

Scenario's voor de reductie van erosie en sedimentaanvoer in Vlaanderen

Annelies Beel, Gerard Govers, Bastiaan Notebaert

Onderzoeksgroep Fysische en Regionale Geografie
K.U.Leuven

**Studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse
Milieumaatschappij, MIRA**

MIRA/2006/12

November 2006



Dit rapport verschijnt in de reeks MIRA Ondersteunend Onderzoek van de Vlaamse Milieumaatschappij. Deze reeks bevat resultaten van onderzoek gericht op de wetenschappelijke onderbouwing van het Milieurapport Vlaanderen.

Dit rapport is ook beschikbaar via www.milieurapport.be

Contactadres:

Vlaamse Milieumaatschappij
Milieurapportering (MIRA)
Van Benedenlaan 34
2800 Mechelen
tel. 015 45 14 66
mira@vmm.be

Wijze van citeren:

Beel A., Govers G. & Notebaert B. (2006) Scenario's voor de reductie van erosie en sedimentaanvoer in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2006/12, Onderzoeksgroep Fysische en Regionale Geografie, K.U.Leuven, www.milieurapport.be.

INHOUDSTAFEL

WOORD VOORAF	4
1. INLEIDING	5
2. METHODE.....	6
2.1. BESCHRIJVING VAN HET EROSIEMODEL	6
2.2. INVOERGEGEVENS	9
3. RESULTATEN	11
3.1. REFERENTIESCENARIO	11
3.2. SCENARIO'S M.B.T. BRONGERICHTE MAATREGELEN IN HET KADER VAN DE RANDVOORWAARDE "GOEDE LANDBOUW- EN MILIEUCONDITIE" BIJ DE EUROPESE VERZAMELAANVRAAG.....	12
3.2.1. <i>Verplichte ingrepen op sterk erosiegevoelige percelen: scenario's 1 en 2</i>	12
3.2.2. <i>Uitbreiding van de oppervlakte met verplichte maatregelen naar matig erosiegevoelige percelen: scenario's 3 en 4</i>	16
3.2.3. <i>Uitbreiding van de oppervlakte met verplichte maatregelen naar alle percelen opgenomen in de verzamelaanvraag en naar het volledige akkerareaal: scenario's 5 en 6.</i>	18
3.2.4. <i>Samenvatting</i>	20
3.3. GROEISCENARIO'S BEHEERSOVEREENKOMSTEN "EROSIEBESTRIJDING"	20
4. CONCLUSIES.....	22
REFERENTIES	22

Woord vooraf

De Vlaamse waterlopen kampen met een overmaat aan (zwaar) vervuild sediment. In sommige gevallen kan die aanslibbing de bevaarbaarheid in het gedrang brengen of wateroverlast veroorzaken. Vervuilde waterbodems hebben bovendien een negatieve impact op de ecosystemen in en rond het water en hypothekeren in bepaalde gevallen ook de verdere verbetering van de oppervlaktewaterkwaliteit.

Om de overmaat sediment weg te werken moet het huidige bagger- en ruimingstempo op een doordachte wijze worden opgedreven én moet de sedimentaanvoer naar de waterlopen verminderen. Een grote bron van sedimentaanvoer is bodemerosie. Er zijn reeds tal van beleidsprogramma's die de toepassing van erosiebestrijdende maatregelen stimuleren. Om een zicht te krijgen op de effecten van een aantal lopende programma's én op de effecten van een eventuele uitbreiding van die programma's werden verschillende scenario's gesimuleerd met een ruimtelijk verdeeld erosie- en sedimentatiemodel.

De resultaten van dit onderzoek werden gebruikt bij de uitwerking van het hoofdstuk 'Afval – Bagger- en ruimingsspecie: een integrale aanpak nodig' in het Vlaamse milieurapport MIRA-T 2006.

1. Inleiding

Bodemerosie door water op hellend akkerland is één van de belangrijkste processen van bodemaantasting in Vlaanderen. Dit heeft verschillende negatieve gevolgen (MIRA-T 2005 achtergronddocument p.18):

- de dikte van de vruchtbare bodemtoplaag neemt af;
- na zware regenbuien, in het voorjaar en in de zomer, komen modderige lokale overstromingen voor, vooral in landelijke gebieden in zuidelijk Vlaanderen;
- in de Vlaamse waterlopen zijn de sedimentlasten hoog, en vele wachtbekkens slibben dicht, wat een verhoogd overstromingsrisico met zich meebrengt;
- de afzetting van nutriëntenrijk sediment in de valleigebieden vermindert de ecologische waarde van deze gebieden.

Bodemerosie is in Vlaanderen voornamelijk afhankelijk van het reliëf, de bodemtextuur en de vegetatieve bedekking van de bodem. De mens heeft in Vlaanderen vooral via het bodemgebruik een grote invloed op het bodemerosieproces. Onder bossen of op weilanden treedt er nagenoeg geen bodemerosie op, maar op akkerland kunnen de bodemverliezen aanzienlijk zijn.

Erosie en de daaraan gekoppelde sedimentaanvoer naar de waterlopen kunnen worden bestreden met brongerichte en symptoomgerichte maatregelen. *Brongerichte* maatregelen pakken de oorzaken van erosie aan. Voorbeelden van zulke maatregelen zijn niet-kerende grondbewerking, waarbij de grond niet wordt omgedraaid maar enkel losgemaakt, directe inzaai, waarbij het gewas wordt ingezaaid doorheen de plantenresten van de vorige oogst of van afgestorven groenbedekkers, en grasgangen die op erosiegevoelige plaatsen in het landschap worden aangelegd. *Symptoomgerichte* maatregelen pakken niet de oorzaken maar wel de gevolgen van bodemerosie aan. Die maatregelen hebben geen effect op de hoeveelheid erosie, maar wel op de daaraan gekoppelde sedimentaanvoer naar de waterlopen. Voorbeelden zijn het aanleggen van grasbufferstroken die het geërodeerde bodemmateriaal tegenhouden aan de perceelsranden, en het aanleggen van erosiepoelen die het afgevoerde water tijdelijk bufferen zodat het meegevoerde bodemmateriaal bezinkt.

