

Kenmerken en ontstaanswijzen van ravijnen in het Meerdaalwoud.

Voor vele inwoners van Brabant is het Meerdaalwoud samen met het Heverleebos één van de aangenaamste plaatsen in de provincie om te wandelen. Op amper 12 km van de drukke stad Leuven kan men verdwalen in een zee van groen. Dat dit bos een belangrijke ecologische waarde heeft, is voor weinigen een geheim, maar dat het Meerdaalwoud daarnaast ook nog een schat aan informatie omtrent het landschap en de bodem bevat, is minder gekend. Uit geomorfologisch onderzoek is duidelijk geworden dat in het bos verschillende sporen van oude ravijnen (Figuur 1a en 1b) worden teruggevonden. Momenteel worden enkel ravijnen onder akker geïnitieerd. Om het raadselachtige ontstaan van deze ravijnen te achterhalen, wordt sinds 2001 een onderzoek gevoerd.

Miet Van Den Eeckhaut

Tom Vanwalleghem

Jean Poesen

Jozef Deckers

1. Inleiding

Dit artikel beschrijft de eerste resultaten van het hierboven aangehaalde onderzoek. Eerst en vooral zal een overzicht gegeven worden van de morfologische en topografische kenmerken van de ravijnen in het Meerdaalwoud. Daarna zullen deze kenmerken vergeleken worden met deze van tijdelijke ravijnen onder akker in de Leemstreek.

Vervolgens wordt dieper ingegaan op de mogelijke initiatievoorwaarden van ravijnen in het Meerdaalwoud. Tijdens het onderzoek werd nagegaan of er een relatie tussen de helling van het bodemoppervlak ter hoogte van het ravijnhoofd (S , $m \cdot m^{-1}$) en de oppervlakte van het toestroomgebied (A , ha) bestond en of deze relatie dezelfde was als voor de initiatie van tijdelijke ravijnen onder

akker in de Leemstreek. Deze relatie, die een goede voorspelling van de initiatie-locatie van de ravijnhoofden oplevert, is van de vorm (Vandaele et al., 1996):

$$S = aA^{-b} \quad (1)$$

met a een coëfficiënt en b een exponent. Vroegere studies (o.m. Vandaele et al., 1996) hebben uitgewezen dat voor tijdelijke ravijnen onder akker in de Leemstreek, oppervlakkig afstromend regenwater het belangrijkste erosieproces is en dat de exponent b een vrij constante waarde van 0,4 heeft. Op een dubbellogaritmische grafiek wordt dan een dalend, lineair verband tussen S en A bekomen (zie bijvoorbeeld Figuur 5). Indien niet de lokatie van het ravijnhoofd, maar het hele ravijntraject voorspeld wordt, ligt de waarde van b rond één (Desmet et al., 1999). In dit deel zal nage-





Figuur 1a
Insijding met "gemiddelde"
afmetingen. Vermoedelijk
gaat het om een oud pad
(Meerdaalwoud: 09-12-01)

gaan worden of relatie (1) ook geldig is voor de ravijnen onder bos.

Tenslotte werd gezocht naar indicaties omtrent de ontstaansomstandigheden van de ravijnen onder bos. Hiervoor werd een voorspelling gemaakt van de plaatsen waar ravijnen verwacht worden in het studiegebied, indien het volledige gebied onder akker lag. Er werd beroep gedaan op de resultaten van Desmet et al. (1999). Uit zijn onderzoek op akkers in de Leemstreek blijkt dat relatie:

