

# **Verstening: milieu-drukfactor in het gefragmenteerde landschap**

Hubert Gulinck, Annelies Haesevoets, Steven Meeus

Laboratorium voor Bos, Natuur en Landschap  
Katholieke Universiteit Leuven

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

MIRA/2005/05

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 Milieuraapport Vlaanderen.

Dit rapport is ook beschikbaar via [www.milieurapport.be](http://www.milieurapport.be)

Contactadres:

Vlaamse Milieumaatschappij – MIRA  
Van Benedenlaan 34  
2800 Mechelen  
tel. 015 45 14 66  
[mira@vmm.be](mailto:mira@vmm.be)

Wijze van citeren:

Gulinck H, Haesevoets A, & Meeus S. (2005), Verstening: milieu-drukfactor in het gefragmenteerde landschap, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2005/05, Laboratorium voor Bos, Natuur en Landschap Katholieke Universiteit Leuven.

# VERSTENING: MILIEU-DRUKFACTOR IN HET GEFRAGMENTEERDE VLAAMSE LANDSCHAP

*Steven Meeus, Annelies Haesevoets en Hubert Gulinck  
Laboratorium voor Bos, Natuur en Landschap, K.U.Leuven*

## 1. Inleiding

Dit rapport beschrijft de ontwikkeling en het resultaat van een voor Vlaanderen gebiedsdekkende kaart van “verstening”. Verstening is de toestand van kunstmatige verharding van het oppervlak, door urbanisatie en meer algemeen bebouwing en verkeersinfrastructuur, en allerlei kleine artificiële objecten .

Dit onderzoek was een bijzondere studie in functie van het thema “versnippering” in het kader van de Milieu- en Natuurrapportering door de Vlaamse Milieumaatschappij. In de jongste MIRA-T rapporten is versnippering voornamelijk benaderd vanuit de problematiek van de verstedelijking, complementair aan de “groene” benadering binnen de Natuurrapporten van het Instituut voor Natuurbehoud. Daarbij verruimt de probleemstelling zich steeds meer van de monitoring van versnippering als milieuprobleem op zich naar het bieden van nuttige ruimtelijke informatie naar andere milieudomeinen zoals hydrologie (verhoogde afvoer door de verharding van oppervlakken), landschap (visuele verstoring door artificiële structuren) en ecologie (thermische effecten, effecten op biodiversiteit enz.)

Hierbij rees voortdurend het probleem van de preciese meetbaarheid van het fysiek-ruimtelijke fenomeen verstedelijking.

“Verstedelijking” in Vlaanderen vertoont een grote diversiteit qua dichtheid, ligging, morfologie en aard. Gevolg hiervan is dat het monitoren en meten van verstedelijking geen eenvoudige opdracht is. De eenvoudigste variabele van verstedelijking is het verharde oppervlak (i.e. een (quasi-)water ondoorlaatbaar oppervlak). Een veel gebruikte techniek is de classificatie van satellietbeelden (en het herleiden van deze classificatie naar landgebruikskaarten). Om praktische en financiële redenen wordt de resolutie van deze satellietbeelden (en bijgevolg ook van de classificaties) meestal niet te hoog gekozen. Juist in het geval van een erg diverse, heterogene en morfologisch erg variabele

verstedelijking is dit echter een probleem en resulteren deze classificaties in hoge onnauwkeurigheden.

Een mogelijkheid om deze onnauwkeurigheden te vermijden is door de resolutie van de basis data te verhogen: inzoomen op verstedelijking. I.p.v. pixels op are-niveau inzoomen tot pixel op vierkante-meter-niveau. Op dit niveau worden niet alleen gebouwen, grote verharde structuren en infrastructuur geïdentificeerd, maar ook opritten, fiets- en wandelpaden, tuinbouwsels, fundamenteringen van pylons, straatmeubilair enz. en geeft dit een veel breder – en nauwkeuriger beeld van de verharding van het bodemoppervlak. Bovendien zijn gebieden (zoals stedelijke kernen), waar de classificatie bijna volledig verhard aangeeft niet altijd 100% verhard: binnenplaatsen, tuintjes, parkjes, (weg)bermen. Ook deze ‘overschattingen’ worden op die manier gecorrigeerd. Van het moment dat er op een dergelijke mate van detail gewerkt wordt dat boven genoemde vormen van specifieke bodembedekking duidelijk worden, spreekt men van “verstening”.

Voor de duidelijkheid in dit verslag zal er verder gesproken worden van resolutie A en B en van ruwe en verfijnde verstening:

<b>Resolutie A</b>	<b>Resolutie B</b>
Topografische kaart 1:10000, data laag bodembedekking (verharde oppervlakken, bebouwing, infrastructuur)	Veldwerk, “realiteit” (versteende oppervlakken rechtstreeks opgemeten met minimale eenheid 1m <sup>2</sup> )
Levert na verwerking informatie over ‘ <b>ruwe verstening</b> ’	Levert na verwerking informatie over ‘ <b>verfijnde verstening</b> ’
Relatief hoog detail	Zeer hoog detail

Het verzamelen van gegevens over verstening op basis van terreininventarisatie is doenbaar voor heel kleine gebiedjes (minder dan 2 vierkante kilometer). Het afleiden van gegevens over verstening van hoge resolutie satellietbeelden biedt een mogelijke oplossing,

dit is echter een zeer moeilijke opdracht, welke zeer tijdsrovend en soms erg duur kan zijn. Minder nauwkeurige brondata gebruiken levert dan weer een te grote foutenlast op. Een vierde mogelijkheid tenslotte is een benaderende datareeks opstellen, die gebaseerd is op de kennis van het systematische verschil tussen de meest nauwkeurige gegevens (bijvoorbeeld terreininventarisatie – resolutie B) en een andere (lagere kwaliteit – resolutie A) dataset.

In dit onderzoek werd gepoogd, op basis van vorig onderzoek, om een kwantitatief verband af te leiden tussen gegevens met resolutie A en data met resolutie B, dit tenslotte voor heel Vlaanderen.

## 2. Voorgeschiedenis: voorgaande projecten rond verstening en versnippering.

Dit project werd voorafgegaan door een project rond verstening met volgende resultaten:

- Er werd een definitie voor ‘verstening’ aangereikt en op basis van deze definitie een classificatiesleutel opgesteld.
- Aan de hand van deze variabele ‘verstening’ werden verschillende databronnen onderzocht naar hun mogelijkheid tot leveren van informatie over verstening.
- De beste gegevens bleken uiteindelijk uit een topografische kaart gehaald kunnen worden, liefst een topografische kaart schaal 1:10.000.
- Gegevens gebaseerd op de topografische kaart werden vergeleken met deze ‘in realiteit’ – gegevens verzameld tijdens een terreininventarisatie op vier testgebieden in Vlaanderen.
- Er werd aangetoond dat er effectief een verschil is in ‘verstening’ gemeten in realiteit en op een (lage resolutie) gegevensbron zoals de topografische kaarten.
- Dit verschil kan benaderd worden door een lineaire functie, waarbij intercept en richtingscoëfficiënt een maat zijn voor de totale hoeveelheid verstening (per eenheid van oppervlakte) en het ‘verschil’ in verstening indien gemeten met twee verschillende databronnen.
- Er werden aanwijzingen gevonden dat het verschil in verstening tussen een hoge en een lage resolutie dataset verschilt naarmate de totale verstening per eenheid van oppervlakte van het te onderzoeken gebied verschilt – m.a.w. dat het verschil in verstening tussen een hoge en een lage

resolutie dataset (in het voorgaande project ook wel het ‘versteend residu’ genoemd) afhankelijk is van de graad van urbanisatie (en dus een groter of kleiner verschil zal vertonen in sterk verstedelijkte gebiedjes of dan bijvoorbeeld in erg landelijke gebieden).

De methoden en hypothesen gehanteerd in dit project baseren zich grotendeels op de conclusies en informatie uit het voorgaande project, zoals hierboven beschreven.

## 3. Doelstelling

### a. Een “ruwe”verstening - kaart

Op basis van een resolutie A dataset zal een kaart voor Vlaanderen opgesteld worden die de hoeveelheid ruwe verstening per eenheid van oppervlakte (pixelgrootte afhankelijk van technische specificaties en gewenste nauwkeurigheid) weergeeft. Deze kaart moet als basisdata dienen voor het ontwerpen van een versteningskaart.

### b. Een ‘verfijnde’ verstening – kaart

Door de basiskaart aan de hand van lineaire verbanden te transformeren, kan een kaart gecreëerd worden die de graad van verstening per eenheid van oppervlakte weergeeft. Het lineair verband tussen een lage resolutie databron (“verharding”) en een hoge resolutie databron (“verstening”) wordt bovendien bepaald volgens vooraf gespecificeerde klassen van graad van bebouwing (urbanisatie). De eenheid van oppervlakte (pixelgrootte) is afhankelijk van technische specificaties en beperkingen en de gewenste nauwkeurigheid.

## 4. Methodiek

### a. Verzamelen data

#### **Kiezen testgebieden**

Er werden zes testgebiedjes als steekproeven gekozen in Vlaanderen. Hiervoor werd een lijst met gegevens gebruikt over bebouwing, opgemaakt tijdens projecten voor MIRA-t-rapporten (2002 – 2004). Deze lijst bevat 21 gebieden in Vlaanderen die telkens overeenkomen met een achtste-kaartblad van de topografische kaart van België (NGI) en min of meer regelmatig verspreid liggen over Vlaanderen. Voor deze gebieden werd de ‘Bruto bebouwing’ en de ‘netto toename in bebouwing’ opgemeten. ‘Bruto bebouwing’ werd gedefinieerd als het aantal

hectarehokken in een achtste-kaartblad (8000 ha) met gelijk welke vorm van bebouwing (wegen niet meegerekend<sup>1</sup>).