Sinds januari 2002 is er in Vlaanderen een subsidiereglement van kracht met als specifieke doelstelling het verminderen van de impact van bodemerosie door water (AMINAL, 2002). Dit erosiebesluit biedt gemeenten financiële steun bij de opmaak van een erosiebestrijdingsplan. Verder zijn er subsidiemogelijkheden die inspelen op het bodemgebruik om op die manier het bodemerosierisico te reduceren. De Administratie Land- en Tuinbouw subsidieert bijvoorbeeld het gebruik van groenbedekkers tijdens de winterperiode.

Een andere reeks van maatregelen die we hier kunnen vermelden zijn de beheersovereenkomsten 'zorgen voor perceelsranden', die gecoördineerd worden door de VLM. Sinds 2000 worden subsidies gegeven indien een grasstrook of een strook met spontane vegetatie (5 tot 10 m breed) langsheen een waterloop, holle weg of houtkant wordt ingericht. De beheersovereenkomsten zijn zeker niet alleen gericht op erosiebestrijding maar de maatregelen kunnen een belangrijke impact hebben, vooral op de sedimentexport. Door het aanleggen van perceelsranden wordt er immers meer geërodeerd materiaal opgevangen aan de perceelsranden en kan er water infiltreren, waardoor er verder stroomafwaarts minder sterke erosie is.

Sinds het begin van 2005 kunnen landbouwers ook een beheersovereenkomst afsluiten die specifiek op erosiebestrijding gericht is. Mogelijke maatregelen zijn het aanleggen van grasbufferstroken en grasgangen enerzijds (symptoomgerichte maatregelen) en het toepassen van erosiereducerende teelttechnieken zoals directe inzaai en niet-kerende

bodembewerking anderzijds (brongerichte maatregelen). Deze maatregelen zijn dus direct gericht op het verminderen van bodemerosie op het akkerland.

In het kader van het Europees Gemeenschappelijk Landbouwbeleid ten slotte, moeten landbouwers die een bedrijfstoelage wensen te ontvangen jaarlijks een 'verzamel aanvraag' indienen, waarop ze onder meer aangeven op welke percelen ze hun toelagenrechten wensen te activeren. Een randvoorwaarde om de toelage te ontvangen is dat zij hun gronden in een 'goede landbouw- en milieuconditie' houden. Dat houdt onder meer in dat ze sinds 2005 erosiebestrijdingsmaatregelen horen te nemen op hun meest erosiegevoelige percelen. Daarnaast zijn de meeste graantelers sedert 1992 verplicht om een bepaald percentage van het areaal uit productie te nemen. Een belangrijk deel van dit areaal wordt braak gelegd (vaak begroeid met gras) en kent bijgevolg een zeer lage erosiegevoeligheid.

Vanzelfsprekend is het belangrijk dat de impact van dit beleid regelmatig geëvalueerd wordt. Deze studie wil hiertoe bijdragen, en heeft als doelstelling: de bodemerosie op landbouwpercelen, en de daarmee gepaard gaande sedimentaanvoer naar rivieren te berekenen op basis van gegevens (perceelsindeling en gewassen) voor 2005, en dit voor verschillende scenario's van landgebruik en landbouwpraktijk.

2. Methode

2.1. Beschrijving van het erosiemodel

Voor de berekening van de bodemverliezen ten gevolge van watererosie werd het model WaTEM/SEDEM (*Water and Tillage Erosion Model / Sediment Delivery Model*) gebruikt. Dit model is ontwikkeld door de Onderzoeksgroep Fysische en Regionale Geografie van de K.U.Leuven (Van Oost et al., 2000; Van Rompaey et al., 2001; Verstraeten et al., 2002). Het is gebaseerd op de RUSLE-bodemerosievergelijking (*Revised Universal Soil Loss Equation*) die werd opgesteld na erosie-experimenten in de USA (Renard et al., 1997). Volgens deze basisformule kan het gemiddelde jaarlijkse bodemverlies, dat ten gevolge van intergeul- en geulerosie optreedt, geschat worden als:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

met

- A*: het gemiddeld jaarlijks bodemverlies als gevolg van geul- en intergeulerosie (ton ha⁻¹ jaar⁻¹)
- R*: de regenerosiviteitsfactor (MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ jaar⁻¹)
- K*: de bodemerosiegevoeligheidsfactor (ton.h MJ⁻¹.mm⁻¹)
- LS*: de topografische hellingen- en lengtefactor (dimensieloos)
- C*: de gewas- en bedrijfsvoeringsfactor (dimensieloos)
- P*: de erosiebeheersingsfactor (dimensieloos)

Het effect van de bodembedekking (gewas) kan gesimuleerd worden door de C-factor in het model te laten variëren. C-factoren van enkele gewassen in Vlaanderen zijn gegeven in Tabel 1 (Ruysschaert, 2005). Deze werden berekend aan de hand van de C-factor module van de RUSLE-software, versie 1.06c (USDA, 2005). Voor de gewassen die niet expliciet voorkwamen in tabel 1 werd een C-factor geschat. De volledige lijst met gewassen en C-factoren voor de gewassen op de Vlaamse perceelskaart is te vinden in Tabel 2.