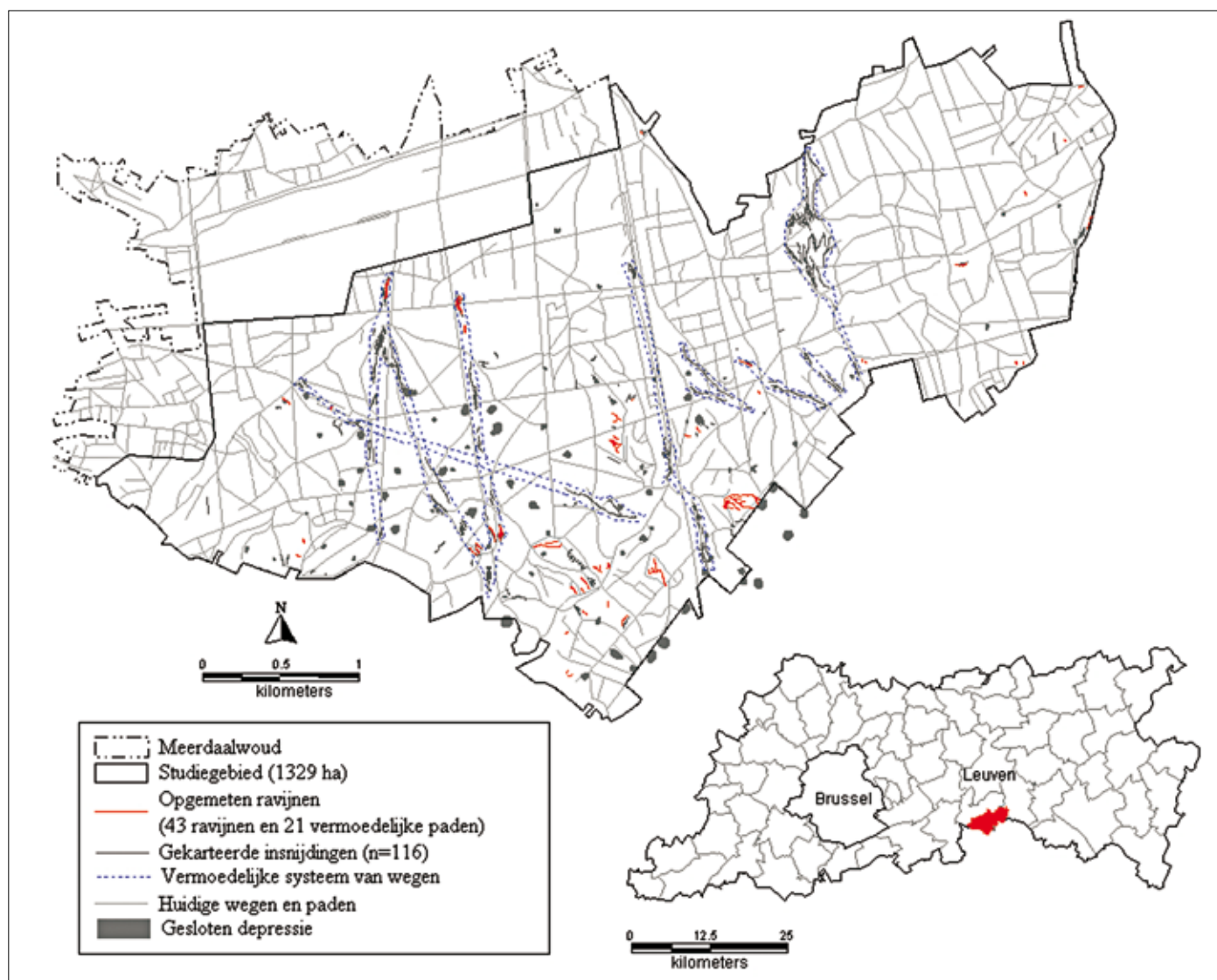
$$SA_s^{b>t} \quad (2)$$

met S , de helling ($m \cdot m^{-1}$) en A_s het toestroomgebied per eenheid van contourlengte (m^2/m), een goede voorspelling oplevert voor trajecten van tijdelijke ravijnen onder akker indien exponent b en drempelwaarde t respectievelijk aan één en 33 gelijkgesteld worden. Daar de

relatie van Desmet et al. (1999) is opgesteld in eenzelfde fysische omgeving als het studiegebied, kan een goede overeenkomst tussen de ligging van de voorspelde en de gekarteerde ravijntrajecten een indicatie zijn dat de ravijnen in het studiegebied ontstaan zijn als tijdelijke ravijnen onder akker. Wanneer dit niet het geval is, zijn andere ontstaansomstandigheden meer waarschijnlijk. Alvorens de resultaten te behandelen, zal eerst een kort overzicht gegeven worden van het studiegebied en de ligging van de ravijnen.

2. Studiegebied

Het Meerdaalwoud is een 1673 ha groot bos dat ooit samen met het Zoniënwood deel uitmaakte van het legendarische Kolenwoud. Zoals op Figuur 2 te zien is,



Figuur 2

Situering van de ravijnen en vermoedelijke wegen in het studiegebied. Merk op dat naast de insnijdingen die in detail werden opgemeten ook de insnijdingen zijn weergegeven die enkel gekarteerd werden.

ligt dit bos grotendeels in Vlaams Brabant, in de gemeenten Oud-Heverlee en Bierbeek. Het eigenlijke studiegebied heeft een oppervlakte van 1329 ha, omdat het vroegere militaire domein in het noordoosten van het bos niet opgenomen werd in deze studie.

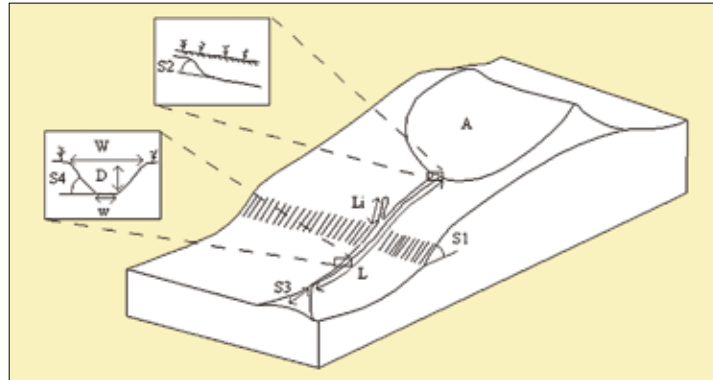
Het studiegebied is gelegen op het noordelijke deel van het Brabants Leem-plateau en wordt gekenmerkt door een complexe topografie van noordoost-zuidwest georiënteerde Tertiaire heuvelruggen en ingesneden valleien. Tijdens de ijstijden in het Quartair werden deze Tertiaire formaties, die hoofdzakelijk uit zanden bestaan, toegedekt door een loesspakket (Goossens, 2000). Momenteel varieert de absolute hoogte van 35 m tot 103 m. Het is in dit prachtige bos, waar de menselijke impact gedurende

eeuwen beperkt is gebleven, dat talrijke ravijnen voorkomen. Ter illustratie toont Figuur 1a een middelgroot en 1b een groot ravijn.

Ter vergelijking is in Figuur 1c een groot ravijn onder akker weergegeven.

3. Ligging van de ravijnen in het studiegebied

In totaal werden 248 insnijdingen met GPS (global positioning system) gekarteerd. Al snel werd duidelijk dat dit niet allemaal ravijnen waren en dat een belangrijk deel waarschijnlijk oude holle wegen of paden zijn die momenteel niet meer gebruikt worden. Deze vermoedelijke paden liggen vaak in elkaars verlengde (Figuur 2) en vormen systemen van wegen die het hele bos doorkruisen. Ook valt op dat er vaak niet één weg,

**Figuur 3**

Een ravijn onder bos met aanduiding van de belangrijkste morfologische en topografische kenmerken.

(L: lengte, L_i : lengte van zijravijn i, W: bovenbreedte, w: basisbreedte, D: diepte, S_1 : helling waar het ravijn ontstaan is, S_2 : helling van het ravijnhoofd, S_3 : sedimentatiehelling, S_4 : helling van de wanden, A: oppervlakte van het hellingopwaarts gelegen toestroomgebied)

maar verschillende wegen parallel naast elkaar voorkomen. Dit kan verklaard worden doordat de mens, wanneer het pad te modderig werd, een alternatieve route verkoos onmiddellijk naast het bestaande pad.