Dit levert een ruw beeld van de bebouwing per kaartblad. Er werden volgens toeval drie kaartbladen uitgekozen uit deze lijst, waarbij wel gelet werd dat één kaartblad uit de onderste rangen van bruto-bebouwing kwam, één kaartblad uit de middelste rangen en één kaartblad uit de bovenste rangen. Dit waren:

- Kaartblad 20/1 – Zoutenaai (minder dan 20% bruto bebouwing)
- Kaartblad 32/1 – Bertem (tussen 20% en 40% bruto bebouwing)
- Kaartblad 24/1 – Putte (tussen 40% en 60% bruto bebouwing)

Kaartbladen met meer dan 60% bebouwing kwamen niet voor in de lijst omdat de onderzochte kaartbladen kaderden in een onderzoek naar de open ruimte (en niet het stedelijk gebied). Er wordt aangenomen dat regio's met meer dan 60% bruto bebouwing als ernstig verstedelijkt of stedelijk gebied beschouwd kunnen worden. Stedelijke gebieden zijn in dit project echter niet het onderwerp van onderzoek.

In elk van deze drie kaartbladen werden twee gebiedjes gekozen van 400 hectare (2km x 2km). Elk gebiedje werd gedurende meerdere dagen (3 dagen per testgebiedje) nauwkeurig geïnventariseerd: alle bebouwing, verharding, verstening (tot een minimale oppervlakte van één vierkante meter) werd opgemeten en opgetekend. De methoden hiervoor worden uitvoerig besproken in het rapport van het voorgaande project. Inventarisatie gebeurde gedurende de wintermaanden om een minimale bedekking van vegetatie te hebben.

De verzamelde data werd vervolgens gedigitaliseerd, aanvankelijk als vectordata en dan geconverteerd naar rasterdata in ArcView (3.2). Als referentie werden de orthofoto's van Vlaanderen (NGI en OC-GisVlaanderen, 1997-2000, panchromatisch) gebruikt. In geval van twijfel (bijvoorbeeld slechte zichtbaarheid tijdens terreininventarisatie, geen toegang tot perceel etc...) werden de meest recente middenschalg orthofoto's van OC-

GisVlaanderen gebruikt (opnamen 2001-2003). Deze orthofoto's zijn in kleur en van bijzonder goede kwaliteit en kunnen (soms) veel informatie weergeven.

### **Basisdata voor verharding (basiskaart)**

Geschikte basisdata moeten voldoen aan volgende voorwaarden:

- a) informatie over bebouwing, verharding e.d. weergeven op een zo nauwkeurig mogelijke manier, zonder daarbij aan nauwkeurigheid te verliezen en zonder een overaanbod aan informatie te verschaffen
- b) werkbaar – dit wil zeggen 'aangepast' aan de technische capaciteiten van de soft- en hardware waarmee gewerkt wordt
- c) binnen praktische, financiële en administratieve grenzen liggen (IKONOS data bijvoorbeeld is zeer goed maar niet betaalbaar in dit onderzoek).

De meest geschikte data hiervoor bleek de topografische kaart van België op schaal 1:10000. Deze bestaat in rasterformaat (Top10r) – maar in feite zijn dit ingescande versies van de papieren kaart. Dit wil zeggen dat alle teksten en symbolen ook nog op de kaart staan en dat deze vorm niet gebruikt kan worden in een GIS. Er bestaat echter ook een vectordataset (Top10v en Top10gis) van de topografische kaart, waar elke "laag" (bijvoorbeeld landgebruik, wegen, straatnamen, puntobjecten e.d.) als aparte vectordata bestaan. Omdat deze gegevens echter niet binnen de financiële mogelijkheden van dit onderzoek vielen werd uiteindelijk een rasterdatablaag (resolutie 0.66), afgeleid van de vectorlaag 'landgebruik' (Top10v-GIS LANDUSE) aangeschaft. Deze datablaag heeft volgende voor- en nadelen:

- + De datablaag is grotendeels gebieddekkend.
- + De datablaag is van een voldoende hoog detail (pixelgrootte 0.66m x 0.66m) en een voldoende recente opnamedatum (start opnamen in 2001).
- + De datablaag bevat alle vormen van landgebruik en/of bodembedekking in een voldoende gedetailleerde beschrijving.
- + De datablaag is opgedeeld volgens de kaartbladen van de topografische kaart (opsplitsbaar in kleinere eenheden).
- + De datablaag is voldoende compact qua grootte en dus niet 'te zwaar' voor gangbare soft- en hardware.
- De datablaag is grotendeels gebiedsdekkend, maar niet overal: ze is momenteel nog niet afgewerkt verkrijgbaar (delen van het noorden van de provincie Antwerpen en het noordoosten van de

<sup>1</sup> In de data voor de T-Rapporten werd enkel verharding door bebouwing en bebouwde structuren bestudeerd. Wegen werden hier niet mee gerekend. In de data voor dit onderzoek opgesteld werden alle vormen van verharding, verzegeling en verstening opgenomen, dus ook wegen, indien deze verhard waren en volgens de versteningsclassificatiesleutel (zie voorgaand onderzoek) konden gedetermineerd worden. Spoorwegen werden niet als verhard of versteend beschouwd.

provincie Limburg zijn nog niet verkrijgbaar) en er zijn soms “gaten” te vinden. Hier bevatte de brondata te veel fouten of was deze niet aanwezig.

- Sommige kaartbladen waren bij het vervaardigen van het product foutief geclassificeerd. Dit vergde een extra verificatie van de juistheid van de data en een herwerking van foute gegevens. Een extra tijdsinvestering was het gevolg.

b. Afleiden relatie tussen verharding en verstening.

Aanvankelijk werden testgebiedjes van 400 hectare gekozen waar als steekproef de totale oppervlakte verstening gemeten werd. De grootte van deze testgebiedjes werd berekend op basis van het totaal aantal hectares per (achtste) kaartblad waar de steekproeven uit gekozen werden. Per kaartblad werden er twee gekozen – één om de relatie te bepalen en één om deze te verifiëren. Twee problemen werden hier echter vastgesteld: niet alle steekproeven binnen éénzelfde kaartblad waren gelijk en niet alle kaartbladen verschilden onderling voldoende.

Per kaartblad werden de steekproeven met elkaar vergeleken – een relatie opstellen met het ene en verifiëren met het andere heeft enkel zin als er geen significant verschil is (in oppervlakte verstening opgemeten op de topografische kaarten) tussen de twee. Bij kaartblad 32 was er een te groot verschil in bebouwing tussen de twee steekproeven uit dat kaartblad. Bovendien waren de steekproeven tussen kaartbladen niet overal significant verschillend (een steekproef uit kaartblad 32 was ongeveer gelijk bebouwd als een steekproef uit kaartblad 24, b.v.).

Bovendien zijn deze steekproeven enkel voldoende groot om een uitspraak te doen over een gebied van 8000 ha (een kaartblad - indien dit min of meer homogeen is) en niet voor alle regio's met eenzelfde grootteorde van bebouwing.

Als minimale oppervlakte eenheid voor een kaart over verharding / verstening in Vlaanderen werd een kilometerhok (één vierkante kilometer) gekozen. Dit voornamelijk om praktische redenen (gaan werken met kleinere eenheden van oppervlakte over heel Vlaanderen (bijvoorbeeld hectarehokken e.d.) vergt enorm zware soft- en hardware, databronnen en tijd) maar ook om nauwkeurighedsredenen: een eenvoudige test met de RRMSE (Relative Root Mean Square

Error - zie eindverslag voorgaand project) toont aan dat indien men pixels met grootte 1m<sup>2</sup> aggregereert de foutenlast vermindert. Deze foutenlast vermindert sterk tot een aggregatieniveau van 1km<sup>2</sup> en minder sterk bij een aggregatie tot pixels groter dan 1km<sup>2</sup>. Hieruit kan geconcludeerd worden dat een aggregatie van pixels tot 1km<sup>2</sup> een nog voldoende gedetailleerde informatie kan geven en toch al een behoorlijke foutenlast elimineert.

202c	0.73	KLASSE 1 0%≤X<3%
<b>201b</b>	<b>2.3</b>	
201a	2.77	
202a	3.23	KLASSE 2 3%≤X<6%
201d	3.38	
202b	4.28	
242d	4.48	
<b>242b</b>	<b>4.73</b>	
202d	5.61	KLASSE 3 6%≤X<10%
242a	6.37	
322b	6.96	
321d	7.39	
<b>201c</b>	<b>7.46</b>	
242c	7.69	KLASSE 4 10%≤X<15%
241b	10.2	
322a	12.08	
<b>241d</b>	<b>12.87</b>	
322d	13.66	KLASSE 5 15%≤X<20%
<b>321c</b>	<b>15.46</b>	
241c	17.34	
241a	21.15	KLASSE 6 20%≤X<30%
<b>322c</b>	<b>25.97</b>	
321a	26.44	
<b>321b</b>	<b>31</b>	KLASSE 7 >30%

**Tabel 1: indeling steekproeven in klassen volgens percentage verstening (gemeten op topografische kaart)**

Om geschikte informatie te vinden voor kilometerhokken, werden alle zes steekproeven in vier gedeeld. Dit leverde 24 nieuwe steekproeven van één vierkante kilometer. Vervolgens werd voor elk gebiedje de oppervlakte verstening opgemeten op basis van de rasterdata van de topografische kaart.

Voor elk van de 24 steekproeven van 100 ha (1km<sup>2</sup>) werd het aantal m<sup>2</sup> bebouwd in 1 km<sup>2</sup>

herleid naar het percentage bebouwing. Deze percentages werden gebruikt om een eerste indeling te maken in verschillende types (klassen) van bebouwing. In tabel 1. wordt deze eerste indeling weergegeven.

Een tweede test was kijken of de steekproeven binnen een zelfde klasse gelijk waren en dit door het vergelijken van de gemiddelden. Deze gemiddelden bleken binnen elke klasse gelijk te zijn. Enkel in klasse 1 was het gemiddelde 202c verschillend.

Op basis van deze analyses en het percentage bebouwing werd beslist welke steekproeven een klasse ging representeren. De keuzes zijn vetgedrukt in tabel 1.