Tabel 1: C-factoren van enkele gewassen in Vlaanderen volgens Ruyschaert (2005)

gewas	C-factor	gewas	C-factor
aardappel voor vroege opslag	0.385	zomertarwe	0.127
vroege aardappel	0.595	zomergerst	0.193
suikerbieten	0.273	haver	0.127
voederbieten	0.277	vlas	0.201
cichorei	0.369	erwten/bonen	0.211
witloof	0.391	ui	0.7
vroege prei	0.627	sjalot	0.7
late prei	0.719	vroege bloemkool - 60 dagen cyclus	0.349
wortel	0.484	late bloemkool - 60 dagen cyclus	0.471
silomais	0.326	vroege bloemkool - 75 dagen cyclus	0.343
korrelmais	0.243	late bloemkool - 75 dagen cyclus	0.476
wintertarwe	0.22	braak	0.1
wintergerst	0.1		

Tabel 2: Lijst met gewassen van de ABKL-kaart (2005) en gebruikte C-factoren.

gewas	C - factor	landgebruik
aardappelen	0.49	akker
aardbeien	0.47	akker
ajunin	0.7	akker
ander vlas dan vezelvlas (=olievlas)	0.201	akker
andere (maïs, angelica)	0.3	akker
andere bedekking waarvan gecertificeerd mengsel met tenminste 20% van elke familie	0.3	akker
andere bedekking	0.3	akker
andere gebouwen	0	bebouwing
andere granen (bv. Mengkoren)	0.15	akker
andere kruiden	0.3	akker
andere oliehoudende zaden	0.201	akker
andere zonder contracten (Sylibum, m., Hypericum, p.)	0.3	akker
andere	0.3	akker
aromatische kruiden	0.3	akker
asperges	0.369	akker
bebouwing op blijvend grasland in 2003	0.01	weiland
bebouwing	0.001	bos
blijvend grasland	0.01	weiland
boekweit	0.15	akker
boomkweek	0.3	akker
cichorei	0.369	akker
eenjarige grasklaver	0.3	akker
eenjarige klaver	0.3	akker
eenjarige luzerne	0.3	akker
eenjarige sierplanten	0.3	akker
erwten (andere dan droog geoogst)	0.211	akker
erwten (droog geoogst)	0.211	akker
fruitteelten eenjarig	0.47	akker
fruitteelten meerjarig (groenbemester)	0.3	akker
fruitteelten meerjarig	0.3	akker
gerst, sorgho, kanariezaad en harde tarwe	0.15	akker
grassen	0.01	weiland
graszoden	0.01	weiland
groenten onder glas	0	bebouwing
haver	0.127	akker
hazelnoten en walnoten	0.3	akker
hazelnoten	0.3	akker
hop	0.201	akker
klaver (RW)	0.3	akker
korrelmaïs	0.243	akker

gewas	C - factor	landgebruik
kruiden	0.3	akker
luzerne (RW)	0.3	akker
meerjarige grasklaver	0.3	akker
meerjarige klaver	0.3	akker
meerjarige luzerne	0.3	akker
meerjarige sierplanten	0.3	akker
mengsel grassen en vlinderbloemigen	0.01	weiland
natuurlijke bedekking	0.01	weiland
niet-bittere lupinen	0.201	akker
niet-eetbare tuinbouwgewassen	0.3	akker
non food ander vlas dan vezelvas	0.201	akker
non food andere hennep dan vezelhennep	0.201	akker
non food winterkoolzaad	0.201	akker
non food zomerkoolzaad	0.201	akker
noten	0.201	akker
onbekend gewas	0.3	akker
rabarber	0.47	akker
sierteelt	0.3	akker
silomaïs	0.326	akker
sjalotten	0.7	akker
sojabonen	0.211	akker
spelt	0.15	akker
spruitkolen	0.3	akker
stal-gebouwen	0	bebouwing
stambonen (bruine bonen)	0.211	akker
suikerbieten	0.273	akker
tabak	0.201	akker
tijdelijk grasland minstens 1 maal begraasd	0.01	weiland
tijdelijk grasland	0.01	weiland
triticale	0.15	akker
tuin-en veldbonen (andere dan droog geoogst)	0.211	akker
tuin-en veldbonen (droog geoogst)	0.211	akker
vezelhennep	0.201	akker
vezelvas	0.201	akker
vlinderbloemigen	0.3	akker
voederbieten	0.277	akker
voederkool (bladkool)	0.3	akker
voederwortelen	0.3	akker
vollegrond groenten	0.47	akker
wendakker (RW)	0.01	weiland
wintergerst	0.1	akker
winterkool-en raapzaad	0.3	akker
winterrogge	0.15	akker
wintertarwe	0.22	akker
witloof	0.391	akker
zomergerst	0.193	akker
zomerkool-en raapzaad	0.3	akker
zomerrogge	0.15	akker
zomertarwe	0.193	akker
zonnebloempitten	0.3	akker

2.2. Invoergegevens

A Gebruikte kaarten

Voor het modelleren van de bodemverliezen – met behulp van WaTEM/SEDEM – werd gebruik gemaakt van de volgende bestanden (IDRISI-rasterkaarten met een resolutie van 20 m):

- DTM: Digitaal Terrein Model, beschikbaar in IDRISI per rivierbekken, voor het berekenen van de LS-factor uit de RUSLE-formule;
- Perceelskaart: deze kaart wordt gemaakt door volgende kaarten te combineren:
 - Rivierenkaart (en river routing bestand), beschikbaar in IDRISI voor Vlaanderen;
 - Wegenkaart, beschikbaar per bekken, als IDRISI-bestand;
 - Bosbestand, beschikbaar per bekken, als IDRISI-bestand;
 - Bodembedekkingskaart voor Vlaanderen, uit de interpretatie van een satellietbeeld;
 - Begrenzing van de rivierbekkens;
 - perceelwaardekaart (ABKL): deze wordt gemaakt in ArcGIS en vereist de volgende structuur van de pixelwaardes:

-2	wegen en bebouwd gebied;
-1	rivieren;
0	deel van de kaart buiten het studiegebied
1 – 9998	akker
10 000	bos
20 000	weiland
- K-waardekaart: beschikbaar in IDRISI voor heel Vlaanderen;
- C-factorenkaart: deze wordt aangemaakt voor Vlaanderen in ArcGIS met de waarden gegeven in Tabel 2 waarna deze omgezet wordt naar rasterformaat en vervolgens geïmporteerd wordt in IDRISI.