De meeste ravijnen bevinden zich op de steile valleiwanden in het reliëfrijke zuidelijke deel van het studiegebied. De vermoedelijke paden bevinden zich hoofdzakelijk op zwakkere hellingen. De wet van de minste inspanning volgend, heeft de mens de gemakkelijkste route gekozen om het bos te doorkruisen. Een duidelijk verband tussen enerzijds de ligging van de ravijnen en anderzijds de lithologie of de bodem werd niet waargenomen. Opvallend is wel de ligging van de ravijnen onder bos in de nabijheid van enkele archeologische sites (Dens,

1908) en gesloten depressies (Figuur 2). Of er daadwerkelijk een verband bestaat wordt momenteel onderzocht.

4. Morfologische en topografische kenmerken

4.1. Methodiek

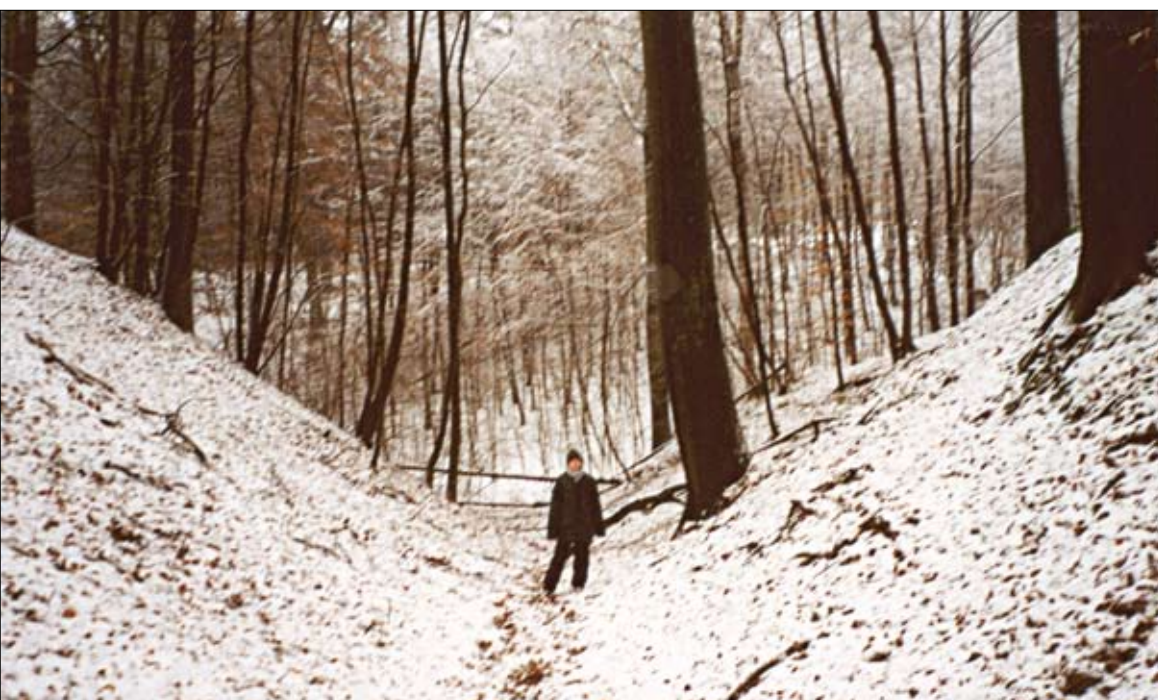
Op het terrein werden de morfologische en topografische karakteristieken opgemeten van 43 ravijnen onder bos en 21 vermoedelijke paden (Figuur 3). De morfologische kenmerken omvatten de lengte, de basis- en bovenbreedte, de diepte, de dwarsdoorsnede en het geërodeerde volume. De helling en het toestroomgebied behoren tot de topografische parameters. Het toestroomgebied is de zone hellingopwaarts van het ravijnhoofd waar de geconcentreerde oppervlakkige afvoer gegenereerd wordt. Dit

Figuur 1b (links)

Ravijn onder bos met zeer grote afmetingen
(Meerdaalwoud: 22-12-02).

Figuur 1c (rechts)

Recent ravijn onder akker
(Bertem, België, januari 1999).



betekent dat al de neerslag die in deze zone valt en oppervlakkig afstroomt naar het ravijnhoofd zal gaan. De helling werd op vier verschillende plaatsen in of langsheen de insnijdingen opgemeten. Als eerste werd de initiatiehelling opgemeten. Aangezien de ravijnen onder bos reeds lang geleden gevormd zijn, is latere hellingopwaartse migratie van het ravijnhoofd niet uitgesloten. Daarom werd hiervoor de steilste helling van het bodemoppervlak langsheen het ravijn genomen (Vandaele et al., 1996). Daarnaast werden ook de helling van het ravijnhoofd, de sedimentatiehelling en de helling van de ravijnwanden opgemeten.

4.2. Resultaten en discussie

De belangrijkste ravijnkarakteristieken zijn terug te vinden in Tabel 1. Merk op dat de kenmerken reeds binnen de drie types insnijdingen sterk uiteenlopen. Opvallende verschillen werden vastgesteld tussen de morfologische kenmerken van

de ravijnen onder bos en de tijdelijke ravijnen onder akker. De ravijnen onder bos blijken korter te zijn dan de tijdelijke ravijnen onder akker. Dit heeft te maken met het feit dat de ravijnen onder bos zich voornamelijk op steile, korte val-leiwanden bevinden, terwijl de tijdelijke ravijnen onder akker in de thalweg, in de valleibodem, gelegen zijn. Ondanks de vaststelling dat de ravijnen onder bos korter zijn, zorgen de significant grotere diepte en bovenbreedte voor een dwarsdoorsnede (gemiddeld 8,13 m²) en geërodeerd volume (gemiddeld 940,76 m³) dat aanzienlijk groter is dan deze van de tijdelijke ravijnen (respectievelijk 0,12 m² en 31,0 m³).

