delicate oefening is, resulteert bijgevolg niet enkel in een combinatie van de inhouden ervan, maar ook in een optelling van diens volumes. Deze volumes belasten niet enkel de schijven van de gebruikte pc's, maar zorgen in het beste geval ook voor zeer lange rekentijd. In het slechtste geval zijn berekeningen dikwijls zelfs niet mogelijk omdat het volume de capaciteit van het pc-materiaal overschrijdt.

Om deze redenen werden alle overbodige attributen uit de basistabellen gelicht, en het attribuut dat nodig is voor de waardering van de voorkomende terreintypes werd geïsoleerd en omgezet naar een meer eenduidige numerieke codering.

### Numerieke codering van de kwalificerende attributen

De BWK bevat voor elk terreintype een bepaalde kwalificatie die in letters wordt weergegeven. Een terrein dat als zeer waardevol wordt gelabeld, krijgt de kwalificatie 'zw'. Een ferrarisbos wordt in de bosleeftijdskaart gemarkeerd als '1111', een bodem kan als attribuut 'Zfgy' dragen, en een beukenbos wordt in de boskartering omschreven als '2'.

De aard van deze kwalificaties is zeer heterogeen, wat informaticiële bewerkingen beduidend bemoeilijkt. Om ook hier weer de werkbelasting en –tijd te verminderen werd besloten alle onderscheidende attributen om te zetten naar eenduidige numerieke codes. Een tweede reden noopte eveneens tot deze conversie, maar deze wordt verder nog besproken.

In totaal kwamen in de BWK 9 variaties voor, in de Bodemseriekaart 4404 variaties, in de bosleeftijdskaart 13 variaties en in de boskartering 24 variaties. De aanpassing van de variaties gebeurde als volgt: de BWK-kwalificatie werd omgezet naar een code van 1 tot 9, van 0 tot 4404 voor de bodemkaart, van 0 tot 12 voor de bosleeftijdskaart en van 1 tot 24 voor de boskartering.

Bij deze tabellen werd telkens een legendetabel toegevoegd, waarin de numerieke code van elke polygoon beschrijvend verklaard werd. Elke bepaalde code blijft op deze manier gelieerd met andere relevante gegevens.

*Voorbeeld Bodem: code 2230 kan in de legendetabel opgezocht worden, en wordt daar als volgt verklaard:*

BODEM-ID	Code	Kaartcode	Kernserie	Omschrijving	Textuur	Drainage	Profiel	Gelclass	Substraat	Varinoma	Variprof	Layer	Verdichting Droog	Verdichting Vochtig	Instulping Droog	Instulping Vochtig	Restauratie
2230	Zfgy	Zfgy	Zfg	Zeer natte zandbodem met duidelijke ijzer en/of humus B horizont	Z	f	g			y		Nat zand	1	2	5	5	4

*Voorbeeld Historiek: de betekenis van code 10 in de legendetabel*

HIST-ID	Omschrijving	Verklaring	Kwetsbaarheidsscore
10	1110	Bebost sinds Vandermaelen	4

*Voorbeeld BWK: de betekenis van code 6 in de legendetabel*

BWK-ID	Omschrijving	Verklaring	Kwetsbaarheidsscore
6	w	Biologisch waardevol	3

Voorbeeld boskartering: de betekenis van code 2 in de legendetabel

BSRF-ID	Naam	Restauratie	Omschrijving
2	11	4	Loofhout - beuk

### Omzetting van de GeoDB-kaarten naar GRIDs (5x5)

De doelstelling na het uniformiseren en 'ontvetten' van de verschillende deelkaarten was het onderling kunnen vergelijken van de verschillende attributen per kaartlaag. Voor elk gebied in Vlaanderen moet immers kunnen geconsulteerd worden wat de waarden zijn per deelkaart. En van groot belang: hoe kan vanuit vijf deelgegevens tot één kwetsbaarheidsscore gekomen worden. Dit kan omwille van softwarematige redenen slechts door het samenvoegen van de verschillende deelkaarten in één algemene kaart waarin alle attributen voor elk bosgebied tegelijk zijn opgenomen.

Door de enorme omvang van het kaartmateriaal bleek het 'clippen' (gebieden die kleine geografische verschillen tonen herleiden naar éénzelfde geografische grootte) van de polygoon-deelkaarten een te zware operatie voor de gebruikte computers.

Daarom werden de vier basiskaarten, samen met de helling-GRID omgezet naar vijf nieuwe GRIDs met een celomvang van 5 bij 5 meter. Het algemene extra voordeel dat eveneens bereikt wordt bij de omzetting van de polygonen naar GRID is dat berekeningen en omzettingen in GRID sneller en soepeler verlopen dan in polygoonvorm, en dat het basismateriaal veel minder omvangrijk is.

Een ander meer specifiek argument voor de celgrootte van 5 bij 5 meter in plaats van 20 bij 20 meter is dat er naar wordt gestreefd de kwetsbaarheidskaart zo accuraat mogelijk te maken. Een kleinere celindeling is hiertoe voordelig.

Een bemerking: het DTM werd dus eveneens herleid van een 20x20-celomtrek naar een 5x5-celomtrek. Het gevolg is dat het verloop van de hellingen iets meer geëgaliseerd wordt. Anderzijds is het resultaat getrouwer onder deze verdeling dan onder een aanvankelijke 20x20-verdeling. Controle aan de hand van stafkaarten leert dat de verdeling van de cellen per 5 meter, vergeleken met cellen van 20 meter nog steeds geen perfecte maar wel de beste benadering van de realiteit blijkt te zijn.

Het resultaat biedt vijf GRIDs, één per deelkaart, met een uniforme celgrootte (5x5m), en waarin per cel telkens de attribuutscodes is verwerkt.