B Modelparameters

Volgende parameters werden voor WaTEM/SEDEM (Versie 2004) (Fig. 1) gebruikt in deze studie:

Perceelsconnectiviteit voor akker = 90% (parameterwaarde: 10)

Perceelsconnectiviteit voor bos en weide = 25% (parameterwaarde: 75)

- De perceelsconnectiviteit geeft aan in welke mate de waterafvoer van één perceel de bodemerose op een ander perceel beïnvloed.

P_{tef} voor akker = 0.

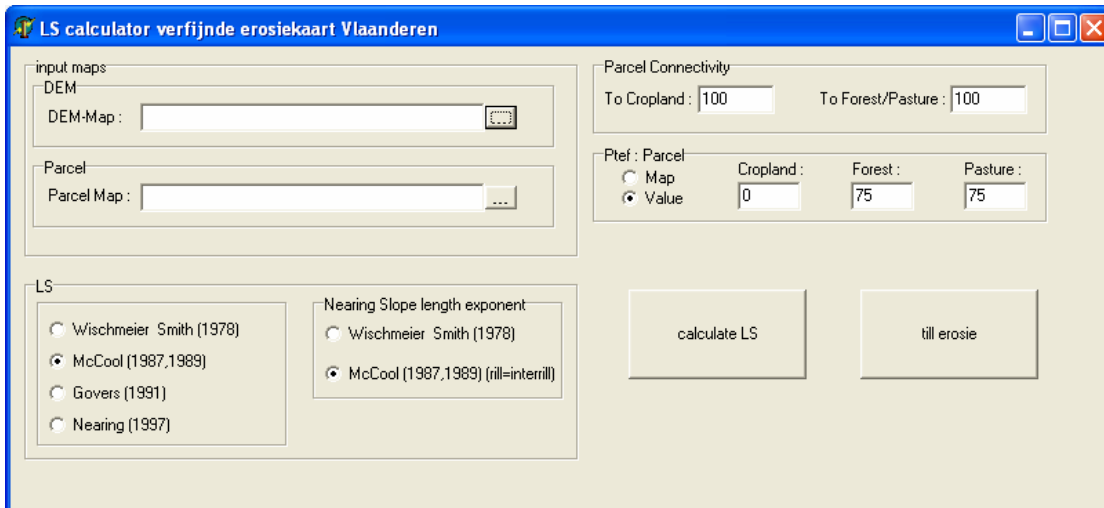
P_{tef} voor bos en weide = 75.

- De P_{tef}-waarde van een rastercel is afhankelijk van de bijdrage van die cel tot de waterafvoer, in vergelijking met een referentiesituatie (akker). Voor bos en weiland wordt de waterafvoer 75% lager geacht dan voor akkerland, vandaar de waarde 75.

Extra opties: LS berekeningsalgoritme: Mc Cool (1987,1989)
Water: R-factor = 0.088 MJ mm m⁻² h⁻¹ j⁻¹
T_c low (Transport capaciteit)= 75
T_c high = 250
T_c limit = 0.1

Enkel watererosie werd gesimuleerd. Bewerkingserosie werd niet in rekening gebracht.

Figuur 1: Bedieningsscherm van het WaTEM/SEDEM erosiemodel.



3. Resultaten

3.1. Referentiescenario

Uitgaande van de C-factoren in tabel 2 kan een referentiescenario voor 2005 worden berekend, waarbij op de percelen geen erosiebestrijdingsmaatregelen in beschouwing worden genomen. De resultaten voor deze referentietoestand in de verschillende rivierbekkens in Vlaanderen zijn gegeven in Tabel 3. Een aantal basiskenmerken van de afgebakende rivierbekkens zijn opgesomd in Tabel 4.

Tabel 3: Referentiescenario bodemerrosie in Vlaamse rivierbekkens (2005).

Bekken	Referentiescenario			
	Totale sedimentproductie (ton)	Totale sedimentdepositie (ton)	Totale sediment aanvoer naar rivieren (ton)	Totale export sediment door rivieren (ton)
Demer	634 369	489 557	144 813	107 824
Dender	238 854	178 664	60 190	51 705
Ijzer	127 866	91 605	36 261	30 085
Leie	144 635	111 728	32 907	27 682
Maas Noord	6 789	4 272	2 517	1 706
Maas Oost	133 756	84 961	48 795	14 024
Nete	20 188	13 838	6 349	4 536
Polders2	2 866	1 744	1 122	587
Polders en Brugse kanalen	23 258	14 558	8 700	4 490
Schelde tot Gent	263 185	195 138	68 047	63 092
Zenne	167 820	121 031	46 789	31 228
Zijbekkens Schelde	75 690	56 732	18 958	15 964
SOM Vlaanderen	1 839 276	1 363 828	475 448	352 923

Tabel 4: Enkele kenmerken van de Vlaamse rivierbekkens, beschouwd in deze studie.

Bekken	Oppervlakte (km ²)	Hoogte (m)		Gemiddelde
		Min	Max	
Demer	2508	3	142	53
Dender	710	4	115	39
Ijzer	1228	0	138	15
Leie	1130	5	139	24
Maas Noord	571	0	45	22
Maas Oost	1039	0	285	62
Nete	1711	3	69	22
Polders2	131	0	20	4
Polders en Brugse kanalen	1688	0	50	9
Schelde tot Gent	599	9	150	39
Zenne	644	6	135	50
Zijbekkens Schelde	1774	1	90	13

3.2. Scenario's m.b.t. brongerichte maatregelen in het kader van de randvoorwaarde "goede landbouw- en milieueconditie" bij de Europese verzamelaanvraag

Landbouwers die een bedrijfstoelage wensen te ontvangen in het kader van het gemeenschappelijke Europese landbouwbeleid moeten jaarlijks een 'verzamelaanvraag' indienen, waarop ze onder meer aangeven op welke percelen ze hun toelagerechten wensen te activeren. Een randvoorwaarde om de toelage te ontvangen is dat zij hun gronden in een 'goede landbouw- en milieueconditie' houden. Dat houdt onder meer in dat ze sinds 2005 erosiebestrijdingsmaatregelen horen te nemen op hun meest erosiegevoelige percelen.