Ook de topografische kenmerken van de ravijnen onder bos wijken sterk af van deze van ravijnen onder akker. Figuur 4 a toont de frequentieverdeling van de initiatiehellingen. Het voorkomen van steilere hellingen onder bos in vergelijking met akker verklaart waarom steilere

Tabel 1

Overzicht van de morfologische en topografische kenmerken van de ravijnen onder bos, de vermoedelijke paden onder bos en de tijdelijke ravijnen onder akker (Nachtergaele, 2001).

Kenmerk	Significantie	Ravijnen (bos)			Paden (bos)			Tijdelijke ravijn (akker)		
		n	X	~	n	X	~	n	X	~
Ravijnlengte (m)	a	43	64.15	50	21	64.9	32.97	58	11991	252
Basisbreedte (m)	a, b, c	43	1	0.54	21	0.99	0.36	58	1.63	1.38
Bovenbreedte (m)	*	43	8.1	4.2	21	4.6	2.2			
Ravijndiepte (m)	*	43	1.26	0.98	21	0.59	0.41	58	0.19	0.13
Dwarssectie (m ²)	*	43	8.1	10.1	21	2.11	3.15	58	0.12	0.12
Ravijnvolume (m ³)	*	43	940.8	1906.6	21	163	322.2	58	31	30.4
Steilste helling (m.m ⁻¹)	c	43	0.295	0.155	21	0.09	0.04	42	0.08	0.035
Helling ravijnhoofd (m.m ⁻¹)	*	39	0.22	0.16	17	0.09	0.04			
Sedimentatiehelling (m.m ⁻¹)	*	37	0.1	0.05	21	0.045	0.02	35	0.025	0.015
Helling wanden (m.m ⁻¹)	*	19	0.49	0.18						
Toestroomgebied (ha)	*	38	0.1538	0.187	14	0.0506	0.0527	42	1.4237	2.1981

n: aantal insnijdingen

X: gemiddelde

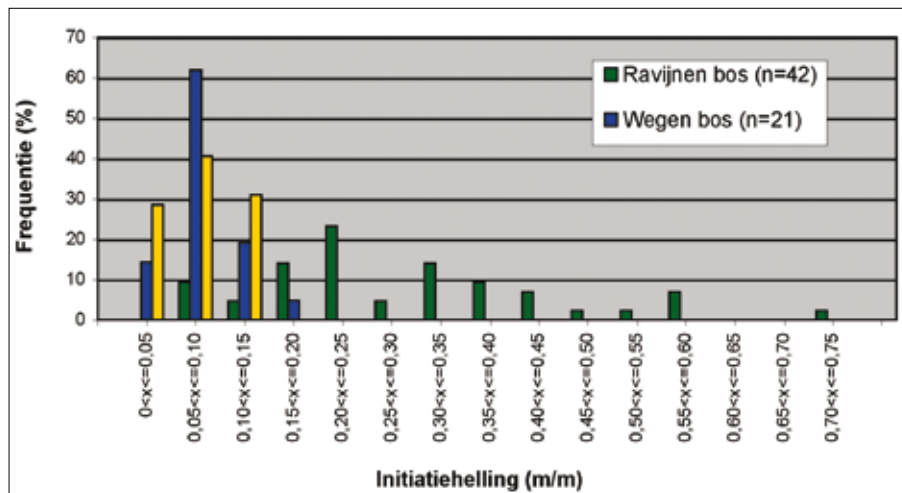
~ : standaardafwijking

a: kenmerk is niet significant verschillend ($\alpha = 0,05$) voor ravijnen onder bos en vermoedelijke paden onder bos

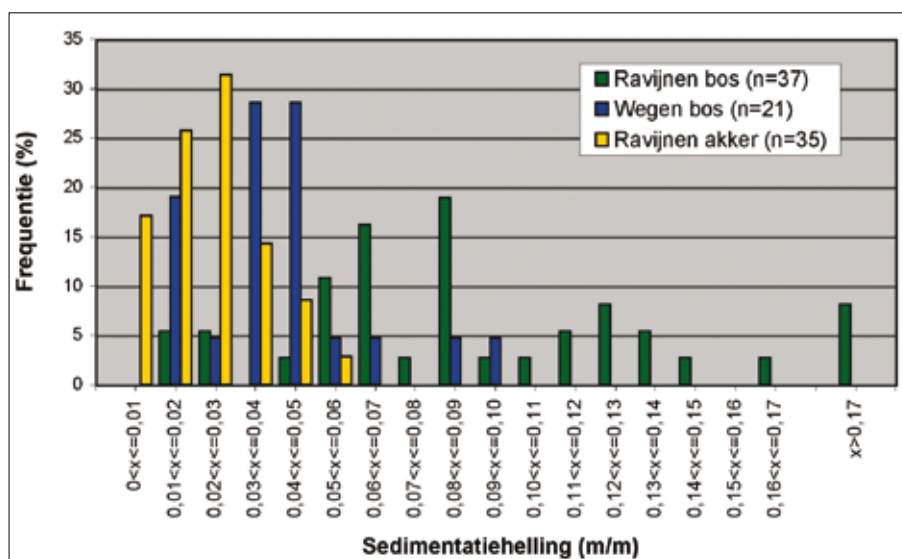
b: kenmerk is niet significant verschillend ($\alpha = 0,05$) voor ravijnen onder bos en tijdelijke ravijnen onder akker in de Leemstreek.

c: kenmerk is niet significant verschillend ($\alpha = 0,05$) voor vermoedelijke paden onder bos en tijdelijke ravijnen onder akker in de Leemstreek.

*: kenmerk is significant verschillend ($\alpha = 0,05$) voor de drie populaties

**Figuur 4 a**

Verdeling van de initiatiehellings van ravijnen onder bos, vermoedelijke paden onder bos en tijdelijke ravijnen onder akker (Nachtergaele, 2001). Voor de ravijnen onder bos werd de steilste helling van het bodemoppervlak langsheen de thalweg gemeten. Voor de tijdelijke ravijnen werd de steilste helling van het bodemoppervlak genomen op een afstand van maximaal 5 m van het ravijnhoofd.