De volgende stap was het toepassen van ANCOVA, waarbij de gegevens van de topografische kaart als covariate gebruikt werden, de velddata als afhankelijk variabele

en de verschillende klassen als onafhankelijke variabelen. ANCOVA (Analysis of Covariance) is een statistische techniek die de brug slaat tussen regressie en correlatie enerzijds en ANOVA anderzijds. Eén van de veronderstellingen van ANCOVA is dat de hellingen van de rechten tussen de topografische data en velddata gelijk zijn voor al de verschillende klassen van bebouwing. Deze veronderstelling van gelijkheid van de regressie hellingen kan getest worden door het fitten van een model dat zowel het hoofd effect van de klassen en topografische data als de interactie tussen klassen en topografische data bevat. De nulhypothese dat de hellingen gelijk zijn wordt afgeleid uit de F-test voor deze interactieterm. Door het uitvoeren van deze test werd duidelijk dat de hellingen van de regressiehellingen voor de verschillende klassen niet gelijk zijn (tabel 2). En daardoor kon ANCOVA dus niet toegepast worden.

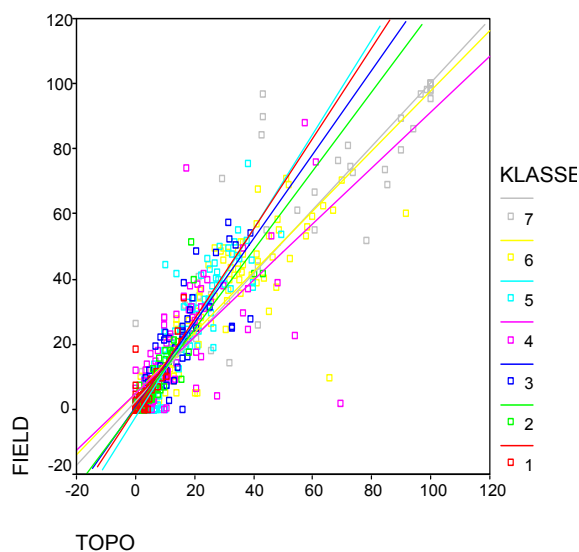
#### Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: FIELD

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Corrected Model	311974.881 <sup>a</sup>	13	23998.068	316.047	.000	.857
Intercept	772.492	1	772.492	10.173	.001	.015
KLASSE	1944.060	6	324.010	4.267	.000	.036
TOPO	49647.296	1	49647.296	653.839	.000	.488
KLASSE * TOPO	4544.363	6	757.394	9.975	.000	.080
Error	52089.354	686	75.932			
Total	560208.489	700				
Corrected Total	364064.235	699				

a. R Squared = .857 (Adjusted R Squared = .854)

Tabel 2: ANCOVA voor 7 geselecteerde steekproeven (SPSS output)



Grafiek 1: Correlatie tussen verharding gemeten op topografische kaart en gemeten tijdens veldwerk voor 7 geselecteerde steekproeven (ANCOVA – SPSS output)

Uit een visuele analyse kon dit al vermoed worden (grafiek 1).

Aangezien ANCOVA niet toegepast kan worden, moet om het verschil tussen de klassen te bepalen overstappen naar ANOVA. Hierbij wordt voor one-way ANOVA gekozen, waarbij de afhankelijke variabele de velddata is en de onafhankelijke variabele de verschillende klassen zijn (tabel 3). Uit deze analyse blijkt dat niet alle gemiddelden gelijk zijn.

Om te controleren of er nu toch nog gemiddelden zijn die niet verschillen worden post hoc testen (Bonferroni, Tuckey) uitgevoerd (tabel 4). Hieruit blijkt dat er bepaalde klassen zijn waarvan de gemiddelde waarden niet significant verschillend zijn. Meestal is een klasse niet sterk verschillend van de klassen die er het nauwst bij aansluiten, bv. klasse 4 is gelijk aan klasse 3 en klasse 5.

## ANOVA

FIELD

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	76845.711	6	12807.618	30.902	.000
Within Groups	287218.5	693	414.457		
Total	364064.2	699			

**Tabel 3: ANOVA voor totale data (alle 7 steekproeven samen) tussen Veldwerk (FIELD) data en data gemeten op topografische kaart (TOPO) (SPSS output)**

## FIELD

KLASSE	N	Subset for alpha = .05			
		1	2	3	4
Tukey HSD <sup>a</sup>					
1	100	2.9840			
2	100	5.6027			
3	100	10.5850	10.5850		
4	100		15.9047	15.9047	
5	100			20.4494	
6	100				29.0809
7	100				32.5688
Sig.		.116	.516	.696	.890

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 100.000.

**Tabel 4: Tuckey Post-hoc test voor 7 steekproeven (SPSS Output)**

In de tabel 'homogeneous subsets' worden in verschillende subsets de gemiddelden aangegeven die niet verschillend zijn.

Op basis van deze tabel is er besloten om over te gaan tot een nieuwe classificatie:

- Klasse 1: **0% ≤ X < 10%**
- Klasse 2: **10% ≤ X < 20%**
- Klasse 3: **X ≥ 20%**

Vraag is nu welke steekproeven gekozen moeten worden om deze klassen te vertegenwoordigen? Enkel de steekproeven waarvoor de relatie tussen velddata en topografische data significant verschillend is komen hiervoor in aanmerking. Dit zijn voor:

- Klasse 1: **201b, 201a, 242b, 202d, 201c, 242c**
- Klasse 2: **241d, 241b, 322a, 322d, 321c, 241c**
- Klasse 3: **322c, 241a, 321a, 321b**

Verder is ook de gelijkheid van de steekproeven binnen 1 klasse belangrijk. De gemiddelden van de verschillende steekproeven in eenzelfde

klasse worden vergeleken door gebruik te maken van one-way ANOVA. In klasse 1 en 2 zijn niet alle gemiddelden van de steekproeven gelijk aan elkaar. Deze steekproeven waarvan het gemiddelde gelijk is aan de meeste van de andere steekproeven binnen de klasse, worden aangehaald als mogelijke representatieve steekproeven. Uit een combinatie van deze twee analyses is er besloten om de volgende steekproeven te gebruiken als representatief voor hun klasse:

- Klasse 1: **242b**
- Klasse 2: **322d**
- Klasse 3: **322c**

Eerst is er weer gecontroleerd of ANCOVA kan toegepast worden op deze nieuwe data. Dit was niet mogelijk omwille van het niet gelijk zijn van de hellingen van de regressielijnen. Dus werd een one-way ANOVA toegepast (tabel 5) om te zien of de gemiddelden tussen de verschillende klassen gelijk zijn of niet. Uit deze test bleek dat niet alle gemiddelden gelijk waren. Om te zien hoe verschillend elke groep was t.o.v. andere



worden post hoc testen (Bonferroni en Tuckey) uitgevoerd (tabel 6), waaruit afgeleid kon worden

dat de gemiddelden van alle 3 de klassen verschillend waren.

### ANOVA

FIELD					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	51889.075	2	25944.538	53.950	.000
Within Groups	287096.8	597	480.899		
Total	338985.9	599			

Tabel 5: ANOVA voor 3 steekproeven tussen FIELD en TOPO data (SPSS output)

### Multiple Comparisons

Dependent Variable: FIELD

	(I) KLASSE	(J) KLASSE	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
						Lower Bound	Upper Bound
Tukey HSD	1	2	-10.0832*	2.19294	.000	-15.2357	-4.9307
		3	-22.7310*	2.19294	.000	-27.8835	-17.5785
	2	1	10.0832*	2.19294	.000	4.9307	15.2357
		3	-12.6478*	2.19294	.000	-17.8003	-7.4953
	3	1	22.7310*	2.19294	.000	17.5785	27.8835
		2	12.6478*	2.19294	.000	7.4953	17.8003
Bonferroni	1	2	-10.0832*	2.19294	.000	-15.3479	-4.8185
		3	-22.7310*	2.19294	.000	-27.9957	-17.4663
	2	1	10.0832*	2.19294	.000	4.8185	15.3479
		3	-12.6478*	2.19294	.000	-17.9125	-7.3831
	3	1	22.7310*	2.19294	.000	17.4663	27.9957
		2	12.6478*	2.19294	.000	7.3831	17.9125

\*. The mean difference is significant at the .05 level.

Tabel 6: Post Hoc Testen (Tuckey en Bonferroni) voor 3 steekproeven

Voor deze 3 verschillende klassen voeren we nu een lineaire regressie uit om de relatie tussen de topografische en velddata te bepalen. Dit levert de grafieken in figuur 2a tot 2c.

Uit ANOVA kan afgeleid worden dat deze lineaire verbanden significant zijn. Wat de correlaties betreft:

Klasse 1: R = 0,896

Klasse 2: R = 0,912

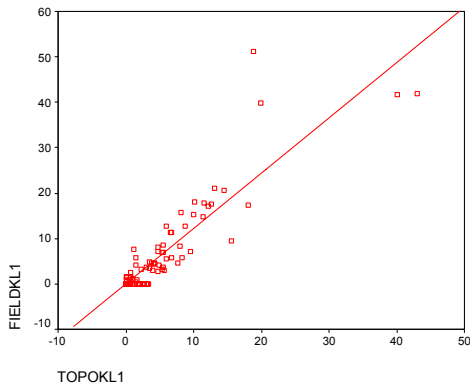
Klasse 3: R = 0,856

De vergelijkingen die we kunnen opstellen zijn dan:

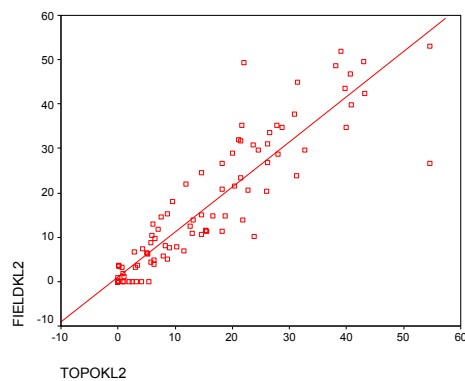
<p>Klasse 1: <math>0\% \leq X &lt; 10\%</math> :</p> <p><b>FIELD(k1) = 0,112 + 1,215 TOPO(k1)</b></p> <p>Klasse 2: <math>10\% \leq X &lt; 20\%</math>:</p> <p><b>FIELD(k2) = 1,096 + 1,015 TOPO(k2)</b></p> <p>Klasse 3: <math>X \geq 20\%</math>:</p> <p><b>FIELD(k3) = 4,830 + 0,931 TOPO(k3)</b></p>
---

Met FIELD de data gemeten tijdens het veldwerk, de 'reële versterking' oftewel meest juiste benadering (resolutie B data) en TOPO de data gemeten aan de hand van de topografische kaarten schaal 1:10.000 oftewel de eenvoudigst meetbare maar minder gedetailleerde data (resolutie A data).