In een reeks scenario's werd het effect gesimuleerd van de huidige randvoorwaarde 'goede landbouw- en milieueconditie' en van een uitbreiding ervan. In scenario's 1 tot 5 werd enkel het landbouwareaal beschouwd dat landbouwers opnemen in hun aanvraag voor het verkrijgen van de Europese bedrijfstoelage. Het totale landbouwareaal is beduidend groter. Op basis van geclassificeerde satellietbeelden (bodembedekkingsbestand, OC GIS Vlaanderen) kan worden gesteld dat slechts 65 % van de landbouwoppervlakte daadwerkelijk is meegenomen in de berekeningen. In scenario 6 werd het volledige akkerareaal in rekening gebracht.

3.2.1. Verplichte ingrepen op sterk erosiegevoelige percelen: scenario's 1 en 2

In scenario's 1 en 2 is de *huidige* randvoorwaarde van toepassing: sinds 2005 moeten de landbouwers die een Europese bedrijfstoelage wensen op sterk erosiegevoelige percelen verplicht erosiebestrijdingsmaatregelen nemen. Deze maatregelen bestaan erin de bodembedekking te bevorderen en de bodembewerking te reduceren:

1) Bij wintergranen laat men de bodem niet langer dan 3 maanden onbedekt, door gebruik te maken van bodembedekkers, een tussenteelt of mulch. Inzaai gebeurt volgens de hoogtelijnen.

2) Bij zomergranen en vlas wordt een bodembedekker voorzien die niet meer dan 2 weken voor de zaaidatum wordt ondergewerkt en zaait men in volgens de hoogtelijnen.

3) Bij andere teelten laat men de bodem niet langer dan 2 maanden onbedekt en neemt men één van de volgende maatregelen: minimale bodembewerking, niet-kerend ploegen en directe inzaai of niet-kerend ploegen en een buffer of dammetje voorzien onderaan het perceel.

De invloed van deze ingrepen kan berekend worden door de C-factorenkaart aan te passen. De invloed van een bodembedekker op de C-factor van een perceel werd door Verstraeten et al. (2001) berekend voor verschillende gewasrotaties in Vlaanderen. Deze gewasrotaties zijn gegeven in tabel 4. Hieruit werden C-factoren bepaald voor de combinatie van een gewas en een bodembedekker (berekeningen zie tabel 6 en 7). Het gemiddelde verminderende effect van een bodembedekker voor wintergraan is 26%. Voor vlas en zomergraan zijn geen gegevens beschikbaar maar ook voor andere gewassen (aardappelen, maïs, bieten) is het verminderend effect ca. 26%.

Tabel 5: C-factoren voor drie-jarige gewasrotaties

Gewasrotatie	C-factor
aaa	0.31
agagag	0.23
aGaGaG	0.21
bwa	0.33
bway	0.3

mmm	0.45
mgmgmg	0.32
mGmGmG	0.32
mmw	0.43
mmwg	0.4
bwga	0.31

w =wintergraan;
a=aardappelen;
m=maïs;
b=bieten zonder loofafvoer;
g=raaigras ingezaaid in omgeploegde bodem;
G=raaigras ingezaaid in residu van voorgaande oogst;
y=gele mosterd

Tabel 6

gewasrotatie	mmw	mmwg	vergelijking
C-factor (over 3 jaar) (Verstraeten et al., 2001)	1.29	1.20	1.2 / 1.29 = 0.93
C-factor, berekend uit jaarlijkse c-factoren (Ruysschaert et al., 2005)	0.28+0.28+0.22=0.78	0.93x0.78=0.725	0.78-0.725=0.055

Geschat effect van combinatie wintergraan-raaigras (..wg ten opzichte van ..w):
0.055 / 0.22 = **25% vermindering van c-factor**

Tabel 7

gewasrotatie	bwa	bwga	vergelijking
C-factor (over 3 jaar) (Verstraeten et al., 2001)	0.99	0.93	0.93 / 0.99 = 0.94
C-factor, berekend uit jaarlijkse c-factoren (Ruysschaert et al., 2005)	0.27+0.22+0.49=0.98	0.98x0.94=0.92	0.98-0.92=0.06

Geschat effect van combinatie wintergraan-raaigras (..wg ten opzichte van ..w):
0.06 / 0.22 = **27% vermindering van c-factor**

Op basis van de gesimuleerde potentiële bodemerosie kunnen de Vlaamse landbouwpercelen ingedeeld worden in sterk erosiegevoelige, matig erosiegevoelige, en weinig of niet erosiegevoelige percelen (Tabel 8).

Tabel 8: Indeling van erosiegevoelige landbouwpercelen in deze studie

Aantal landbouwpercelen			
(totaal: 245 389)			
Sterk erosiegevoelig		Matig erosiegevoelig	
18 171		14 811	
zomergraan, wintergraan en vlas	andere gewassen	zomergraan, wintergraan en vlas	andere gewassen
6 050	12 121	4 708	10 103

In scenario's 1 en 2 (Tabel 9 en 10) werd de C-factor van de sterk erosiegevoelige percelen waarop wintergranen, zomergranen en vlas werden verbouwd verminderd met 26%. In scenario 1 werden alle andere erosiegevoelige percelen gemodelleerd als percelen waarop minimale bodembewerking werd toegepast. Hiervoor werd de C-factor op deze percelen (afgeleid uit tabel 2) vermenigvuldigd met 0.2. In scenario 2 werd 50% van deze percelen als minimale bodembewerking gemodelleerd. Voor de overige 50% werd een buffer of een dammetje onderaan het perceel gesimuleerd (erosiepoel) door de C-factor op 0 te zetten. In scenario 1 daalt de sedimentaanvoer naar de rivieren met 3 % t.o.v. het referentiescenario (tabel 9), in scenario 2 met 4 % (tabel 10).