**Figuur 4 b**

Verdeling van de sedimentatiehellings van ravijnen onder bos, vermoedelijke paden onder bos en tijdelijke ravijnen onder akker (Nachtergaele, 2001).

initiatiehellings (gemiddeld $0,30 \text{ m.m}^{-1}$) opgemeten werden. Opmerkelijk is wel dat er bijna geen ravijnen voorkomen op hellingen die gelijkaardig zijn aan de initiatiehellings onder akker. Mogelijke verklaringen hiervoor zijn dat

- 1) er nooit ravijnen geïnitieerd zijn op deze hellingen,
- 2) de ravijnen opnieuw opgevuld zijn of
- 3) de ravijnen te kleine afmetingen hebben en niet werden waargenomen onder de huidige dichte bodembedekking.

De oppervlaktes van de toestroomgebieden onder bos zijn opvallend klein in vergelijking met deze onder akker. Hiervoor werd geen verklaring gevonden. De sedimentatiehelling (Figuur 4 b) leverde een eerste indicatie op voor de ontstaansomstandigheden van de ravijnen in het studiegebied.

De vaststellingen dat

- 1) de sedimentatiehellings van de ravijnen onder bos (gemiddeld $0,10 \text{ m.m}^{-1}$) veel steiler zijn in vergelijking met deze van tijdelijke ravijnen onder akker (gemiddeld $0,025 \text{ m.m}^{-1}$) en
- 2) de sedimentatiehellings van de paden onder bos eerder aanleunen bij deze van ravijnen onder akker, zijn het beste te verklaren door een ravijninitiatie op beboste valleihellingen, op een moment dat alleen het hellingopwaarts gelegen plateau ontbost was. Bij deze ontstaanswijze kan de oppervlakkige afvoer, nodig om ravijnen te initiëren, gegenereerd worden op het plateau. De aanleunende hellingen echter bleven bebost en zorgden voor sedimentafzetting op steile hellingen. Aangezien voor de paden onder bos, de erosie en sedimentatie vooral zijn opgetreden wanneer de paden frequent gebruikt werden en

vegetatie door veelvuldige betreding afwezig was, zal de sedimentatiehelling, net als onder akker, vooral door de topografie beïnvloed zijn.

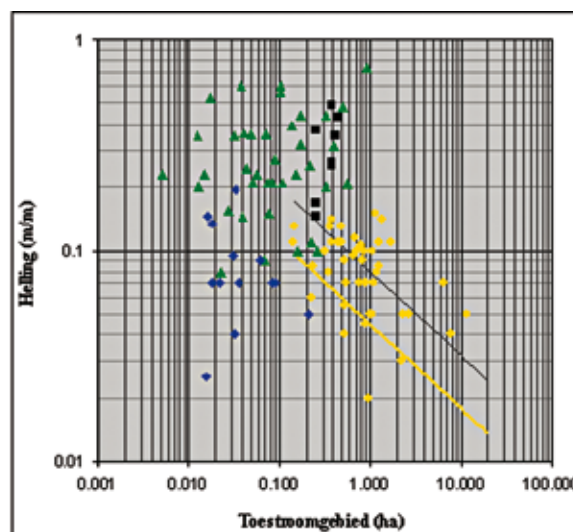
5. Initiatievoorwaarden van ravijnen onder bos

In dit deel wordt besproken of er voor ravijnen onder bos, net als voor tijdelijke ravijnen onder akker, een negatief verband bestaat tussen de initiatiehellings (S) en de oppervlakte van het toestroomgebied (A). Het vinden van een zelfde verband voor de ravijnen onder akker en onder bos kan immers een indicatie zijn voor een gelijkaardige ontstaanswijze. De S-A grafiek is weergegeven in Figuur 5. Samen met de gegevens uit het studiegebied, worden ook gegevens van tijdelijke ravijnen onder akker in de Leemstreek (Nachtergaele, 2001) en van ravijnen in het Teraertbos (Poesen et al., 2000) getoond. Er kunnen duidelijk drie verschillende groepen vastgesteld worden, namelijk ravijnen onder bos, vermoedelijke paden onder bos en tijdelijke ravijnen onder akker. De waarden van de paden bevinden zich duidelijk onder die van de ravijnen onder bos. Dit heeft enerzijds te maken met de kleinere toestroomgebieden en anderzijds met het feit dat de paden overeenkomstig de wet