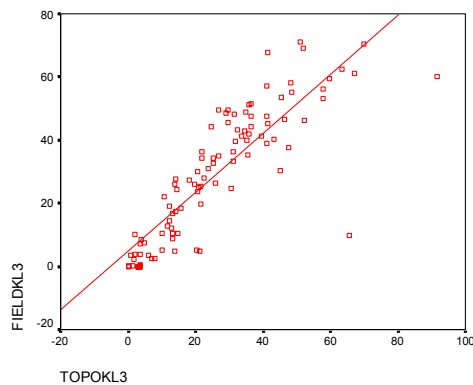
De andere steekproeven binnen dezelfde klasse kunnen nu gebruikt worden om deze data te valideren. De topografische kaart-gebaseerde data (TOPO) wordt gebruikt om de reële "veldwerk" data (FIELD) te voorspellen of te benaderen. Vervolgens wordt de berekende data vergeleken met de tijdens het veldwerk gemeten data. Als de gemiddelden van deze niet significant verschillend zijn dan zijn de vergelijkingen een goede methode om op basis van de topografische kaart de werkelijke versterking te voorspellen.



**Grafiek 2a: regressie voor steekproef uit klasse 1**



**Grafiek 2b: regressie voor steekproef uit klasse 2**



**Grafiek 2c: regressie voor steekproef uit klasse 3**

Voor klasse 1 werden steekproeven 201b, 201a, 202a, 201d, 202b, 242d, 202d, 242a, 322b, 321d gebruikt om de vergelijking te valideren. Enkel voor steekproef 202a en 242d was de voorspelde velddata niet gelijk aan de werkelijke velddata.

Voor klasse 2 werden steekproef 241b, 322a, 241d en 322d als validatie gebruikt. Steekproef 322a en 322d leverden verschillende gemiddelden op tussen de gemodelleerde velddata en de werkelijke velddata. Voor klasse 3 waren het 241a, 321a en 321b die als steekproef gebruikt werden. Enkel 321a gaf een verschil aan tussen model en velddata.

Als algemene conclusie wordt gesteld dat de vergelijkingen hier opgesteld een goede benadering vormen geven voor het berekenen van verstening op hoge resolutie gebaseerd op het meten van verstening op de topografische kaart 1:10.000.

De procedure voor het opstellen van een zulk benaderend model kan gebruikt worden voor elke vorm van lage resolutie data, vooropgesteld dat de juiste aggregaties gemaakt kunnen worden, dat de databron effectief informatie over verstening of verharding kan weergeven en dat de resolutie (graad van detail) van de lage resolutie dataset nog binnen bepaalde marges ligt (dus niet té lage resolutie).

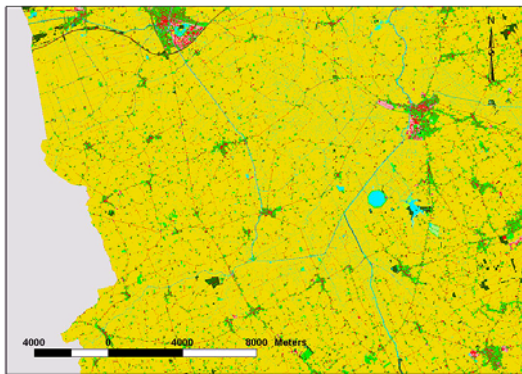
### c. Creëren verhardings- en verstenings--kaart.

#### **Ruwe verstening**

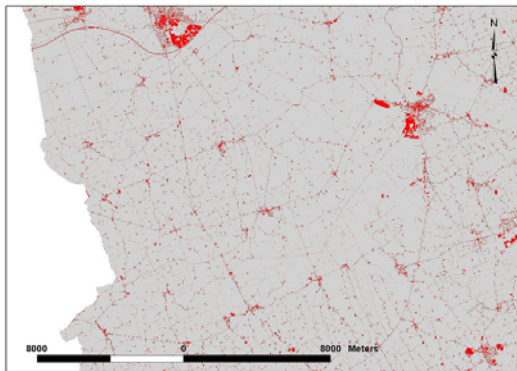
Om een kaart te kunnen weergeven met informatie (per kilometerhok) over de graad van “reële” verstening, gebaseerd op het benaderen van deze verstening door het toepassen van de onder b) uitgewerkte vergelijkingen op de topografische kaart 1:10.000, dient er eerst een kaart gemaakt te worden van de verstening per kilometerhok, gemeten op de topografische kaart voor Vlaanderen.

Voor deze kaart werd de topografische (landgebruikskaart) kaart (raster met pixelgrootte 0.6m) omgezet naar een raster met pixelgrootte 1m<sup>2</sup> (figuur 1a). Vervolgens werd er een herclassificatie uitgevoerd: alle landgebruiksklassen die verharding (of verstening) inhielden werden geclassificeerd als klassen ‘verstening’ en kregen waarde “1”, alle overige klassen als ‘onverhard’ en kregen de waarde “0”. Resultaat was een binair raster met celgrootte (pixelgrootte) 1m<sup>2</sup> (figuur 1b). In een laatste stap werd een rooster kilometerhokken over de geherclassificeerde kaart gelegd en voor elk kilometerhok werd de totale verstening berekend (in feite de som van het aantal versteende pixels “1” per kilometerhok)(figuur 1c). Tenslotte werd de waarde van elk kilometerhok gedeeld door 10000 om zo de procentuele samenstelling te verkrijgen (procent verstening per km<sup>2</sup> in plaats van aantal m<sup>2</sup> verstening per km<sup>2</sup>). Dit leverde uiteindelijk een kaart (gebaseerd op de beschikbare data) van de *ruwe verstening van Vlaanderen* (figuur 2). Dit wordt hier de *ruwe verstening* genoemd, omdat dit gebaseerd is op de gegevens van de topografische kaart 1:10000 en dus een onderschatting of overschatting is van de reële verstening. Deze ruwe kaart zal wel gebruikt worden om een verfijnde kaart op te stellen. In

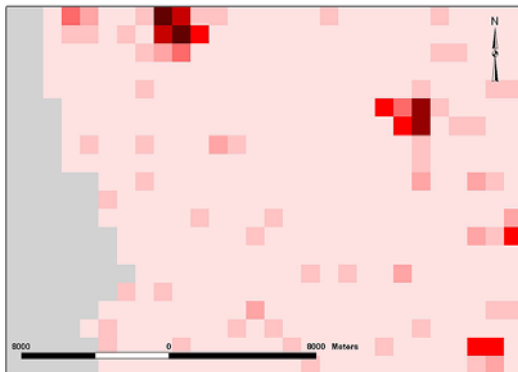
figuur drie werd de gemiddelde ruwe verstening per gemeente weergegeven.



**Figuur 1a: Basisraster 1m resolutie op basis van de topografische kaart schaal 1:10000.**



**Figuur 1b: Herclassificatie naar binair raster met resolutie 1m en klassen 1 (verstening) en 0 (geen verstening).**



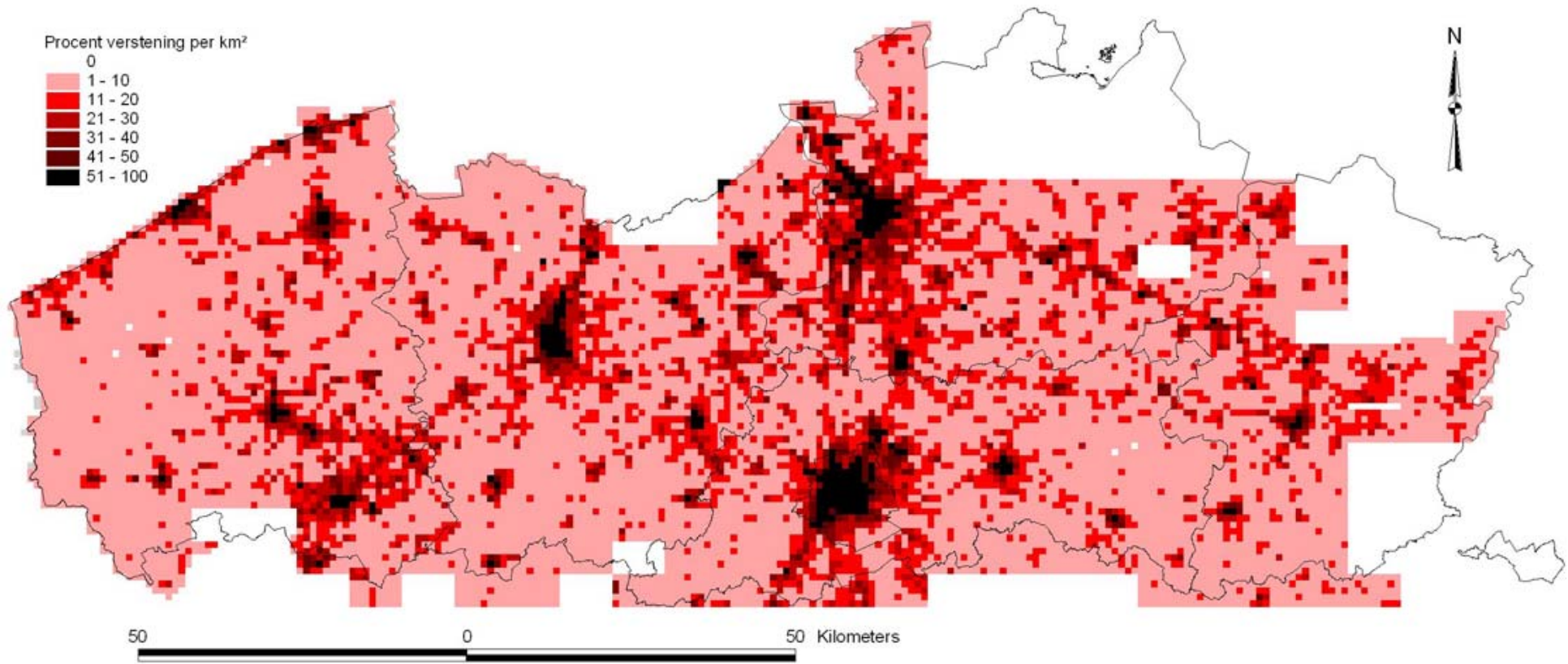
**Figuur 1c: Aggregatie naar kilometerhokken: elk kilometerhok (1km<sup>2</sup>) bevat de som van het aantal "1" pixels onder het hok (de totale oppervlakte verstening in m<sup>2</sup> in dat kilometerhok)**

### Verfijnde verstening

Deze ruwe kaart werd vervolgens verfijnd door de afgeleide formules uit b) om de reële verstening te benaderen. Figuur 4 geeft dit weer voor heel Vlaanderen (per kilometerhok) en figuur 5 geeft dit weer per gemeente. Door onvolledige basisdata voor sommige streken in Vlaanderen, zijn er gemeenten waar geen basisdata voor voorhanden was of waar de beschikbare basisdata niet de volledige oppervlakte van de gemeente bestreek. Een overzicht van de onvolledige of "lege" gemeenten wordt gegeven in tabel 2. Tabel 3 tenslotte geeft het de ruwe verstening weer in ha en als percentage van de totale oppervlakte per gemeente, per provincie en voor heel Vlaanderen.