Tabel 9

Bekken	Scenario 1						
	Totale sediment productie (ton)	Totale sediment depositie (ton)	Totale sediment aanvoer naar rivieren (ton)	Totale sediment export door rivieren (ton)	Afname totale sediment aanvoer t.o.v. referentie	Afname sediment export rivieren referentie	totale door t.o.v.
Demer	621 378	478 880	142 498	106 274	2%		1%
Dender	234 929	175 302	59 626	51 205	1%		1%
Ijzer	127 226	91 219	36 007	29 851	1%		1%
Leie	142 838	110 184	32 654	27 430	1%		1%
Maas Noord	6 789	4 272	2 517	1 706	0%		0%
Maas Oost	117 820	76 451	41 370	13 806	15%		2%
Nete	20 187	13 838	6 349	4 536	0%		0%
Polders2	2 866	1 744	1 122	587	0%		0%
Polders en Brugse kanalen	23 256	14 557	8 700	4 490	0%		0%
Schelde tot Gent	248 087	183 756	64 332	59 444	5%		6%
Zenne	165 547	119 030	46 517	31 035	1%		1%
Zijbekkens Schelde	75 486	56 565	18 921	15 928	0%		0%
SOM Vlaanderen	1 786 409	1 325 798	460 613	346 292	3%		2%

Tabel 10

Bekken	Scenario 2						
	Totale sediment productie (ton)	Totale sediment depositie (ton)	Totale sediment aanvoer naar rivieren (ton)	Totale sediment export door rivieren (ton)	Afname totale sediment aanvoer t.o.v. referentie	Afname sediment export rivieren referentie	totale door t.o.v.
Demer	620 005	478 623	141 382	105 689	2%		2%
Dender	234 929	175 302	59 626	51 205	1%		1%
Ijzer	127 155	91 245	35 910	29 754	1%		1%
Leie	142 688	110 097	32 591	27 367	1%		1%
Maas Noord	6 789	4 272	2 517	1 706	0%		0%
Maas Oost	116 308	77 784	38 524	13 751	21%		2%
Nete	20 187	13 838	6 349	4 536	0%		0%
Polders2	2 866	1 744	1 122	587	0%		0%
Polders en Brugse kanalen	23 256	14 557	8 700	4 490	0%		0%
Schelde tot Gent	246 367	183 768	62 598	57 764	8%		8%
Zenne	165 339	118 962	46 377	30 926	1%		1%
Zijbekkens Schelde	75 456	56 585	18 871	15 878	0%		1%
SOM Vlaanderen	1 781 345	1 326 777	454 567	343 653	4%		3%

3.2.2. Uitbreiding van de oppervlakte met verplichte maatregelen naar matig erosiegevoelige percelen: scenario's 3 en 4

In scenario's 3 en 4 werd de randvoorwaarde uitgebreid naar matig erosiegevoelige percelen: percelen die niet extreem erosiegevoelig zijn maar toch een belangrijk risico vertonen.

Scenario 3 is gelijkaardig aan scenario 1, met dit verschil dat het areaal waarop de maatregelen werden toegepast werd uitgebreid met de matig erosiegevoelige percelen (Tabel 11).

Tabel 11

Scenario 3						
Bekken	Totale sediment productie (ton)	Totale sediment depositie (ton)	Totale sediment aanvoer naar rivieren (ton)	Totale sediment export door rivieren (ton)	Afname totale sediment aanvoer t.o.v. referentie	Afname totale sediment export door rivieren t.o.v. referentie
Demer	522 097	395 065	127 032	94 345	12%	13%
Dender	187 676	135 418	52 259	44 752	13%	13%
Ijzer	113 678	81 093	32 586	26 581	10%	12%
Leie	120 988	91 526	29 461	24 371	10%	12%
Maas Noord	6 787	4 271	2 516	1 705	0%	0%
Maas Oost	93 007	58 376	34 631	11 942	29%	15%
Nete	20 149	13 807	6 342	4 532	0%	0%
Polders2	2 856	1 740	1 117	587	0%	0%
Polders en Brugse kanalen	23 237	14 544	8 693	4 486	0%	0%
Schelde tot Gent	177 110	125 999	51 111	47 060	25%	25%
Zenne	137 674	95 191	42483	28 257	9%	10%
Zijbekkens Schelde	67 422	49 865	17 556	14 602	7%	9%
SOM Vlaanderen	1 472 681	1 066 895	405 787	303 220	15%	14%

In scenario 4 werd slechts 50% van de sterk en matig erosiegevoelige percelen (uitgezonderd wintergranen, zomergranen en vlas) onderworpen aan minimale bodembewerking (Tabel 12). Voor 10% werd een erosiepoel onderaan het perceel gesimuleerd door de C-factor op 0 te zetten. Voor de overige 40% werd een grasbufferstrook gesimuleerd. Hiervoor werd de oorspronkelijke C-factor behouden maar een nieuwe perceelskaart aangemaakt, waarop 40% van de sterk en matig erosiegevoelige percelen een specifieke waarde kreeg (21 000 tot 30 000). Via een aanpassing in Water/Sedem kan op deze percelen dan een grasbufferstrook gesimuleerd worden door de transportcapaciteit op die locaties laag te houden.

Tabel 12

Scenario 4						
Bekken	Totale sediment productie (ton)	Totale sediment depositie (ton)	Totale sediment aanvoer naar rivieren (ton)	Totale sediment export door rivieren (ton)	Afname totale sediment aanvoer t.o.v. referentie	Afname totale sediment export door rivieren t.o.v. referentie
Demer	573 321	438 081	135 240	100 498	7%	7%
Dender	210 920	154 863	56 057	48 052	7%	7%
Ijzer	120 356	85 908	34 448	28 371	5%	6%
Leie	131 558	100 536	31 021	25 856	6%	7%
Maas Noord	6 788	4 272	2 517	1 705	0%	0%
Maas Oost	110 782	69 148	41 633	12 520	15%	11%
Nete	20 168	13 822	6 346	4 536	0%	0%
Polders2	2 866	1 744	1 122	587	0%	0%
Polders en Brugse kanalen	23 248	14 552	8 697	4 488	0%	0%
Schelde tot Gent	215 009	155 861	59 148	54 852	13%	13%
Zenne	150 859	106 493	44 366	29 569	5%	5%
Zijbekkens Schelde	71 274	52 981	18 293	15 314	4%	4%
SOM Vlaanderen	1 637 149	1 198 261	438 888	326 348	8%	8%

Uit scenario's 3 en 4 blijkt dat bij een uitbreiding van de randvoorwaarde "goede landbouw- en milieuconditie" naar matig erosiegevoelige percelen de sedimentaanvoer naar de waterlopen met 8 tot 15 % daalt.