### Gelijkschakeling en omzetting naar één overzicht-GRID

Nadat de digitale vorm en de attribuutswaarden van de deellagen werden geuniformiseerd, werden de vijf GRIDs tenslotte geografisch gelijkgeschakeld aan de standaardnorm. Hiervoor werd de boskartering als norm gehanteerd. Het resultaat zijn vijf GRIDs met identieke vorm en oppervlakte, waarbij in elke GRID een numeriek codering van de inhoud wordt aangetroffen.

In een laatste stap, en om toekomstige kwetsbaarheidsberekeningen en/of -aanpassingen toe te laten werden de vijf GRIDs samengesmolten in één overzichtsgid.

Om de originele attributen van de vijf deellagen te kunnen bewaren ontstond eveneens een praktisch probleem:

- een GRID kan maar één attribuut bevatten. Vijf attributen is dus geen optie;
- een GRID-attribuut is accuraat tot 9 cijfers; de originele vijf codes achter elkaar plaatsen tot de combinatie 22301610602 is evenmin een optie omdat deze waarde te groot is. Ze bevat namelijk elf cijfers.

De gevolgde techniek waar uiteindelijk voor gekozen werd, toegepast op een fictieve voorbeeldcel uit de overzichts-GRID:

- GRID Bodem bevat attribuut 2230 (=Zfgy)
- GRID Helling bevat attribuut 16 (=20-25 %)

- GRID Historiek bevat attribuut 10 (= 1110)
- GRID BWK bevat attribuut 6 (= Waardevol)
- GRID BSRF bevat attribuut 02 (= Loofhout – Beuk)

De samenvattende GRID bevat als attribuut 22305712. Dit is een dubbel gecodeerd cijfer dat enerzijds rechtstreeks verwijst naar het bodemtype (2230xxxx), en anderzijds naar een tweede set gecodeerde gegevens, samengevat in een tijdelijke lijst (xxx5712). Het getal 5712 staat voor de combinatie van het hellingsattribuut 16, het historiekattribuut 10, het BWK-attribuut 6 en het boskarteringsattribuut 2. Op deze manier werd voorzien in elke mogelijke combinatie.

*Voorbeeld Combinatie: de betekenis van code 5712 in de combinatietabel*

Combinatie	BSRF	HELL	HIST	BWK
5710	2	16	10	4
5711	2	16	10	5
<b>5712</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>10</b>	<b>6</b>
5713	2	16	10	7
5714	2	16	10	8
5715	2	16	10	9
5716	2	16	11	1
5717	2	16	11	2
5718	2	16	11	3
5719	2	16	11	4

Deze methode lijkt op het eerste zicht vrij omslachtig maar was noodzakelijk omwille van de boven vernoemde redenen.

### Heromzetting naar GeoDB

Om toekomstige berekeningen naar kwetsbaarheid per gebied toe te laten werd het geheel vervolgens definitief omgezet naar een bestandstype met meer dynamische eigenschappen: het type GeoDatabase. Zonder het resultaat verder in omvang te verzwaren laat dit bestandstype toe om:

- wijzigingen in kwetsbaarheid toe te passen;
- op een vlotte en snelle wijze verschillende mogelijke kwetsbaarheids-algoritmes te testen;
- op grote schaal statistisch materiaal te genereren.

Dit resultaatbestand levert zowel interessante informatie via een ArcGIS-toepassing als via een Access-toepassing.

Praktisch gezien zijn de originele vijf attribuutswaarden opnieuw terug te vinden in het resultaat, wat de weergave in een GIS-programma vereenvoudigt. Eveneens werd aan de hand van het beslissingsalgoritme (samengevat in een Access VBA-functie) een 6<sup>e</sup> attribuut berekend: de output (van 0 tot 9).

## 5.3 Het resultaat

De algemene basiskaart, bestaande uit één GeoDatabase, bevat alle attribuutswaarden, en de outputwaarde. In deze database zijn negen geografische zones terug te vinden, één voor elke houtvesterij.

Deze kaart kan beschouwd worden als het definitieve eindresultaat, maar is zodanig opgebouwd dat, mocht deze nood in de toekomst ontstaan, zowel de scores als het beslissingsalgoritme verder kan verfijnd worden.

## 5.4 Legende van de kwetsbaarheidskaart

De kaart, met bijbehorende legende, is een visueel hulpmiddel dat de interpretatie van de bosbestandsgegevens vereenvoudigt. De informatie in deze kaart is gebaseerd op een verzameling gegevens. Deze gegevens zijn tot stand gekomen in een GeoDatabase (type MS Access) en zijn terug te vinden in een attribuuttabel met bijbehorende legendetabellen.

### Structuur van de gegevens

Het bestand waar alle directe en indirecte informatie in is opgeslagen is de bovenvernoemde database. In deze database vindt men een reeks tabellen terug waarin de feitelijke beschrijving van het terrein is samengevat.

De tabel die de rechtstreekse verbinding verzorgt tussen ruwe digitale geografische informatie enerzijds en de visuele voorstelling ervan anderzijds, is de attribuuttabel (met een variabele naam, steeds beginnend met het prefix "Geo\_").

#### *Voorbeeld attribuuttabel*

<b>OBJECTID</b>	<b>BOSE</b>	<b>HELL</b>	<b>HIST</b>	<b>BWK</b>	<b>BSRF</b>	<b>OUT</b>
20	4299	2	11	9	7	7
21	4299	3	5	6	7	7
22	4299	4	5	6	7	7
23	4299	4	5	9	7	7
24	4221	4	11	3	17	3
25	4221	4	11	6	17	3
26	4299	3	5	6	7	7
27	4299	3	11	6	7	7
28	4221	4	11	3	17	3
29	4221	4	11	9	17	3
30	4299	4	11	3	17	7
31	4221	4	11	6	17	3

De attribuuttabel bevat, naast enkele velden die inherent zijn aan GeoDatabases, een veld genaamd ObjectID en een aantal numerieke velden. Het veld ObjectID verwijst naar een specifiek afgebakende zone ergens in Vlaanderen, waarvan zes attributen worden bijgehouden. De velden BOSE (bodem), HELL (helling), HIST (bosleeftijd), BWK, BSRF (bosreferentie) en OUT (exploitatievoorwaarden) voor deze zone zijn numerieke referenties naar welomschreven types van informatie die in bijbehorende legendetabellen worden omschreven.