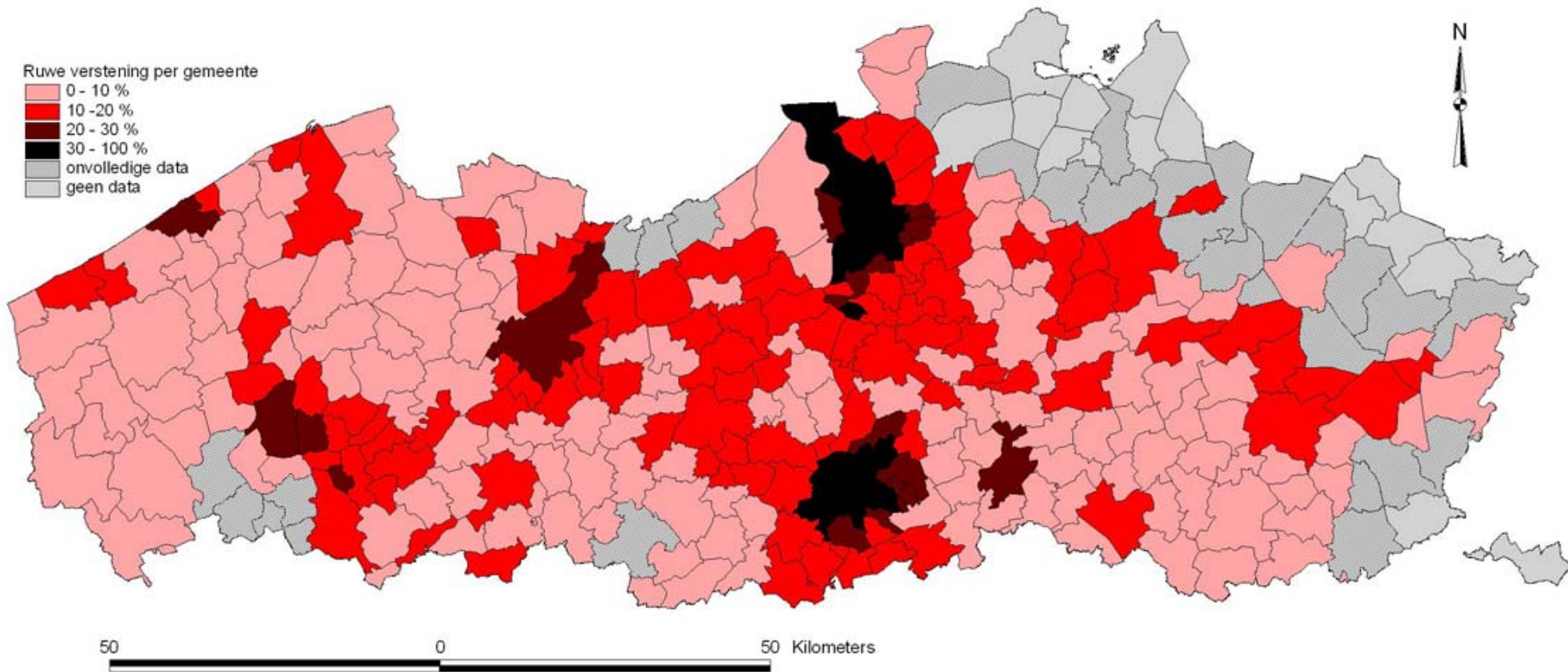
Onvolledige data	Geen data
Balen	Arendonk
Bilzen	Baarle-Hertog
Geraardsbergen	Beerse
Hoeselt	Bocholt
Houthalen-Helchteren	Brecht
Kasterlee	Bree
Lanaken	Hamont-Achel
Leopoldsburg	Hoogstraten
Lille	Kinrooi
Lommel	Merksplas
Maaseik	Neerpelt
Malle	Oud-Turnhout
Meeuwen-Gruitrode	Ravels
Menen	Riemst
Moerbeke	Rijkevorsel
Mol	Voeren
Overpelt	
Peer	
Retie	
Stekene	
Tongeren	
Turnhout	
Wachtebeke	
Wervik	
Wevelgem	
Wuustwezel	
Zonnebeke	

**Tabel 2: Gemeenten waarvoor basisdata ontbeekt of onvolledig is.**



**Figuur 2: Ruwe verstening voor Vlaanderen: procent verstening per km<sup>2</sup> - berekend op basis van verharde en versteende oppervlakken op de topografische kaart van België, 1:10000.**





**Figuur 3: Ruwe verstening voor Vlaanderen: procent verstening per gemeente - berekend op basis van verharde en versteende oppervlakken op de topografische kaart van België, 1:10000.**

Telkens gaat het om de gemiddelde oppervlakte per gemeente of provincie uitgedrukt in procent. Als referentie-oppervlakte is echter die oppervlakte genomen van de waar ook data voor beschikbaar was. Gemeenten (en bijgevolg ook provincies) waar slechts voor een deel van hun grondgebied data voor beschikbaar was werden opgenomen in de berekening, maar de berekende gemiddelden telden dan enkel voor een deel van hun grondgebied. Daar het bovendien bijna uitsluitend gemeenten betrof in het noorden van de provincies Antwerpen en Limburg, gemeenten met traditioneel een groot grondgebied, was deze data niet representatief genoeg en werd bijgevolg niet opgenomen in tabel 3. De provincies werden echter wel opgenomen (zoniet kon voor geen enkele provincie een – zij het ruw – beeld van de verstening weergegeven worden). Bij de interpretatie van de gegevens over ruwe en verfijnde verstening per provincie dient dus in feite de nuancering gemaakt te worden dat het gaat om de gemiddelde ruwe of verfijnde verstening voor de oppervlakken waarvoor basisdata beschikbaar was per provincie.

## 5. Interpretaties en conclusies

Uit de statistieken kan geconcludeerd worden dat er inderdaad een verschil is in (oppervlakte) 'verstening' indien deze gemeten wordt op een topografische kaart of via veldwerk. Dit verschil is bovendien anders naargelang het over intenser bebouwde streken gaat. Figuur 6 geeft per gemeente het procentuele verschil weer in gemiddelde verstening wanneer dit gemeten wordt a.d.h. van de topografische kaart (ruwe verstening) en wanneer dit gemeten wordt aan de hand van een model gebaseerd op veldwerk (verfijnde verstening). De verfijnde verstening is vooral daar groter (meer dan 2%) in gemeenten waar het percentage ruwe verstening tussen 10 en 20 procent is. Dit valt vooral op in de Vlaamse Ruit (Gent-Antwerpen-Leuven-Brussel) – en meer specifiek de streek rond Mechelen, de industriële as tussen Kortrijk en Roeselare en een stukje rond Hasselt – Genk. Voor een drietal gemeenten (Schelle, Wezembeek-Oppem en Wommelgem) bedraagt het verschil meer dan 3 procent, terwijl er voor een aantal Brusselse gemeenten geen verschil werd waargenomen. Voor drie Brusselse gemeenten werd op de ruwe versteningskaart zelfs meer verstening gemeten als op de verfijnde kaart.

Voor de rest van Vlaanderen (ongeveer tweederden van het grondgebied) bedroeg het verschil 'slechts' 1% - dit echter voor de gemiddelde waarden per gemeente. Indien de cijfers worden vergeleken blijkt dat in

(kern)stedelijke gebieden of dichtbebouwde gebieden door de ruwe basisdata systematisch overschat worden: doordat binnentuintjes, stadsgroen e.d. niet wordt opgenomen en foutief als 'versteend' wordt geclassificeerd. Voor het buitengebied en de randstad is het tegenovergestelde waar te nemen. Het buitengebied wordt onderschat en randstedelijke gebieden worden sterk onderschat.