Brongerichte maatregelen (minimale bodembewerking) zorgen voor een grotere reductie dan een combinatie van brongerichte en symptoomgerichte (erosiepoelen en grasbufferstroken) maatregelen. Dat komt doordat de gesimuleerde grasbufferstroken niet 100 % efficiënt zijn, zodat er toch nog een deel van het sediment de waterloop bereikt. De gesimuleerde erosiepoelen zijn daarentegen wel zeer effectief omdat wordt verondersteld dat al het geproduceerde sediment in deze poelen wordt opgevangen.

3.2.3. Uitbreiding van de oppervlakte met verplichte maatregelen naar alle percelen opgenomen in de verzamelaanvraag en naar het volledige akkerareaal: scenario's 5 en 6.

Kaarten met de ligging van de percelen die zijn opgenomen in de verzamelaanvraag voor het verkrijgen van de Europese bedrijfstoelage werden door de opdrachtgever ter beschikking gesteld als GIS-bestanden in vectorformaat. Ze bestaan uit polygonen (percelen met niet-kerende bodembewerking) en lijnen (voornamelijk grasbufferstroken).

In scenario 5 (Tabel 13) werd nagegaan wat het effect zou zijn indien brongerichte maatregelen werden toegepast op al deze percelen. Minimale bodembewerking werd gesimuleerd door de C-factor te vermenigvuldigen met 0.2. Deze wijziging werd aangebracht met behulp van ArcMap. Voor de verdere analyses werden deze bestanden daarna als raster geëxporteerd naar IDRISI. Door middel van IDRISI werden de drie kaarten via een aantal RECLASS- en OVERLAY-procedures tot één bestand verwerkt. Dit bestand kon dan dienen als input voor het Watem/Sedem-model.

Tabel 13

Scenario 5						
Bekken	Totale sediment productie (ton)	Totale sediment depositie (ton)	Totale sediment aanvoer naar rivieren (ton)	Totale sediment export door rivieren (ton)	Afname totale sediment aanvoer t.o.v. referentie	Afname totale sediment export door rivieren t.o.v. referentie
Demer	333 694	235 749	97 945	72 006	32%	33%
Dender	131 992	89 073	42 919	36 943	29%	29%
Ijzer	41 722	25 291	16 431	13 527	55%	55%
Leie	54 232	36 905	17 328	14 340	47%	48%
Maas Noord	3 089	1 718	1 370	917	46%	46%
Maas Oost	51 335	27 747	23 588	8 103	52%	42%
Nete	13 109	8 656	4 453	3 184	30%	30%
Polders2	993	536	457	227	59%	61%
Polders en Brugse kanalen	9 762	5 445	4 317	2 357	50%	48%
Schelde tot Gent	106 650	69 766	36 884	34 012	46%	46%
Zenne	102 400	66 334	36 066	24 052	23%	23%
Zijbekkens Schelde	39 544	26 944	12 600	10 656	34%	33%
SOM Vlaanderen	888 522	594 164	294 358	220 324	38%	38%

De brongerichte maatregelen, toegepast op alle percelen die zijn opgenomen in de verzamelaanvraag voor het verkrijgen van de Europese bedrijfstoelage, resulteren in een vermindering van de sedimentaanvoer naar de waterlopen met 38 %.

Wanneer de toepassing van brongerichte maatregelen zou worden uitgebreid naar het volledige landbouwareaal (scenario 6), daalt de sedimentafvoer naar de rivieren met 65% (Tabel 14).

Scenario 6						
Bekken	Totale sediment productie (ton)	Totale sediment depositie (ton)	Totale sediment aanvoer naar rivieren (ton)	Totale sediment export door rivieren (ton)	Afname totale sediment aanvoer t.o.v. referentie	Afname totale sediment export door rivieren t.o.v. referentie
Demer	134 554	85 019	49 535	36 057	66%	67%
Dender	52 337	29 927	22 411	19 132	63%	63%
Ijzer	28 139	15 231	12 907	10 582	64%	65%
Leie	31 838	19 698	12 139	10 131	63%	63%
Maas Noord	1 638	771	867	571	66%	67%
Maas Oost	29 631	14 500	15 131	4 587	69%	67%
Nete	4 845	2 651	2 195	1 558	65%	66%
Polders2	643	324	320	164	71%	72%
Polders en Brugse kanalen	5 726	2 799	2 926	1 596	66%	64%
Schelde tot Gent	56 980	32 493	24 487	22 606	64%	64%
Zenne	35 702	19 811	15 891	10 662	66%	66%
Zijbekkens Schelde	16 879	10 024	6 855	5 812	64%	64%
SOM Vlaanderen	398 912	233 248	165 664	123 458	65%	65%

Tabel 14

3.2.4. Samenvatting

Tabel 15 geeft een samenvatting van de verschillende scenario's.