In de kolom BOSE bijvoorbeeld treft men zo'n zich herhalende cijferreeks aan. Elk cijfer dat erin voorkomt, komt overeen met een omschrijving die via dit nummer elders terug te vinden is: de bodemlegendetabel. Deze tabel verschaft dus verduidelijking omtrent het bodemnummer.



Voorbeeld bodemlegendetabel

BODEM-ID	Code	Kaartcode	Kernserie	Omschrijving	Textuur	Drainage	Profiel	Gelclass	Substraat	Varimoma	Variprof	Layer	Verdichting Droog	Verdichting Vochtig	Instulping Droog	Instulping Vochtig	Restauratie
2230	Zfgy	Zfgy	Zfg	Zeer natte zandbodem met duidelijke ijzer en/of humus B horizont	Z	f	g			y		Nat zand	1	2	5	5	4

Op gelijkaardige wijze dient te worden omgegaan met de andere attributen in de attribuuttabel.

### De legende

De legende van de kwetsbaarheidskaart is steeds al dan niet rechtstreeks gelinkt aan de informatie die is opgeslagen in de tabellen van de Geodatabase.

#### a) Item Exploitatie

Dit item in de legende is gekoppeld aan het veld OUT in de achterliggende attribuuttabel. Het cijfer dat bij de bepaalde kleur hoort refereert in de database naar de legendetabel tblOutput. Elk nummer (of categorie) verwijst naar een bepaalde exploitatiecategorie.

#### b) Item Bodem

Dit item is tot stand gekomen door de vergelijking van de score die deze bodem behaalt bij instulping onder vochtige omstandigheden met de score op vlak van bodemrestauratie. Beide gegevens zijn via het bodemreferentienummer te traceren in de bodemlegendetabel. Een vermenigvuldiging van beide mogelijk voorkomende scores geeft een getal tussen 0 en 25 (zie ook hoofdstuk 5.3.2). Bodems die als resultaat een getal tussen 20 en 25 krijgen worden in de legende gemarkeerd als zeer kwetsbaar, bodems die een waarde tussen 1 en 4 hebben worden beschouwd als minder kwetsbaar. De categorie onbekend bestaat uit de verzameling gegevens waar minstens één van beide scores, instulping of restauratie, nul of onbekend is.

#### c) Item Biocenose

Het item Biocenose is op een gelijkaardige manier samengesteld. De verantwoordelijke basiswaarden in de attribuuttabel zijn hier de BWK-code en de Bosleeftijdcode. Deze codes maken het mogelijk dat de kwetsbaarheidsscores van beide codes kunnen worden teruggevonden in de BWK-legendetabel en de bosleeftijdslegendetabel. Analoog aan voorgaand item worden beide gevonden scores met elkaar vermenigvuldigd en via dezelfde grensverdeling gerangschikt onder de categorieën meest kwetsbaar tot onbekend.

#### d) Item Helling

In de attribuuttabel, in het veld HELL, vindt men een 32-delige cijferreeks terug die verwijst naar de bestaande categorieën die terug te vinden zijn in de hellinglegendetabel. De kwetsbaarheidsscores waar in de kaart rekening worden gehouden zijn de reeksen 2 tot 3, namelijk helling, en de reeksen 4 tot 5: steile helling.



## 6 VEREENVOUDIGDE VERSIE VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART

---

De kwetsbaarheidskaart zal bestaan uit één originele versie en een aantal afgeleide kaarten in verschillende bestandsformaten.

### 6.1 De basisversie

---

Dit bestand is een GeoDatabase (genaamd "GeoDB Houtvesterijen.mdb") waarin alle relevante informatie van de Vlaamse bossen is opgeslagen. Elke andere kaart die voorkomt is rechtstreeks afgeleid uit dit bestand.

Inhoudelijk treft men er negen attribootstabellen aan: één voor elke houtvesterij in Vlaanderen. Daarnaast vindt men er ook de noodzakelijke legendetabellen in terug, enkele eenvoudige Access-vensters die de aanpassing van de itemscores en de bijbehorende resultaatsberekeningen mogelijk maken, en het Output-berekenings-algoritme dat aan de basis ligt van de exploitatievoorwaarden (zie bijlage: "Hulpmiddelen bij revisie van de kwetsbaarheidskaart").

### 6.2 Afgeleide versies

---

#### a) *Verdeling volgens bestandstype*

Omdat de afgeleide kaarten zullen verdeeld worden over verschillende diensten, en omdat deze diensten ofwel met ArcView ofwel met ArcGIS, ofwel zonder geografisch programma werken, zal het resultaat telkens beschikbaar zijn in drie vormen:

- GeoDatabase: bruikbaar onder ArcGIS en Access 2000
- Shapefile: bruikbaar onder ArcView, ArcGIS en Excel
- Pdf: bruikbaar indien een pdf-lezer aanwezig is

*GeoDatabase:* Het type GeoDatabase laat toe dat er geen bewerkingen hoeven uitgevoerd te worden om de kaart te bekijken. Bij elke database bevindt zich immers een ArcMap-bestand dat onmiddellijk de betreffende kaart en alle bijbehorende items toont na het openen ervan.