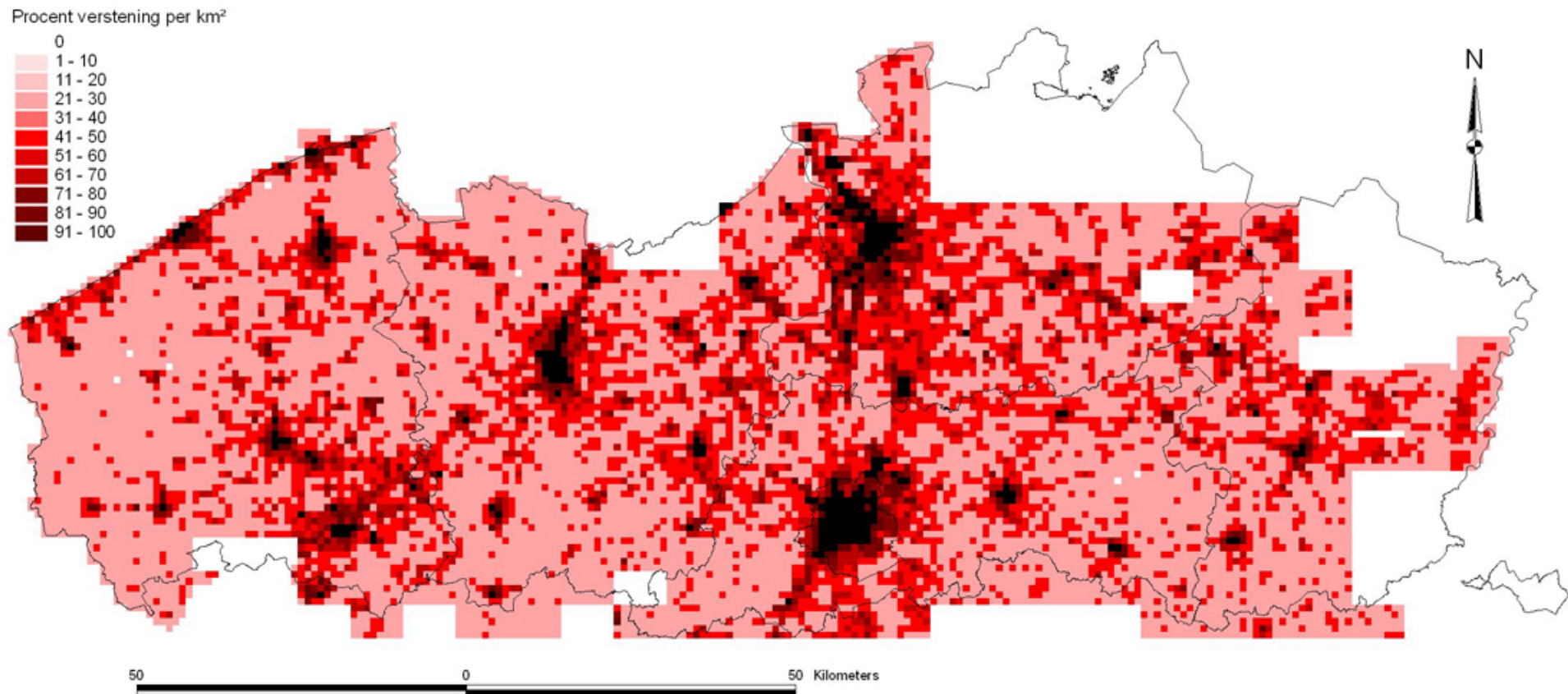
Een belangrijke bijkomende conclusie uit deze studie is dat bijna de helft van de gemeenten in Vlaanderen meer dan 10% verstening op hun grondgebied hebben. Een eigenschap die de stelling 'volgebouwd Vlaanderen' nuanceert en verfijnd, maar zeker niet tegenspreekt.

## 6. Verder onderzoek

Nu er een verschil aangetoond is tussen verstening gemeten op de topografische kaart (spreek: verharde oppervlakken gemeten/geïnterpreteerd op basis van een resolutie A dataset) en gedetailleerde 'verstening' kan als hypothese gesteld worden dat er bijgevolg ook een verschil zou optreden bij (landschaps)-indicatoren, gebaseerd op (gegevens over) 'verstening', indien deze gegevens uit deze twee bronnen van informatie komen.

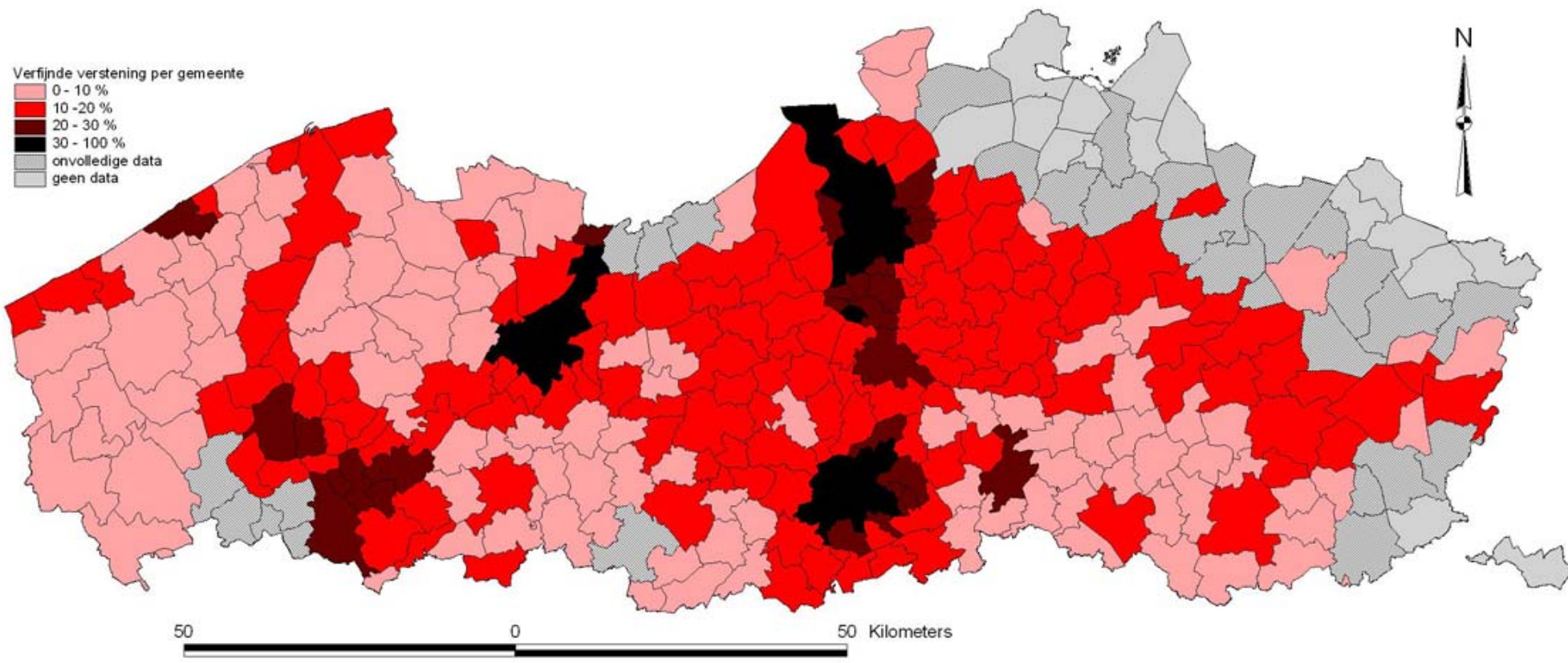
In een andere studie zouden enkele landschapsindicatoren, met indicatoren over versnippering van de open ruimte als de belangrijkste, onderzocht kunnen worden op het verschil. Indien hier verschillen zijn, kan onderzocht worden of er een inventarisatie gemaakt kan worden van de versnippering van de open ruimte (per geografische eenheid, bijvoorbeeld 'kaartblad', gemeente, provincie,...) gebaseerd op ruwe data (bijvoorbeeld topografische kaarten) of gebaseerd op een zoals hier uitgewerkt gelijkaardig model dat een gedetailleerder beeld benaderd.

Deze zelfde technieken kunnen ook gebruikt worden voor andere vormen van indicatoren, bijvoorbeeld ecologische of hydrologische. In de voortzetting van dit onderzoek wordt hier op ingegaan.



**Figuur 4: Verfijnde verstening voor Vlaanderen: procent verstening per gemeente - berekend op basis van verharde en versteende oppervlakken op de topografische kaart van België, 1:10000.**

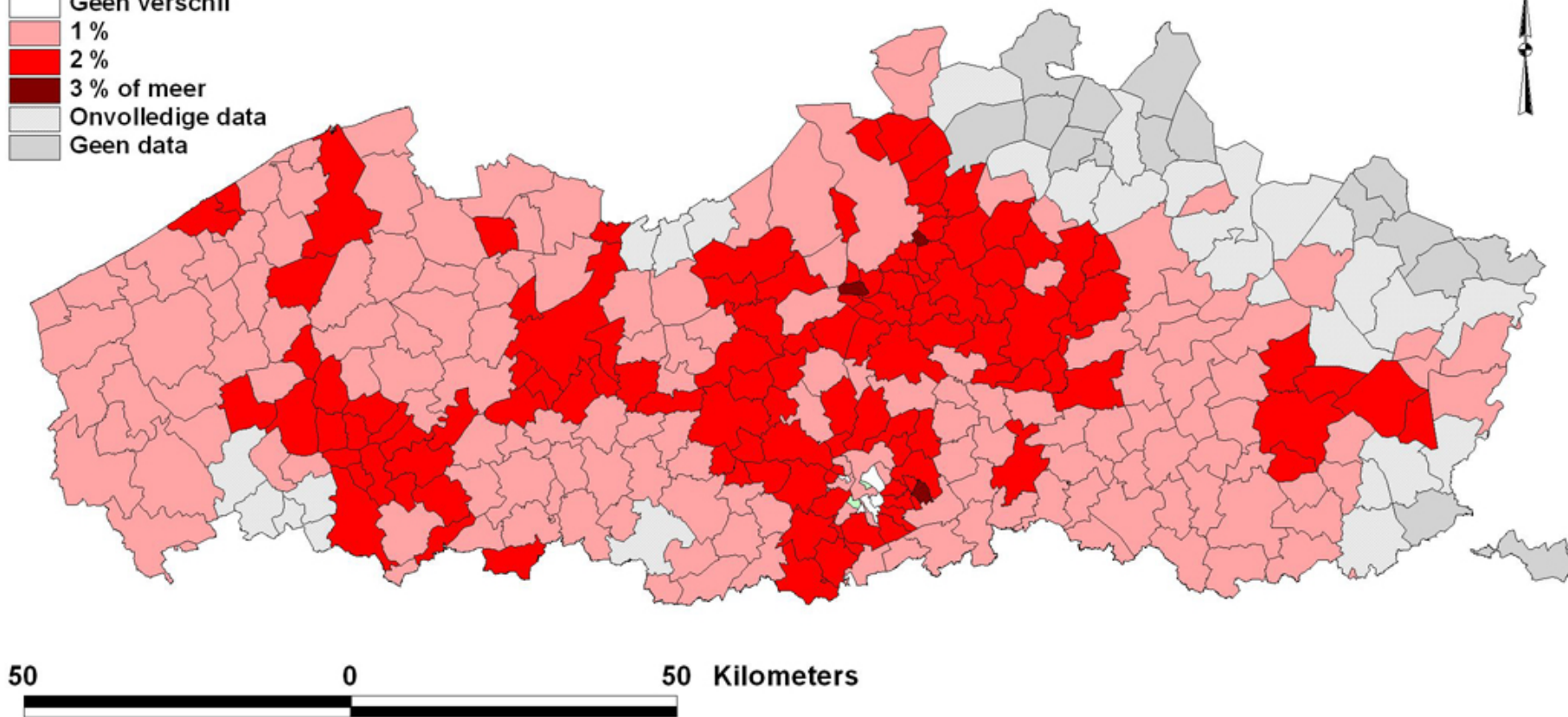




*Figuur 5: Verfijnde verstening voor Vlaanderen: procent verstening per gemeente - berekend op basis van verharde en versteende oppervlakken op de topografische kaart van België, 1:10000.*