Tabel 15

	aard percelen	oppervlakte percelen (ha)	maatregelen	reductie sediment aanvoer (%)
referentie (2005)			geen ingrepen	
scenario 1	sterk erosiegevoelig	2 672	gereduceerde bodembewerking	3
scenario 2	sterk erosiegevoelig	2 672	gereduceerde bodembewerking (50 % van areaal) erosiepoel (50 % van areaal)	4
scenario 3	sterk erosiegevoelig, matig erosiegevoelig	48 371	gereduceerde bodembewerking	15
scenario 4	sterk erosiegevoelig, matig erosiegevoelig	48 371	gereduceerde bodembewerking (50 % van areaal) grasbufferstrook (40 % van areaal) erosiepoel (10 % van areaal)	8
scenario 5	alle percelen opgenomen in verzamelaanvr aag Europese bedrijfstoeslag	391 531	gereduceerde bodembewerking	38
scenario 6	totaal akkerareaal*	589 037	gereduceerde bodembewerking	65

3.3. Groeiscenario's beheersovereenkomsten "erosiebestrijding"

De invloed van de huidige beheersovereenkomsten op de sedimentaanvoer door bodemerosie is klein: 3 % minder sedimentaanvoer naar de rivieren t.o.v. het referentiescenario (Tabel 16). Het effect van een verhoging van het aantal beheersovereenkomsten "erosiebestrijding" werd nagegaan aan de hand van twee groeiscenario's. Voor de groeiscenario's van de beheersovereenkomsten werd uitgegaan van de ABKL-percelenkaart. Een grasbufferstrook wordt gesimuleerd door die percelen een perceelswaarde tussen 21 000 en 30 000 te geven (zie hoger). Niet kerende bodembewerking wordt gesimuleerd door de C-factor te vermenigvuldigen met 0.2 (zie hoger).

Tabel 16

Beheersovereenkomsten situatie 1 juli 2006						
Bekken	Totale sediment productie (ton)	Totale sediment depositie (ton)	Totale sediment aanvoer naar rivieren (ton)	Totale sediment export door rivieren (ton)	Afname totale sediment aanvoer t.o.v. referentie	Afname totale sediment export door rivieren t.o.v. referentie
Demer	621 299	483 964	137 336	100 970	5%	6%
Dender	237 856	177 907	59 949	51 432	0%	1%
Ijzer	127 036	91 518	35 517	29 144	2%	3%
Leie	144 103	111 596	32 508	27 182	1%	2%
Maas Noord	6 787	4 271	2 516	1 704	0%	0%
Maas Oost	131 670	83 564	48 106	13 536	1%	3%
Nete	20 177	13 838	6 339	4 524	0%	0%
Polders2	2 873	1 779	1 094	530	2%	10%
Polders en Brugse kanalen	23 222	14 565	8 656	4 448	1%	1%
Schelde tot Gent	261 387	195 139	66 249	61 367	3%	3%
Zenne	166 670	120 483	46 187	30 753	1%	2%
Zijbekkens Schelde	75 532	56 601	18 930	15 918	0%	0%
SOM Vlaanderen	1 818 612	1 355 225	463 387	341 508	3%	3%

In tabel 17 is het aantal beheersovereenkomsten voor de verschillende scenario's weergegeven. De bijkomende percelen met een beheersovereenkomst werden at random verspreid over het landbouwareaal. De situatie in 2006 werd vergeleken met de scenario's waarbij het aantal beheersovereenkomsten vermenigvuldigd werd met 5 of met 20. Wat de grasbufferstroken betreft werden op alle mogelijke percelen grasbufferstroken gesimuleerd (aangezien het vertwintigvoudigde aantal (105 560) het aantal beschouwde percelen (62 687) overschreed).

Bij een verviervoudiging van de beheersovereenkomsten, en een constante verhouding tussen grasbufferstroken en niet-kerende groundbewerking, daalt de sedimentaanvoer naar de rivieren met 10 %. Indien het aantal vermenigvuldigd wordt met 20 daalt de sedimentaanvoer met 40 %.

Het effect is dus eerder beperkt. Dit is enerzijds omdat, zelfs bij een verviervoudiging, het landbouwareaal dat werd opgenomen in de beheersovereenkomsten nog steeds relatief klein is. Anderzijds zijn de meeste maatregelen die opgenomen werden in de beheersovereenkomsten symptoomgerichte maatregelen, met een relatief beperkte efficiëntie (zie hoger).

Tabel 17: Groeiscenario's voor de beheersovereenkomsten.

Beheersovereenkomsten	Situatie 2006	x 5	x 20
Aantal grasbufferstroken	5278	26390	105560
Aantal percelen met niet-kerende bodembewerking	470	2350	9400
Afname sedimentaanvoer naar rivieren	3%	10%	40%

4. Conclusies

De toepassing van brongerichte maatregelen, zoals minimale bodembewerking, op een groot areaal kan leiden tot een reductie van 65 % op de sedimentaanvoer naar de Vlaamse rivieren. Verder kunnen symptoomgerichte maatregelen, zoals de erosiepoelen en grasbufferstroken, die in het kader van het Erosiebesluit worden toegepast, de sedimentaanvoer sterk reduceren. Deze maatregelen bieden ook een efficiënte bescherming tegen modderstromen in afwachting van de toepassing van brongerichte maatregelen op een groter areaal, en zullen ook daarna een extra beveiliging vormen bij uitzonderlijk zware regenval (symptoomgerichte maatregelen in het kader van het Erosiebesluit werden niet meegenomen in de scenariostudie).

Referenties

McCool, D.K., Brown, L.C., Foster, G.R. (1987) Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, Vol. 30, pp. 1387-1396.

McCool, Foster, G.R., Mutchler, C.K., Meyer, L.D. (1989) Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. Transactions of the ASAE, Vol. 32, pp. 1571-1576.

Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A., McCool, D.K., and Yoder, D.C. (1997) Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Agriculture Handbook, 703. USDA, Washington, DC.

Ruysschaert, G. (2005) Spatial and temporal variability of soil losses due to crop harvesting. Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van Doctor in de Wetenschappen.

USDA, 2005 <http://www.ars.usda.gov/Research/docs.htm?docid=7117>

Verstraeten, G., Van Oost, K., Van Rompaey, A., Poesen, J. en Govers, G., 2001. Integraal land-en waterbeheer in landelijke gebieden met het oog op het beperken van bodemverlies en modderoverlast (proefproject gemeente Gingelom), Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap – Afdeling Land, eindrapport juli 2001.