*Shapefile:* Dit type is bruikbaar in beide GIS-versies, maar vergt van ArcView-gebruikers meer bewerkingen en is beperkter in de weergave. Elke gebruiker wordt verondersteld zelf een nieuw project te maken, de betreffende shapefile er aan toe te voegen en vervolgens te koppelen aan een bijgeleverde legende (het te koppelen veld in de attribootstabel heet 'OUT').

- Deze ArcViewlegende toont enkel de exploitatievoorwaarden. Omdat de andere legendeitems uit de kwetsbaarheidskaart werken met een koppeling van verschillende scores, en ArcView zulke koppeling grafisch niet kan weergeven, wordt de gebruiker verondersteld zelf alternatieve handelingen te ondernemen om deze resultaten toch in ArcView te kunnen publiceren.

*PDF:* dit bestand bevat alle items van de kwetsbaarheidskaart maar laat niet toe om wijzigingen of consultaties uit te voeren.

#### b) *Verdeling volgens geografie*

Rekening houdend met de (beperkte) kracht van de benodigde computers worden verschillende formaten in grootte voorzien.

- De Basiskaart: regio Vlaanderen
- Een kaart per houtvesterij
- Een kaart per NGI-kaartblad

Het verband dat hier speelt is dat naarmate de geografische regio kleiner wordt het bestandsvolume eveneens kleiner wordt, waardoor de capaciteit van de gebruikte pc groter

wordt. Er wordt aangeraden om kleine kaarten te gebruiken indien de betreffende pc een beperkte capaciteit heeft.

## 7 RUIMTELIJKE VERDELING VAN KWETSBAARHEIDSKLASSEN

---

### 7.1 Algemene bemerking

---

In dit hoofdstuk worden een aantal berekende statistieken in verband met de kwetsbaarheidsscores meegegeven.

Deze cijfergegevens zijn de resultante van een aantal GIS-matige berekeningen (overlay, intercept), waaruit oppervlaktes worden gegenereerd.

Deze zijn in dit hoofdstuk letterlijk overgenomen, maar moeten evenwel met de nodige omzichtigheid worden gebruikt: de nauwkeurigheid van de cijfers (tot op ha) is het resultaat van een mathematische verwerking van het GIS en is veel groter dan de foutenmarge van de basiskaarten waar ze zijn van afgeleid. Het betreft hier dus een schijnnaauwkeurigheid.

Voor de verschillende berekeningen zijn bovendien soms (licht afwijkende) andere versies van de basiskaarten gebruikt, waardoor de totaalsom niet tot op de ha overeenkomt.

Wat wel correct is, is de grootte-orde van de cijfers, en dat is ook hetgeen waarvoor zij bedoeld zijn: ze zijn indicatief en illustratief voor het feit of een bepaalde kwetsbaarheidsscore, (of hellingsgraad of bosleeftijd, enz...) veel of weinig voorkomt in Vlaanderen, in welbepaalde Houtvesterijen opvallend meer of minder voorkomt, enz...

### 7.2 Enkelvoudige kwetsbaarheidsklassen

---

#### Bodem: verdichting, instulping en herstel

Tabel 15 geeft een overzicht van de verschillende textuurklassen onder bos in Vlaanderen. Textuurcomplexen komen weinig voor (in totaal 619 ha of 0,4% van de Vlaamse bosoppervlakte) en werden geklasseerd bij de meest kwetsbare textuurklasse, zodat ze een kwetsbaarheidsscore voor compactie konden toebedeeld krijgen. Bij gebrek aan informatie over drainering, kon voor textuurcomplexen geen kwetsbaarheidsscore voor instulping opgesteld worden.

De kwetsbaarheidsscores voor bodemverdichting of compactie tijdens droge resp. vochtige periode zijn per textuurklasse weergegeven. Voor instulping wordt het bereik van kwetsbaarheidsscores gegeven, aangezien deze afhankelijk zijn van de drainageklasse. Deze tabel is bedoeld als hulpmiddel bij de interpretatie van de deellaag bodem van de kwetsbaarheidskaart. Het geeft een algemeen beeld van welke de voornaamste texturen onder Vlaams bos zijn. Zand, lemig zand, leem en zandleem komen duidelijk het meest voor onder bos.

De klasse 'onbekend' beslaat ongeveer 16250 ha bos. Het zijn o.a. afgegraven gronden (OA), bebouwde zones (OB), verdwenen bewoningen (OC), groeven (OE), belten (OH), opgehoogde gronden (ON), sterk vergraven gronden (OT), uitgeveende gronden (OV). Aangezien voor deze bodemseries info over textuur en drainage ontbreekt, kon hieraan geen kwetsbaarheidsscore worden toegekend. Ook polder-, moer- en kreekrugggronden konden omwille van hoge variabiliteit en onvoldoende basisinfo niet geklasseerd worden. Hierbij gaat het echter om een zeer beperkte oppervlakte.

Tabel 15: Relatief aandeel van de verschillende textuurklassen onder bos in Vlaanderen (totaal is 150378 ha). Textuurcomplexen werden bij de hoofdtextuurklasse gerekend.