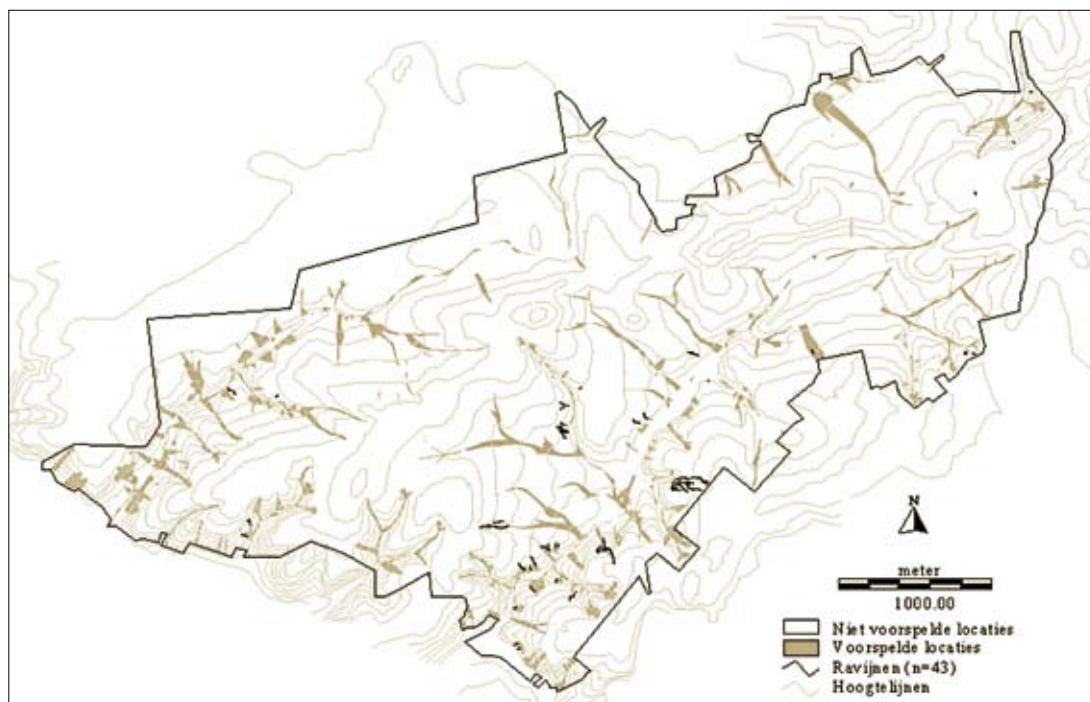
van de minste inspanning op zwakkere hellingen voorkomen. Wanneer enkel de ligging van de ravijnen onder bos wordt bekeken, is een uitgestrekte, horizontaal georiënteerde puntenwolk te zien. Het zal dan ook niet verwonderen dat geen S-A relatie kon opgesteld worden. Er kan dus besloten worden dat de ravijnen onder bos en de tijdelijke ravijnen onder akker zich op een verschillende plaats in de S-A grafiek bevinden en dat voor ravijnen onder bos geen negatief verband aangetroffen wordt. Voorgaand onderzoek heeft uitgewezen dat de ligging in de S-A grafiek beïnvloed wordt door het erosieproces (Montgomery and Dietrich, 1994), de gebruikte methode (Vandaele et al., 1996), de bodem en het bodemgebruik (Vandekerckhove et al., 1998). Aangezien alle gegevens in Figuur 5 bekomen werden volgens gestandaardiseerde veldmetingen, kan de gebruikte methode niet de oorzaak zijn. Ook een groot verschil in bodemtype is uitgesloten, aangezien alle metingen in de Leemstreek plaatsvonden. De afwijking van het dalend verband zou er op kunnen wijzen dat niet oppervlakkig afstromend water, maar wel massatransport of een ondergronds stromend water de dominerende erosieprocessen zijn. Deze mogelijkheid diende echter weerlegd

Figuur 5

Relatie tussen de initiatiehellings en het toestroomgebied. Naast de waarden voor de ravijnen en vermoedelijke paden in het studiegebied, zijn ook de waarden van de tijdelijke ravijnen onder akker in de Leemstreek (Nachtergaele, 2001) en de permanente ravijnen in Teraertbos (Poesen et al., 2000) weergegeven.



Meerdaalwoud		Leemstreek	
▲	Ravijnen (n = 38)	■	Ravijnen Teraert bos (n = 9)
◆	Vermoedelijke paden (n = 14)	◆	Tijdelijke ravijnen (n = 42)
		—	Vandaele et al. (1996) veldmetingen
		- - -	Nachtergaele et al. (2001) veldmetingen

**Figuur 6**

Voorspelde ravijntrajecten overeenkomstig relatie (2.2) van Desmet et al. (1999) voor tijdelijke ravijnen onder akker in de Leemstreek (Kinderveld).

te worden, omwille van de diepe water-tafel (Houtvesterij Leuven, mondelinge mededeling), de afwezigheid van een ondoordringbare kleilaag op geringe diepte en het ontbreken van enig spoor van uitsijpelend water.

In 4.2 werd reeds een mogelijke ontstaanswijze voor de ravijnen onder bos voorgesteld, namelijk initiatie op beboste hellingen terwijl het hellingopwaarts gelegen plateau ontgonnen was. Met deze ontstaanswijze kan verklaard worden waarom de ravijnen onder bos hoger in de S-A grafiek (Figuur 5) liggen. Het is in dat geval niet uitgesloten dat de afmetingen van de huidige toestroomgebieden afwijken van de oorspronkelijke afmetingen.

6. Ontstaansomstandigheden van ravijnen onder bos

6.1. Methodiek

Met behulp van een GIS (= geografisch informatiesysteem) werd nagegaan in welke mate de door relatie (2) voorspelde ravijntrajecten en de gekarteerde ravijnen onder bos samenvielen. De methode voor het voorspellen van de ravijnposities is gelijkaardig aan deze van Desmet et al. (1999). Voor dit onderzoek werden 2 kaarten aangemaakt, een hellingenkaart en een kaart die het een-

heidstoestroomgebied weergeeft. In tegenstelling tot bij het toestroomgebied wordt bij het eenheidstoestroomgebied rekening gehouden met de grootte van de pixels. Dit zijn de kleinste elementen waaruit de kaart is opgebouwd (5m x 5m). Op basis van dit eenheidstoestroomgebied kon, voor iedere relatie van de vorm (2) die getest werd, per pixel de kritische helling berekend worden. Deze kritische helling werd vergeleken met de waarden op de hellingenkaart. Op plaatsen waar de waarde van de hellingenkaart hoger was dan de kritische helling kunnen, volgens de gebruikte relatie, ravijnen verwacht worden. Met twee parameters, namelijk het aantal (geheel of gedeeltelijk) juist voorspelde ravijnen en de efficiëntie (=de verhouding van het aantal juist voorspelde ravijn-pixels tot het totale aantal voorspelde pixels), werd vervolgens de waarde van de relaties bepaald. Een efficiënt model is een model dat zoveel mogelijk ravijn-pixels juist voorspelt, zonder dat daarnaast nog veel pixels voorspeld worden waar geen ravijnen worden aangetroffen.

6.2. Resultaten en discussie

In Tabel 2 a staan de fysische parameters die nodig zijn bij de evaluatie van de resultaten van de uitgevoerde relaties, die

Tabel 2 a

Fysische parameters van het studiegebied noodzakelijk voor de interpretatie van de resultaten in tabel 2 b.