Vershil verstening 'ruw' - 'fijn'



*Figuur 6: Verschil (in procent) tussen (gemiddelde) verfijnde verstening en (gemiddelde) ruwe verstening per gemeente.*

<i>Gemeente</i>				
<b>Naam</b>	<b>Oppervlakte (ha)</b>	<b>Ruwe verstening (%)</b>	<b>Verfijnde verstening (%)</b>	<b>Vershil (%)</b>
Aalst	8000	16,59	18,18	2,00
Aalter	8300	7,47	8,78	1,00
Aarschot	6000	10,97	12,49	2,00
Aartselaar	1100	22,64	24,49	2,00
Affligem	1800	11,94	13,55	2,00
Alken	2900	9,79	11,36	2,00
Alveringem	8300	3,17	3,94	1,00
Anderlecht	1900	45,47	46,99	2,00
Antwerpen	20800	34,59	36,08	1,00
Anzegem	4100	9,29	10,85	2,00
Ardooi	3700	10,97	12,49	2,00
As	2000	10,10	11,51	1,00
Asse	5100	11,27	12,84	2,00
Assenede	8600	4,97	6,00	1,00
Avelgem	2100	10,90	12,64	2,00
Beernem	7400	6,36	7,56	1,00
Beersel	3000	14,53	16,11	2,00
Begijnendijk	2000	10,00	11,51	2,00
Bekkevoort	3900	6,13	7,33	1,00
Beringen	7800	11,55	13,05	1,00
Berlaar	2500	9,16	10,71	2,00
Berlare	3900	8,36	9,77	1,00
Bertem	3100	6,68	7,83	1,00
Bever	2000	3,95	4,86	1,00
Beveren	15400	8,96	10,16	1,00
Bierbeek	3800	6,76	7,98	1,00
Blankenberge	1800	11,67	12,79	1,00
Boechout	2000	12,95	14,74	2,00
Bonheiden	3100	9,03	10,46	1,00
Boom	700	33,71	35,42	2,00
Boortmeerbeek	1900	11,05	12,49	1,00
Borgloon	5300	6,11	7,27	1,00
Bornem	4900	10,98	12,38	1,00
Borsbeek	400	28,25	31,13	3,00

**Tabel 3: Verstening per gemeente**

<i>Gemeente</i>				
<b>Naam</b>	<b>Oppervlakte (ha)</b>	<b>Ruwe verstening (%)</b>	<b>Verfijnde verstening (%)</b>	<b>Vershil (%)</b>
Kraainem	600	20,50	22,80	2,00
Kruibeke	3200	9,47	10,81	1,00
Kruishoutem	4700	7,91	9,28	1,00
Kuurne	1200	25,58	27,73	2,00
Laakdal	4400	8,57	9,97	1,00
Laarne	3400	8,41	9,77	1,00
Landen	5600	6,00	7,13	1,00
Langemark-Poelkapelle	5500	5,56	6,69	1,00
Lebbeke	2800	11,61	13,21	2,00
Lede	2800	9,71	11,23	2,00
Ledegem	2400	9,13	10,60	1,00
Lendelede	1500	12,20	13,97	2,00
Lennik	3100	6,26	7,53	1,00
Leuven	6000	21,52	23,20	2,00
Lichtervelde	2600	9,54	11,06	2,00
Liedekerke	700	16,14	17,91	2,00
Lier	5000	15,04	16,66	2,00
Lierde	2700	5,37	6,58	1,00
Linkebeek	400	11,75	13,45	2,00
Lint	600	14,33	16,16	2,00
Linter	3700	5,19	6,32	1,00
Lo-Reninge	6200	3,02	3,76	1,00
Lochristi	5700	10,19	11,65	1,00
Lokeren	6800	10,57	12,01	1,00
Londerzeel	3500	10,00	11,40	1,00
Lovendegem	2000	9,55	11,05	2,00
Lubbeek	4800	6,85	8,14	1,00
Lummen	5400	9,22	10,68	1,00
Maarkedal	4400	5,05	6,15	1,00
Maasmechelen	7800	9,36	10,85	1,00
Machelen	1200	37,75	39,62	2,00
Maldegem	9400	7,45	8,73	1,00
Mechelen	6500	18,74	20,30	2,00
Meerhout	2700	9,33	10,83	1,00

<i>Gemeente</i>				
<b>Naam</b>	<b>Oppervlakte (ha)</b>	<b>Ruwe verstening (%)</b>	<b>Verfijnde verstening (%)</b>	<b>Vershil (%)</b>
Boutersem	3000	6,73	7,86	1,00
Brakel	5900	5,90	7,15	1,00
Brasschaat	3600	14,50	16,35	2,00
Bredene	1300	13,38	15,10	2,00
Brugge	13000	18,30	19,83	2,00
Brussel	3200	54,03	55,13	1,00
Buggenhout	2700	10,22	11,94	2,00
Damme	9000	4,40	5,36	1,00
De Haan	4300	6,91	8,00	1,00
De Panne	2300	9,48	10,79	1,00
De Pinte	1900	11,21	12,74	2,00
Deerlijk	1500	19,13	21,28	2,00
Deinze	7600	9,25	10,66	1,00
Denderleeuw	1400	16,14	18,25	2,00
Dendermonde	5600	13,75	15,48	2,00
Dentergem	2700	8,22	9,70	1,00
Dessel	2900	10,24	11,68	1,00
Destelbergen	2800	13,21	14,96	2,00
Diepenbeek	4000	9,28	10,71	1,00
Diest	5800	9,67	11,01	1,00
Diksmuide	15000	4,18	5,02	1,00
Dilbeek	4200	12,64	14,17	2,00
Dilsen	6700	6,85	8,02	1,00
Drogenbos	300	42,67	44,55	2,00
Duffel	2300	17,30	19,22	2,00
Edegem	900	27,00	29,42	2,00
Eeklo	3000	13,80	15,37	2,00
Elsene	800	69,00	69,07	0,00
Elsene	800	69,00	69,07	0,00
Erpe-Mere	3500	10,37	11,83	1,00
Essen	4800	7,38	8,62	1,00
Etterbeek	400	72,50	72,33	0,00
Evere	600	51,67	52,93	1,00
Evergem	7600	10,67	12,06	1,00

<i>Gemeente</i>				
<b>Naam</b>	<b>Oppervlakte (ha)</b>	<b>Ruwe verstening (%)</b>	<b>Verfijnde verstening (%)</b>	<b>Vershil (%)</b>
Meise	3700	9,76	11,29	2,00
Melle	1400	16,14	18,03	2,00
Merchtem	3800	7,16	8,53	1,00
Merelbeke	3700	12,27	13,92	2,00
Mesen	500	6,00	6,96	1,00
Meulebeke	2900	10,41	12,02	2,00
Middelkerke	7600	6,16	7,19	1,00
Moorslede	3500	8,66	10,01	1,00
Mortsel	900	31,44	33,31	2,00
Nazareth	3500	10,54	12,13	2,00
Nevele	5500	7,22	8,53	1,00
Niel	700	24,14	26,25	2,00
Nieuwerkerken	2300	7,09	8,35	1,00
Nieuwpoort	3200	11,25	12,61	1,00
Nijlen	4000	9,90	11,42	2,00
Ninove	7200	9,18	10,62	1,00
Olen	2400	16,92	18,89	2,00
Oostende	3800	26,39	27,96	2,00
Oosterzele	4400	7,25	8,59	1,00
Oostkamp	8000	8,13	9,40	1,00
Oostrozebeke	1600	14,50	16,21	2,00
Opglabbeek	2000	5,60	6,57	1,00
Opwijk	2200	9,95	11,52	2,00
Oud-Heverlee	3000	7,13	8,42	1,00
Oudenaarde	7100	11,66	13,06	1,00
Oudenburg	3600	7,00	8,17	1,00
Oudergem	800	25,63	27,39	2,00
Overijse	4600	11,30	12,79	1,00
Pepingen	3600	3,94	4,90	1,00
Pittem	3300	8,85	10,32	1,00
Poperinge	12000	5,23	6,20	1,00
Putte	3300	10,79	12,46	2,00
Puurs	3400	11,79	13,47	2,00
Ranst	4300	11,44	13,03	2,00

**Tabel 3: Verstening per gemeente (vervolg)**

<i>Gemeente</i>				
Naam	Oppervlakte (ha)	Ruwe verstening (%)	Verfijnde verstening (%)	Vershil (%)
Galmaarden	2700	4,89	5,96	1,00
Ganshoren	300	41,33	43,31	2,00
Gavere	3300	8,06	9,42	1,00
Geel	9100	10,46	11,88	1,00
Geetbets	3400	5,76	6,95	1,00
Genk	8200	13,15	14,89	2,00
Gent	15900	28,37	30,00	2,00
Gingelom	5300	4,58	5,60	1,00
Gistel	4300	6,74	7,88	1,00
Glabbek	2900	4,83	5,84	1,00
Gooik	3800	5,29	6,43	1,00
Grimbergen	3600	14,25	16,05	2,00
Grobbendonk	2700	12,52	14,29	2,00
Haacht	3200	7,72	8,99	1,00
Haaltert	2900	8,38	9,76	1,00
Halen	3800	7,53	8,81	1,00
Halle	4600	12,39	13,95	2,00
Ham	3500	8,74	10,11	1,00
Hamme	3900	12,74	14,40	2,00
Harelbeke	2900	19,17	21,10	2,00
Hasselt	10400	14,67	16,23	2,00
Hechtel-Eksel	7800	5,83	7,00	1,00
Heers	5400	3,98	4,93	1,00
Heist-Op-Den-Berg	8900	9,29	10,84	2,00
Hemiksem	700	31,00	33,39	2,00
Herent	3400	9,41	10,89	1,00
Herentals	4800	15,29	16,82	2,00
Herenthout	2300	9,22	10,49	1,00
Herk-De-Stad	4300	8,05	9,47	1,00
Herne	4400	4,68	5,66	1,00
Herselt	5200	6,21	7,50	1,00
Herstappe	200	4,50	5,58	1,00
Herzele	4800	6,77	8,11	1,00
Heusden-Zolder	5200	12,54	14,07	2,00