Textuurklasse	Oppervlakte (ha)	Relatief aandeel	Score compactie droog	Score compactie vochtig	Score instulping droog	Score instulping vochtig
Z (zand)	56306	37.44%	1	2	3-5	1-5
S (lemig zand)	20546	13.66%	2	3	3-5	1-5
P (licht zandleem)	7398	4.92%	3	4	1-5	2-5
L (zandleem)	13204	8.78%	4	5	1-5	2-5
A (licht leem)	15727	10.46%	4	5	1-5	2-5
E (lichte klei)	7272	4.84%	2	3	1-5	2-5
U (zware klei)	1134	0.75%	2	3	1-5	2-5
V (veen)	3037	2.02%	1	1	5-1	5-1
X (duin)	8721	5.80%	1	2	3-5	1-5
G (> 5% stenen)	616	0.41%	4	5	1-5	2-5
M (mergel)	67	0.04%	4	5	1-5	2-5
N (krijtcomplexen)	0,4	0.0002%	4	5	1-5	2-5
onbekend	16349	10.87%	0	0	0	0

Tabel 16 vat voor heel het Vlaamse bosareaal de relatieve verdeling van de kwetsbaarheidsscores voor compactie en instulping samen. Indien relevant, worden deze factoren beschouwd voor zowel droge als vochtige bodemtoestand. Ongeveer 1/5 van het Vlaamse bos is zeer kwetsbaar voor compactie; dit zijn voornamelijk leembodems en zandleembodems. Het aanzienlijke aandeel bodems die weinig kwetsbaar zijn voor compactie (ongeveer 45%) zijn voornamelijk zandgronden en duingronden.

Aanzienlijk grotere oppervlakten hebben een hoge kwetsbaarheid voor instulping, waarbij de bodems in 2 groepen kunnen opgesplitst worden: enerzijds leem- en kleihoudende bodems die kwetsbaarder worden bij toenemend vochtgehalte (26%), en anderzijds droge zandgronden bij lage bodemvochtgehalten (72%). Dit laatste getal lijkt enorm veel, maar heeft weinig praktische consequenties omdat een dergelijke kwetsbaarheid maar over een korte periode van het exploitatie seizoen wordt opgetekend.

Tabel 16: Relatief aandeel van de kwetsbaarheidsscores voor compactie en instulping onder 145.420 ha bos in Vlaanderen (droge en vochtige bodem)

Score	Comp droog	Comp vochtig	Inst Droog	Inst Vochtig
5	0,03%	19,80%	40,70%	23,81%
4	19,77%	4,86%	31,05%	3,33%
3	4,86%	19,04%	0,44%	6,23%
2	19,04%	43,55%	3,08%	23,64%
1	45,57%	2,02%	13,55%	31,81%
0	10,73%	10,73%	11,17%	11,17%

Tabel 17 (voor droge bodems) en Tabel 18 (voor vochtige bodems) geven weer welke oppervlakten ingenomen worden door bosbodems die een bepaalde combinatie van kwetsbaarheidsscores voor compactie én instulping hebben. Deze informatie heeft belangrijke gevolgen voor de praktijk. Zo geeft de score voor bodemcompactie aan in welke mate vaste ruimingstracés of zeer lichte machines moeten ingezet worden, maar weet men a.d.h.v. de score voor instulping welke werkwijze haalbaar is (rijsporen, vast rijden). Vergelijking tussen droge en vochtige omstandigheden leert bovendien in welk seizoen de exploitatie bij voorkeur uitgevoerd wordt.

De opbouw van deze tabellen is zodanig dat het risico op compactie afneemt van boven naar beneden. Per compactiescore zijn de instulpingsscores in dalende volgorde gerangschikt. Combinaties met de score 'onbekend' komen helemaal onderaan de tabel; ze komen maar in beperkte mate voor omdat classificatie naar compactiegevoeligheid minder input vraagt dan classificatie voor instulping. Bodems waarvoor het risico op instulping niet kon benoemd worden, maar het risico voor compactie wel, beslaan enkele honderden hectaren. Bodems met

beide kwetsbaarheidsscores 'onbekend', staan voor 15336 ha. Dit zijn voornamelijk antropogeen verstoorte gronden.

Voor droge omstandigheden (Tabel 17) blijkt dat de meest kwetsbare klassen met enkele duizenden hectare vertegenwoordigd zijn. Een 20000 ha (4000 + 16000) is zeer kwetsbaar voor compactie maar niet gevoelig voor instulping; dit zijn bodems die zware schade zouden kunnen oplopen mocht men enkel van visuele kenmerken uitgaan (risico op instulping). Ongeveer het omgekeerde is het geval voor een 85000 ha: laag risico compactie gekoppeld aan hoog risico instulping (10000 + 16000 + 50000 + 18000). Voor deze zandige bodems komt het erop aan te exploiteren bij een matig vochtgehalte: niet te nat, maar zeker niet kurkdroog.

Voor vochtige omstandigheden daarentegen liggen de zaken anders (Tabel 18). Hier zijn de hoogste kwetsbaarheidsklassen sterker vertegenwoordigd, voornamelijk door de verhoogde kwetsbaarheid van vochtige leembodems. Op 29432 ha is het risico op compactie uiterst hoog, gekoppeld aan verschillende kwetsbaarheden voor instulping. Een 20000 ha is minder kwetsbaar voor compactie maar heeft zeer hoge kwetsbaarheid voor instulping. In deze bossen is het in vochtige omstandigheden niet doenbaar (en niet verantwoord) om met machines in de bestanden te rijden. De grote oppervlakten zandgronden en lemig zandgronden situeren zich hier, naargelang de drainering, in de lagere kwetsbaarheidsklassen (60000 ha scores  $\leq 2$ ). Minder gedraineerde zanden zijn meer kwetsbaar voor instulping.