Studiegebied: Totale oppervlakte (ha)	1329
Totaal aantal pixels	533823
Ravijnen: Aantal opgemeten ravijnen	43
Totaal aantal ravijnpixels	764
Aantal ravijnpixels / Totaal aantal pixels	0.0011
Pixelgrootte DTM (m)	5x5

in Tabel 2 b terug te vinden zijn. Figuur 6 toont een kaart met de gekarteerde ravijnen en de voorspelde zones overeenkomstig relatie (2.2). Wat de resultaten overeenkomstig de relaties (2.1) en (2.2) voor de voorspelling van het ravijntraject onder akker in de Leemstreek betreft, blijkt dat voor een drempelwaarde t van 52,25 en 33 respectievelijk slechts tien en twintig ravijnen geheel of gedeeltelijk binnen de voorspelde zone liggen. Relatie (2.1) met de hoogste drempel blijkt efficiënter te zijn dan relatie (2.2). Figuur 6 toont bovendien dat de meeste ravijnen zich niet in de voorspelde concaviteiten bevinden, maar wel op de steilere valleihellingen. Wanneer de drempelwaarde verlaagd wordt tot 18, zoals in de relatie (2.3), wordt reeds 14 % van het studiegebied voorspeld. Het aantal voorspelde ravijnpixels is eveneens toegenomen, maar gezien de afname van de efficiëntie, levert relatie (2.3) geen betere resultaten op.

Dit betekent dat de hypothese die in de inleiding werd geformuleerd, namelijk dat de ravijnen oorspronkelijk als tijdelijke ravijnen onder akker zijn gevormd en daarna permanent geworden zijn, voor een groot deel van de ravijnen in het gedrang komt. In dat geval zouden de ravijnen immers in de concaviteiten verwacht worden en dit blijkt voor de helft van de ravijnen niet het geval te zijn. De ligging van de ravijnen buiten de voorspelde zones, op de steile, rechte hellingen kan verklaard worden door de eerder voorgestelde ontstaansvoorwaarden, namelijk ontboste plateaus en beboste hellingen. Wanneer zich onder dergelijke omstandigheden een hevige bui voordeed, moet het mogelijk zijn geweest om voldoende oppervlakkige afvoer te creëren op het plateau, dat op

beboste hellingen ravijnen geïnitieerd werden. Aangezien relaties met een exponent $b = 1$ de nadruk leggen op concaviteiten, werd een belangrijk deel van de ravijnen niet voorspeld. Het feit dat relatie (2.5) met $b = 0,4$ meer belang hecht aan de helling, verklaart de iets betere resultaten.

Naast de invloed van het bodemgebruik hellingopwaarts van het ravijn kunnen ook lineaire landschapselementen een rol gespeeld hebben (Poesen, 1993). Tijdelijke ravijnen worden niet alleen gevormd in thalwegen, maar ook langsheen of in lineaire landschapselementen als ploegvoren, perceelsranden en wegen (Poesen, 1993). De S-A relatie, die enkel uit topografische parameters bestaat, is echter niet in staat deze laatste groep te voorspellen. De aanwezigheid van lineaire landschapselementen mag niet uitgesloten worden. Hun invloed op de ravijnvorming is echter moeilijk te achterhalen, aangezien ze allemaal verdwenen zijn.

Het is minder waarschijnlijk dat ravijnen ontstaan zijn tijdens extreme neerslag-evenementen op een ogenblik dat het hele toestroomgebied onder bos lag en dit niet alleen omwille van de hoge infiltratiecapaciteit en de bescherming van zowel boven- als ondergrondse plantendelen, maar ook omdat in dat geval ravijnen verwacht worden op hellingen waar er momenteel geen teruggevonden worden.

Tenslotte kan opgemerkt te worden dat het ontbreken van ravijnen op plaatsen waar er volgens de relaties wel verwacht worden, doet vermoeden dat deze zones en de gebieden die hellingopwaarts gelegen zijn, nooit op grote schaal ontgonnen zijn of lange tijd braak hebben gelegen.

7. Besluit

In dit onderzoek werden 43 ravijnen onder bos en 21 vermoedelijke holle wegen in detail bestudeerd en vergeleken met tijdelijke ravijnen onder akker. De morfologische en topografische kenmerken

Bron		Relatie $SA_s^b > t$	Aantal voorspelde pixels [a]	Aantal juist voorspelde ravijnpixels [b]	% studiegebied voorspeld [c]	% ravijnpixels voorspeld [d]	Aantal voorspelde ravijnen [e]	Efficiëntie [f]
Ravijntraject								
(2.1)	Desmet et al. (1999)	b=1 t=52,25	23699	109	4.4	14.3	10	0.0046
(2.2)	Desmet et al. (1999)	b=1 t=33	37258	162	7	21.2	20	0.0043
(2.3)	Moore et al. (1988)	b=1 t=18	76851	310	14.4	40.6	32	0.004
Ravijninitiatie								
(2.4)	Vandaele et al. (1996)	b=0,4 t=0,487	144210	615	27	80.5	42	0.0043
(2.5)	Nachtergaele et al. (2001)	b=0,4 t=0,874	5199196	349	11.1	45.7	32	0.0059
[a]: het totaal aantal pixels dat door een bepaalde SA-relatie wordt voorspeld								
[b]: het aantal pixels dat juist wordt voorspeld door een bepaalde relatie (voorspelde pixel valt samen met ravijnpixel)								
[c]: de verhouding van het totaal aantal voorspelde pixels tot het totaal aantal pixels van het studiegebied (n = 533823)								
[d]: de verhouding van het aantal juist voorspelde ravijnpixels tot het totaal aantal ravijnpixels (n = 764)								
[e]: het aantal ravijnen die geheel of gedeeltelijk binnen de voorspelde zone liggen. Gezien de beperkte lengte van sommige ravijnen, is één ravijnpixel voldoende om tot de voorspelde ravijnen te horen.								
[f]: de verhouding van het aantal juist voorspelde ravijnpixels tot het totaal aantal voorspelde pixels, maw [b]/[a]								