<i>Gemeente</i>				
Naam	Oppervlakte (ha)	Ruwe verstening (%)	Verfijnde verstening (%)	Vershil (%)
Roeselare	5900	22,51	24,43	2,00
Ronse	3600	12,97	14,53	2,00
Roosdaal	2600	8,12	9,47	1,00
Rotselaar	3500	8,26	9,64	1,00
Ruiselede	3000	5,83	7,03	1,00
Rumst	2200	18,32	20,27	2,00
Schaarbeek	700	69,57	69,60	0,00
Schelle	500	18,80	21,34	3,00
Scherpenheuvel-Zichem	5200	8,54	9,92	1,00
Schilde	2900	12,24	13,82	2,00
Schoten	2700	19,30	20,93	2,00
Sint-Agatha-Berchem	300	48,00	49,52	2,00
Sint-Amands	1400	9,50	11,05	2,00
Sint-Genesius-Rode	2200	12,32	13,73	1,00
Sint-Gillis	200	83,00	82,10	-1,00
Sint-Gillis-Waas	5100	7,43	8,53	1,00
Sint-Jans-Molenbeek	400	55,00	55,50	1,00
Sint-Joost-Ten-Node	100	78,00	77,45	-1,00
Sint-Katelijne-Waver	3600	15,06	16,95	2,00
Sint-Lambrechts-Woluwe	700	47,00	48,59	2,00
Sint-Laureins	7600	3,53	4,36	1,00
Sint-Lievens-Houtem	2900	7,90	9,17	1,00
Sint-Martens-Latem	1200	11,08	12,72	2,00
Sint-Niklaas	8400	14,69	16,21	2,00
Sint-Pieters-Leeuw	4100	12,66	14,25	2,00
Sint-Pieters-Woluwe	900	30,56	33,03	2,00
Sint-Truiden	10800	10,00	11,35	1,00
Spiere-Helkijn	1100	7,64	9,04	1,00
Stabroek	2000	10,50	12,17	2,00
Staden	4600	9,80	11,33	2,00
Steenokkerzeel	2200	16,59	18,24	2,00
Temse	4000	14,13	15,63	2,00
Temat	2400	11,33	12,90	2,00
Tervuren	3400	9,44	10,88	1,00

**Tabel 3: Verstening per gemeente (vervolg)**

<i>Gemeente</i>				
Naam	Oppervlakte (ha)	Ruwe verstening (%)	Verfijnde verstening (%)	Vershil (%)
Heuvelland	9200	3,97	4,87	1,00
Hoegaarden	3500	6,57	7,66	1,00
Hoeilaart	2000	10,20	11,60	1,00
Holsbeek	3900	5,95	7,22	1,00
Hooglede	3700	10,35	11,77	1,00
Horebeke	900	5,89	7,13	1,00
Houthulst	5700	5,25	6,25	1,00
Hove	500	14,80	16,91	2,00
Huldenberg	4000	5,38	6,53	1,00
Hulshout	1500	10,13	11,78	2,00
Ichtegem	4500	6,91	8,24	1,00
Ieper	13000	7,95	9,12	1,00
Ingelmunster	1700	16,53	18,70	2,00
Izegem	2500	23,24	25,06	2,00
Jabbeke	5200	7,06	8,37	1,00
Jette	500	43,20	44,59	1,00
Kalmthout	6000	6,38	7,50	1,00
Kampenhout	3100	7,39	8,76	1,00
Kapelle-Op-Den-Bos	1600	10,63	12,07	1,00
Kapellen	3700	10,95	12,48	2,00
Kaprijke	3500	5,40	6,52	1,00
Keerbergen	1800	10,56	12,22	2,00
Kluisbergen	3200	7,25	8,51	1,00
Knesselare	3700	6,86	8,20	1,00
Knokke-Heist	5700	9,91	11,19	1,00
Koekelare	3900	5,74	6,84	1,00
Koekelberg	200	68,50	68,60	0,00
Koksijde	4300	10,95	12,41	1,00
Kontich	2200	18,73	20,83	2,00
Kortemark	5700	7,61	8,98	1,00
Kortenaken	4800	5,13	6,26	1,00
Kortenbergh	3600	8,83	10,16	1,00
Kortesse	3500	5,94	7,08	1,00
Kortrijk	8100	19,15	20,95	2,00

<i>Gemeente</i>				
Naam	Oppervlakte (ha)	Ruwe verstening (%)	Verfijnde verstening (%)	Vershil (%)
Tessenderlo	5000	11,92	13,28	1,00
Tielt	6800	8,44	9,76	1,00
Tielt-Winge	4200	6,45	7,78	1,00
Tienen	7200	10,69	12,00	1,00
Torhout	4600	10,33	11,82	1,00
Tremelo	1900	10,21	11,79	2,00
Ukkel	2100	22,62	24,88	2,00
Veurne	9800	5,28	6,14	1,00
Vilvoorde	2300	25,26	26,99	2,00
Vleteren	4000	4,20	5,17	1,00
Vorselaar	2900	6,00	7,17	1,00
Vorst	700	59,14	59,89	1,00
Waarschoot	2000	7,70	8,99	1,00
Waasmunster	3200	9,00	10,51	2,00
Waregem	4700	19,83	22,02	2,00
Watermaal-Bosvoorde	1400	13,71	15,27	2,00
Wellen	2500	6,92	8,17	1,00
Wemmel	700	17,43	19,07	2,00
Westerlo	5800	12,05	13,70	2,00
Wetteren	3500	13,97	15,76	2,00
Wezembeek-Opem	600	21,50	24,07	3,00
Wichelen	2200	8,14	9,46	1,00
Wielsbeke	2300	17,22	18,97	2,00
Wijnegem	700	23,29	25,39	2,00
Willebroek	2700	16,96	18,74	2,00
Wingene	6800	6,74	8,05	1,00
Wommelgem	1200	23,92	26,10	2,00
Wortegem-Petegem	4100	6,32	7,60	1,00
Zandhoven	4000	9,28	10,79	2,00
Zaventem	2800	26,96	28,84	2,00
Zedelgem	6000	9,73	11,29	2,00
Ze	3500	12,11	13,56	1,00
Zelzate	1300	20,00	22,03	2,00
Zemst	4400	9,11	10,43	1,00

**Tabel 3: Verstening per gemeente (vervolg)**

<i>Gemeente</i>				
<b>Naam</b>	<b>Oppervlakte (ha)</b>	<b>Ruwe verstening (%)</b>	<b>Verfijnde verstening (%)</b>	<b>Verschil (%)</b>
Zingem	2400	6,88	8,14	1,00
Zoersel	3200	9,22	10,63	1,00
Zomergem	4000	5,40	6,46	1,00
Zonhoven	4200	11,24	12,87	2,00
Zottegem	5900	8,05	9,36	1,00
Zoutleeuw	4600	5,11	6,17	1,00
Zuienkerke	4900	2,69	3,39	1,00
Zulte	3200	12,06	13,77	2,00
Zutendaal	2700	7,63	9,18	2,00
Zwalm	3200	5,91	7,22	1,00
Zwevegem	6500	9,37	10,68	1,00
Zwijndrecht	1800	22,78	24,84	2,00

<i>Provincie</i>				
<b>Naam</b>	<b>Oppervlakte (ha)</b>	<b>Ruwe verstening (%)</b>	<b>Verfijnde verstening (%)</b>	<b>Verschil (%)</b>
Antwerpen	204400	14,17	15,70	1,53
Vlaams Brabant	219000	9,48	10,84	1,36
West - Vlaanderen	311300	9,19	10,47	1,28
Oost - Vlaanderen	289900	10,33	11,72	1,39
Limburg	157800	9,07	10,41	1,34
BHG	16300	44,74	46,03	1,29

<i>Vlaanderen</i>				
<b>Naam</b>	<b>Oppervlakte (ha)</b>	<b>Ruwe verstening (%)</b>	<b>Verfijnde verstening (%)</b>	<b>Verschil (%)</b>
Vlaanderen	1182400	10,37	11,74	1,37
BHG	16300	44,74	46,03	1,29

*Tabel 3: Verstening per gemeente (vervolg), per provincie en voor het Vlaams en Brussels Gewest*

## 7. Referenties

- Meeus S., Gulinck, H., 2004, Verstening als Milieuvariabele (eindverslag O&O Versnippering en Verstening 2003-2004). KULeuven, Laboratorium voor Bos, Natuur en Landschap en VMM.
- Gulinck, H., Meeus, S., Stalpaert L., 2004, MIRA-T-rapport, hoofdstuk 2.16 "Versnippering". Lannoo Campus
- Gulinck, Meeus, S., H., Stalpaert L., 2003, MIRA-T-rapport, hoofdstuk 2.10 "Versnippering". Lannoo Campus

## 8. Verdere informatie

Dit verslag is het eindverslag van een door de VMM cel MIRA gefinancierd ondersteunend onderzoek (O&O) "Verstening: Milieu-Impactfactor in het gefragmenteerde Vlaamse landschap.

Bij dit verslag hoort een CD-ROM met de geografische informatie als raster en vectorbestanden, de tabellen en berekeningen en de afbeeldingen gebruikt in dit verslag.

De gebruikte software is ArcView 3.2. met Spatial Analyst en Patch Analyst extensies, SPSS 11.0 en verder standaard Office toepassingen.