Tabel 17: Overzichtstabel voor droge bodemomstandigheden. Combinaties van kwetsbaarheidsscores voor compactie en instulping en de overeenkomstige bosoppervlakten per houtvesterij

Score compactie droog	Score instulping droog	Brugge (ha)	Gent (ha)	Antwerpen (ha)	Turnhout (ha)	Hechtel (ha)	Bree (ha)	Hasselt (ha)	Leuven (ha)	Groenendaal (ha)	Totaal (ha)
5	5		45								45
4	5	8	413	144	3			409	1290	504	2771
4	4	131	1539	967	482	12	20	970	1288	548	5956
4	3	16	7	2				134	160	19	338
4	2	453	849	198				1218	1120	224	4061
4	1	487	2785	296	1		4	2317	4626	5745	16261
3	5	1	20	89	52	12	13				186
3	4	187	316	1252	1124	429	348	238	168	11	4074
3	3	7	0					0	4		11
3	2	118	76	49				59	19	1	322
3	1	464	526	639	57	7	490	124	406	76	2789
2	5	354	581	1657	1087	1229	2548	1502	1148	180	10285
2	4	1437	2438	3838	2026	786	1563	1526	2429	202	16244
2	3	94	178					6	38		316
2	2	62	148		16			148	47	1	422
2	1	45	316	96	42	13	0		650	39	1202
1	5	2553	3674	6940	9849	8660	6302	9607	2699	315	50598
1	4	527	926	5778	6260	1814	1135	1813	164		18417
1	3		2						1		3
4	0		67					99	132	39	337
3	0			16							16
2	0		66					8	237	75	386
0	0	1100	2203	3382	1564	1615	2110	2103	764	495	15336
<b>Totaal (ha)</b>		<b>8044</b>	<b>17178</b>	<b>25342</b>	<b>22561</b>	<b>14576</b>	<b>14533</b>	<b>22281</b>	<b>17390</b>	<b>8473</b>	<b>150378</b>



Tabel 18: Overzichtstabel voor vochtige bodemomstandigheden. Combinaties van kwetsbaarheidsscores voor compactie en instulping en de overeenkomstige bosoppervlakten per houtvesterij

Score compactie vochtig	Score instulping vochtig	Brugge (ha)	Gent (ha)	Antwerpen (ha)	Turnhout (ha)	Hechtel (ha)	Bree (ha)	Hasselt (ha)	Leuven (ha)	Groenendaal (ha)	Totaal (ha)
5	5	139	1997	1111	485	12	20	1379	2578	1051	8772
5	4	469	855	199				1352	1279	244	4399
5	3	396	1614	277	1		3	873	1807	1006	5978
5	2	92	1170	19			1	1444	2819	4739	10283
4	5	188	337	1341	1175	441	361	238	168	11	4260
4	4	125	76	49				59	22	1	333
4	3	386	401	577	55	7	171	76	182	42	1897
4	2	78	125	62	2	0	319	48	224	33	892
3	5	610	1979	3393	1751	618	1312	1371	2059	192	13285
3	4	80	149		16			1	50	1	296
3	3	121	494	96	42	13	0	94	685	39	1585
3	2	962	803	1087	917	410	660	459	831	102	6231
3	1	219	236	1015	445	987	2138	1257	687	88	7073
2	5	6	51	2309	2059	691	549	821	18		6503
2	3		2						1		3
2	2	524	876	4187	5314	3084	920	1996	1127	47	18073
2	1	2540	3586	6121	8272	6084	5032	8265	1274	241	41415
1	5	10	88	102	464	615	936	339	444	27	3024
5	0		67					99	132	39	337
4	0			16							16
3	0		66					8	237	75	386
0	0	1100	2203	3382	1564	1615	2110	2103	764	495	15336
<b>Totaal (ha)</b>		<b>8044</b>	<b>17178</b>	<b>25342</b>	<b>22561</b>	<b>14576</b>	<b>14533</b>	<b>22281</b>	<b>17390</b>	<b>8473</b>	<b>150378</b>

## Helling

Door het gebruik van het nieuwe DHM kon elke polygoon van de deellaag helling een kwetsbaarheidsscore toebedeeld krijgen. In Tabel 19 worden de absolute en relatieve verdelingen van de hellingscores weergegeven. Hieruit blijkt zeer duidelijk dat steile hellingen onder bos zeldzaam zijn: 85% van de bossen staat op terrein met een hellingsgraad tussen 0 en 5%, dus praktisch vlak. Een miniem aandeel van de bossen staat op zeer steile hellingen, ongeveer 550 ha. Hellingsgraad is dus een kwetsbaarheidfactor met lage scores voor het grootste aandeel van de Vlaamse bossen.

*Tabel 19: Absolute en relatieve verdeling van de kwetsbaarheidsscores voor helling in Vlaanderen op basis van het DHM met een resolutie van 20 m. Klasse 'onbekend' komt niet voor.*

<b>Kwetsbaarheids- score</b>	<b>Hellingsgraad</b>	<b>Relatief aandeel</b>	<b>Relatief aandeel</b>	<b>Oppervlakte (ha)</b>
5	> 85 %	0.00%	0.37%	556
	80 % - 85 %	0.0001%		
	75 % - 80 %	0.0001%		
	70 % - 75 %	0.0002%		
	65 % - 70 %	0.0010%		
	60 % - 65 %	0.0040%		
	55 % - 60 %	0.0060%		
	50 % - 55 %	0.0100%		
	45 % - 50 %	0.02%		
	40 % - 45 %	0.04%		
	35 % - 40 %	0.09%		
4	30 % - 35 %	0.20%	1.34%	2015
	25 % - 30 %	0.45%		
	20 % - 25 %	0.89%		
3	15 % - 20 %	1.68%	4.91%	7384
	10 % - 15 %	3.23%		
2	5 % - 10 %	8.16%	8.16%	12271
1	0 % - 5 %	85.22%	85.22%	128152
	0%	0.0009%		

## Boshistoriek

Tabel 20 geeft verdeling van kwetsbaarheidsscores voor boshistoriek in Vlaamse bossen. Hieruit blijkt dat 12,5% de hoogste score heeft; dit is het zogenaamde oud bos of Ferrarisbos. Uit historische bronnen blijkt dat alle andere bos de afgelopen 230 jaar een bepaalde periode ontbost is geweest. Hiervan nemen de jongste bossen het grootste aandeel in: 28% is na 1850 ontstaan en ongeveer 40% na 1930. Voor 3,45% van de bossen is er geen informatie beschikbaar over de boshistoriek.