van de drie soorten insnijdingen verschillen sterk van elkaar. Er werd vastgesteld dat de ravijnen onder bos een aanzienlijk groter geërodeerd volume hebben dan de tijdelijke ravijnen onder akker. Ook blijken de ravijnen onder bos steilere initiatie- (gemiddeld 0,30 m.m⁻¹) en sedimentatiehellingen (gemiddeld 0,10 m.m⁻¹) te hebben. Sedimentatie op dergelijke steile hellingen is vermoedelijk te wijten aan de aanwezigheid van vegetatie op het moment van de ravijnvorming. Uit de confrontatie van de initiatiehellingsen en de oppervlaktes van de toestroomgebieden bleek dat geen kritische S-A relatie voor ravijninitiatie onder bos kon opgesteld worden. Opvallend was wel dat de drie types insnijdingen (ravijnen onder bos, paden onder bos en tijdelijke ravijnen onder akker) zich op een specifieke plaats in de S-A grafiek bevinden. Een definitieve verklaring voor de verschillende ligging van de ravijnen onder bos en akker kon niet gevonden worden.

Hoe de ravijnen onder bos ontstaan zijn, kan niet met zekerheid gezegd worden maar 1) de hoge sedimentatiehellingen van de ravijnen onder bos in vergelijking met de sedimentatiehellingen van de

vermoedelijke holle wegen onder bos en de tijdelijke ravijnen onder akker en 2) de slechte overeenkomst tussen de gekarteerde ravijnen onder bos en de plaats waar ravijnen verwacht worden indien het gebied onder akker zou liggen op basis van de relaties van Desmet et al. (1999), maken het mogelijk een meest waarschijnlijke ontstaanshypothese te formuleren. Er wordt vermoed dat de ravijnen op beboste hellingen ontstaan zijn, terwijl het hogerop gelegen plateau lokaal ontbost was om er (kortstondig) aan landbouw te doen, grondstoffen als hout te ontginnen of houtskool te branden.

8. Dankwoord

Als auteurs zijn wij een woord van dank verschuldigd aan Jeroen Nachtergaele voor het ter beschikking stellen van de karakteristieken van de tijdelijke ravijnen onder akker en aan Ir. Bart Meuleman van de Houtvesterij van Leuven voor de toelating om terreinwerk te verrichten in het Meerdaalwoud.

Tabel 2 b

De geteste S-A modellen en hun resultaten. Er werden zowel S-A relaties getest die het hele traject als de initiatielocatie van de ravijnen voorspellen.

9. Bibliografie

Bork, H.R., Bork, H., Dalchow, C., Faust, B., Piore, H.P., Schatz, T. (1998). Land-schaftsentwicklung in Mitteleuropa. Klett Perthes, 328 pp.

Dens, C. (1908). Fouilles à Meerdaal. Annales de la Société d'Archéologie de Bruxelles, Tome XXII: 207-218.

Desmet, P.J.J., Poesen, J., Govers, G., Vandaele, K. (1999). Importance of slope gradient and contributing area for optimal prediction of the initiation and trajectory of ephemeral gullies. *Catena*, 37: 377-392.

Goossens, D. (2000). The Belgian loess deposits: an overview. In: G. Verstraeten (ed.), Gully erosion processes in the Belgian loess belt: causes and consequences. Excursion 17-4-2000: 9-14.

KMI (2001). Koninklijk Meteorologisch Instituut, <http://www.meteo.be>

Montgomery, D.R., Dietrich, W.E. (1994). Landscape Dissection and Drainage Area-Slope Thresholds. In: M.J. Kirkby, M.J. (ed.), Process Models and Theoretical Geomorphology. John Wiley and Sons Ltd, 221-246.

Moore, I.D., Burch, G.J., Mackenzie, D.H. (1988). Topographic Effects of the Distribution of Surface Soil Water and the Location of Ephemeral Gullies. *Transactions of the ASAE*, 31 (4): 1098-1107.

Nachtergaele, J. (2001). A spatial and Temporal Analysis of the Characteristics, Importance and Prediction of Ephemeral Gully Erosion. Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van doctor in de Wetenschappen, K.U.Leuven, Departement Geografie-Geologie, 255 pp.

Nachtergaele, J., Poesen, J., Steegen, A., Takken, I., Beuselinck, L., Vandekerckhove, L., Govers, G. (2001). The value of a physically based model versus an empirical approach in the prediction of ephemeral gully erosion for loess-derived soils. *Geomorphology*, 40, (3-4): 237-252.

Poesen, J. (1993). Gully typology and gully control measures in the European loess belt. In: S. Wicherek (ed.), Farm land erosion in Temperate plains environment and hills. Elsevier, Amsterdam: 221-239.

Poesen, J., Nachtergaele, J., Deckers, J. (2000). Gullies in the Tessaert Forest (Huldenberg): climate or anthropogenic cause? In: G. Verstraete (ed), Gully erosion processes in the Belgian loess belt: Causes and consequences. Excursion 17-4-2000: 15-26.

Vandaele, K., Poesen, J., Govers, G., van Wesemael, B. (1996). Geomorphic threshold conditions for ephemeral gully incision. *Geomorphology*, 16: 161-173.

Vandekerckhove, L., Poesen, J., Oostwoud Wijdenes, D., de Figueiredo, T. (1998). Topographical thresholds for ephemeral gully initiation in intensively cultivated areas of the Mediterranean. *Catena*, 33: 271-292.

Miet Van Den Eeckhaut^{a,b}

Tom Vanwallegem^{a,b}

Jean Poesen^a

Jozef Deckers^c

^a*Afdeling Fysische en Regionale Geografie, K.U.Leuven, Redingenstraat 16, B-3000 Leuven*

^b*Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek - Vlaanderen*

^c*Instituut voor Land- en Waterbeheer, K.U.Leuven, Vital Decosterstraat 102, B-3000 Leuven*