Tabel 20: Relatieve verdeling van de 'bosleeftijd' en de daaraan gekoppelde kwetsbaarheidsscores voor gans Vlaanderen

Historiecode	Kwetsbaarheids- score	Verhouding	Verhouding totaal
1111	5	12.49%	12.49%
1110		8.51%	
1112	4	0.02%	13.00%
1101		4.47%	
1100	3	27.35%	28.16%
1102		0.81%	
1011	2	2.21%	2.21%
1010		2.94%	
1012		0.01%	
1001	1	2.99%	40.70%
1000		33.46%	
1002		1.30%	
Onbekend	0	3.45%	3.45%

### Biologische waardering

Tabel 21 geeft de verdeling van kwetsbaarheidsscores voor biologische waardering in Vlaamse bossen. Zoals te verwachten werd de meerderheid van de bossen bij de zeer hoge en de gemiddelde kwetsbaarheidsscores ingedeeld (34 en 45%). Met de bedoeling van de Biologische Waarderingskaart in het achterhoofd, is dit logisch. Bossen die als biologisch minder waardevol gekarteerd zijn, omvatten ongeveer 10% van het bosareaal.

Tabel 21: Relatieve verdeling van de scores voor biologische waardering in Vlaamse bossen

Biologische waardering	Kwetsbaarheids- score	Verhouding
z	5	33.97%
wz	4	8.04%
w	3	45.20%
mw, mwz, mz	2	3.22%
m	1	9.50%
Onbekend, x	0	0.07%



## 8 REFERENTIES

---

De Blust, G., Froment, A., Kuyken, E., Nef, L. & Verheyen, R. 1985. Biologische waarderingskaart van België. Algemene verklarende tekst. Ministerie van volksgezondheid en van het gezin, Brussel, 98 p.

De Keersmaeker, L., Rogiers, N., Lauriks, R. & De Vos, B. 2001. Ecosysteemvisie bos Vlaanderen, ruimtelijke uitwerking van de natuurlijke bostypes op basis van bodemgroeperingseenheden en historische boskaarten. IBW. Eindverslag van project VLINA C97/06. 109 p.



## 9 BIJLAGE: HULPMIDDELEN BIJ REVISIE VAN DE KWETSBAARHEIDSKAART

---

### 9.1 Concept

---

Om in de mogelijkheid te voorzien dat de kaart in de toekomst nog verder verfijnd kan worden, hebben de projectuitvoerders een applicatie in de 'moederkaart' toegevoegd, waarmee door relatief eenvoudige handelingen de kaart grootschalig kan gewijzigd worden.

Deze extra applicatie verzwaart het geheel niet noemenswaardig, is handig in gebruik door de volledige automatisatie ervan, en de resultaten als gevolg van de toegevoegde wijzigingen zijn onmiddellijk zichtbaar in ArcMap.

In essentie zijn er twee mogelijkheden tot wijziging van de kwetsbaarheidskaart:

- Aanpassing van de kwetsbaarheids- en restauratiescores
- Aanpassing van het algoritme

#### Aanpassing van de kwetsbaarheids- en restauratiescores

De kwetsbaarheids- en restauratiescores zijn opgeslagen in de kaart en worden via vijf vensters gepubliceerd. Deze vensters laten toe dat de basisscore per voorkomend type eenvoudig kan gewijzigd worden.

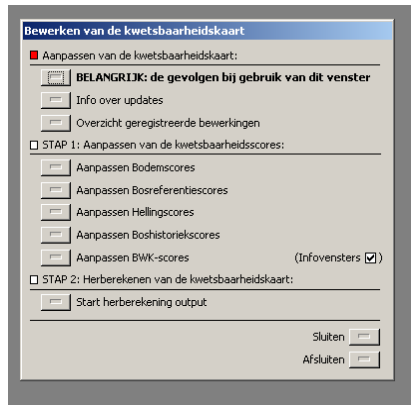
#### Aanpassing van het algoritme

Het algoritme, eveneens aanwezig in deze database, is niet op geautomatiseerde wijze aan te passen. Het algoritme is geschreven in de scripttaal Access VBA, en is terug te vinden in de module 'basCalcOutput', meerbepaald in de routine 'CalculateOutput', en de subroutines 'CalculateOutputSub01' en de functie 'GetRestScore'. Wijzigingen kunnen niettemin uitgevoerd worden indien aan twee voorwaarden voldaan wordt:

- de uitvoerder is bekend met de scripttaal;
- de tabelstructuren van de betreffende tabellen in deze database moeten gerespecteerd worden.

#### Hoe wijzigingen aanbrengen?

Wanneer de database in kwestie wordt geopend, verschijnt automatisch een centraal infopaneel van waaruit verdere stappen kunnen ondernomen worden.



Figuur: Voorbeeld centraal infopaneel:

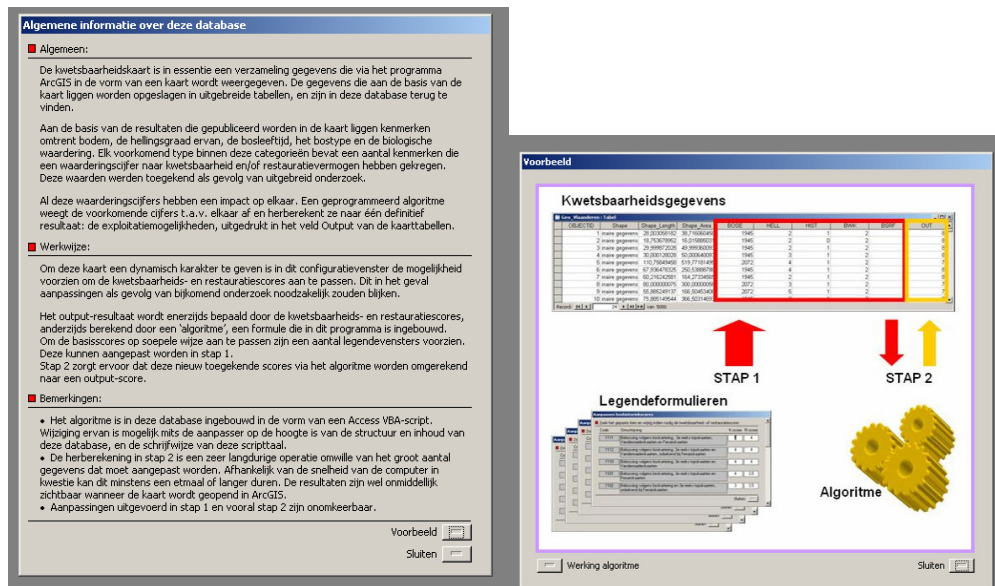
## 9.2 Beschrijving van de vensters

Het basisvenster is onderverdeeld in drie gedeeltes:

9. Aanpassen van de kwetsbaarheidskaart
10. Stap 1: Aanpassen van de kwetsbaarheidsscores
11. Stap 2: Herberekenen van de kwetsbaarheidskaart

### Aanpassen van de kwetsbaarheidskaart

Dit onderdeel is een informatief gedeelte. *De eerste knop* ("Belangrijk ...") geeft toegang tot een beschrijvend tekstvenster waarin de filosofie van de database wordt uitgelegd, de eventueel mogelijke werkwijzen in het programma worden verklaard, en er een verhelderend schema van het proces (Wijzigingen in scores én algoritme) wordt getoond.

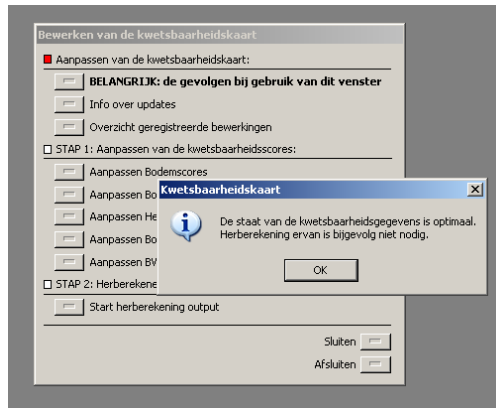


Figuur: Voorbeeld bij knop 1

*De tweede knop* ("Info ...") geeft de actuele status van de database weer. Indien er recentelijk geen nieuwe scores werden toegevoegd, geeft het programma aan dat herberekening niet

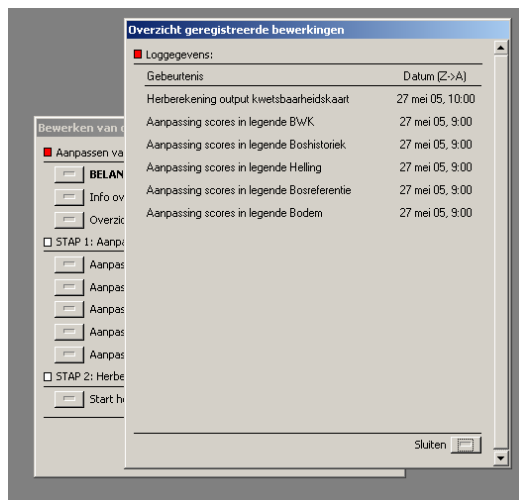


nodig is. Indien daarentegen recentelijk een score werd gewijzigd zal deze knop voorstellen de herberekening van de database uit te voeren.



Figuur: Voorbeeld bij knop 2

De derde knop ten slotte ("Overzicht ...") geeft een tijdschik van de afgelopen handelingen die werden uitgevoerd in de kaart (aanpassingen legendes, herberekeningen ...).



Figuur: Voorbeeld bij knop 3

### Stap 1: Aanpassen van de kwetsbaarheidscores

In dit onderdeel vindt men vijf knoppen terug. Elk van deze knoppen geeft toegang tot het legendevenster van de gekozen categorie. In deze deelvensters is elk voorkomend type van de betreffende categorie aanwezig, en is het mogelijk de actuele kwetsbaarheids- en/of restauratiescore bij dat type te wijzigen.

*Belangrijk:* omdat de wijziging van deze scores fundamenteel ingrijpend is in de weergave van de kaart, wordt vóórdat het venster wordt geopend een waarschuwende boodschap getoond die de gebruiker verwittigt voor de impact van eventuele wijzigingen.

Vanaf er een wijziging is uitgevoerd wordt er een markering toegevoegd in het historiekvenster van het informatiegedeelte. Vanaf dat moment zal er ook aangeraden worden de kaart te updaten door een herberekening te laten uitvoeren (zie verder). Wijzigingen kunnen niet ongedaan worden gemaakt.



- De gebruiker kan de herberekening desnoods uitstellen naar een later moment. Indien de berekening gestart is, is het niet wenselijk deze computer verder te gebruiken voor andere activiteiten.
- Tijdens de berekeningen krijgt de gebruiker een gedetailleerd tijdsbestek te zien, en wordt de gebruiker op de hoogte gehouden van de voortgang van het proces door middel van een Logboekvenster.

Eenmaal de herberekening is voltooid, kan de nieuwe kaart onmiddellijk geconsulteerd worden. Enkele gevolgen van de herberekening:

- Er is sprake van een meer accurate kaart
- Andere kaarten afgeleid van de moederkaart moeten hermaakt worden omdat deze niet langer up to date zijn.
- alle bestaande beschrijvende documenten omtrent de kwetsbaarheidsdatabase komen te vervallen.