



VLAAMSE MILIEUMAATSCHAPPIJ



Evolutie van de emissies in water uit corrosie van bouwmaterialen aan de hand van de referentie jaren 1998, 2002 en 2005



Studie uitgevoerd in opdracht van
MIRA, Milieurapport Vlaanderen

Onderzoeksrapport

MIRA/2007/08, december 2007

Algemene verspreiding

(Contract 071282)

**Evolutie van de emissies in water uit
corrosie van bouwmaterialen aan de
hand van de referentiejaar
1998, 2002 en 2005.**

Finaal rapport

G. Engelen en L. Van Esch (VITO)

**Studie uitgevoerd in opdracht van de VMM,
Afdeling Meetnetten en onderzoek**

2007/IMS/R/0429

VITO

December 2007

Alle rechten, waaronder het auteursrecht, op de informatie vermeld in dit document berusten bij de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek NV (“VITO”), Boeretang 200, BE-2400 Mol, RPR Turnhout BTW BE 0244.195.916.

De informatie zoals verstrekt in dit document is vertrouwelijke informatie van VITO. Zonder de voorafgaande schriftelijke toestemming van VITO mag dit document niet worden gereproduceerd of verspreid worden noch geheel of gedeeltelijk gebruikt worden voor het instellen van claims, voor het voeren van gerechtelijke procedures, voor reclame of antireclame en ten behoeve van werving in meer algemene zin aangewend worden.

VERSPREIDINGSLIJST

VMM

8 exemplaren

VITO

12 exemplaren

INHOUDSTABEL

SAMENVATTING	1	
1	INLEIDING	3
2	HET BEPALEN VAN DE EMISSIEFACTOREN EN DE BRUTO EMISSIEWAARDEN PER GEBOUWTYPE	5
2.1	Definitie van de EF en EVV	7
2.2	Relevante gebouwtypes.....	11
2.2.1	Afbakening relevante gebouwtypes	11
2.2.2	Indeling per statistische sector.....	14
2.2.3	De drie referentie jaren.....	15
2.3	Bruto emissie per gebouwtype	16
3	HET TOEPASSEN VAN HET STOFSTROOMSCHEMA OP DE SECTOR 'HUISVESTING'	19
3.1	Benadering – stofstroomanalyse	19
3.2	Het GIS-model	21
3.2.1	Stap 1: Gedetailleerde lokalisatie van de gebouwtypes.....	22
3.2.2	Stap 2: Gedetailleerde lokalisatie van de bruto emissies per type gebouw en per metaal.....	34
3.2.3	Stap 3: Transport van de emissies	36
3.2.4	Stap 4: Berekening van netto emissies per deelgebied.....	48
3.3	Conclusies	50
4	SCENARIO- EN VERSCHILANALYSE	53
4.1	Scenario's.....	53
4.1.1	Scenario 1: Aanpassing in het materiaalgebruik	53
4.1.2	Scenario 2: Overstortpercentage	56
4.1.3	Scenario 3: Individuele zuivering.....	57
4.2	Verschilkaarten.....	58
4.2.1	Zuiveringsgebied 190	58
4.2.2	Vlaanderen.....	62
4.3	Conclusies	63
5	BESLUITEN EN STAPPEN VOOR VERDER ONDERZOEK	65
5.1	De analyse van de EVV en de EF.....	65
5.2	Het GIS-model	66

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 2.1: Emissiefactoren voor metalen in dak- en gevelementen	8
Tabel 2.2: Emissiefactoren voor drinkwater leidingen	9
Tabel 2.3: Overzicht van de emissiefactoren bepaald door WTCB.....	10
Tabel 2.4: ECODATA – Vlaamse gebouwen volgens het kadaster naar type gebouw.....	11
Tabel 2.5: Definities van de gebouwtypes van de statistiek ‘Bodembezetting naar kadastrale rubriek’	12
Tabel 2.6: ECODATA - Bodembezetting naar kadastrale rubriek voor Vlaanderen	13
Tabel 2.7: Het aantal gebouwen per gebouwtype, totaal voor Vlaanderen.....	14
Tabel 2.8: Typering van de statistieken gebruikt voor de drie referentie jaren.....	15
Tabel 2.9: Het aantal gebouwen per gebouwtype voor Vlaanderen voor 1998, 2002 en 2005.	16
Tabel 2.10: BEW voor afvoer via hemelwater.....	17
Tabel 2.11: BEW voor afvoer via sanitair water.....	17
Tabel 3.1: Herclassificatie van 20 naar 9 landgebruiksklassen.....	24
Tabel 3.2: Verdeelsleutel C_{kt} voor de toewijzing van gebouwen.	27
Tabel 3.3: Typische verdeling van de oppervlakte van de landgebruiksklassen k in een statistische eenheid s.	27
Tabel 3.4: Zuiverings- en rioleringsgraad volgens VMM - MIRA.....	43
Tabel 3.5: Toewijzing aan de zuiveringszone per gebouwtype voor afvoer via hemelwater.	45
Tabel 3.6: Bruto en netto emissies voor Cu, Pb en Zn, voor 1998, 2002 en 2005.	50
Tabel 4.1: Nieuwe BEW voor scenario 1	54
Tabel 4.2: Resultaten van scenario 1	54
Tabel 4.3: Resultaten van scenario 2	56
Tabel 4.4: Resultaten van scenario 3	57
Tabel 4.5: Stofstroomschema toegepast op zzOW van het zuiveringsgebied 190.....	61

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 2.1: Invulling hiërarchisch gestructureerde database a.h.v. WTCB-Techcom.....	7
Figuur 2.2: Vergelijking van de gebouwtypologie van beide ECODATA-statistieken	13
Figuur 3.1: Schematische voorstelling van de instroom en uitstroom van een metaal in en uit een knooppunt (bijvoorbeeld metaal uit bouwmaterialen)	19
Figuur 3.2: Schematische voorstelling van het stofstroomnetwerk voor zink: instroom in de knooppunten ‘zinken bouwmaterialen’ en uitstroom naar bodem, lucht en water.	20
Figuur 3.3: Algemeen massabalansprincipe zoals toegepast in de Emissie-Inventaris Water: de totale belasting naar het oppervlaktewater is gelijk aan de emissie bij de bron minus de verwijderde verontreiniging of transfer naar een ander knooppunt.....	20
Figuur 3.4: Schematische voorstelling van Stap 1 uit het GIS-model.	22
Figuur 3.5: Voorbeeld 1 Bree - voor (links) en na (rechts) de aggregatie.....	25
Figuur 3.6: Voorbeeld 2 Bree - voor (links) en na (rechts) de aggregatie.....	25
Figuur 3.7: Toepassing van Equation 3.1 - toewijzing van het aantal huizen in open bebouwing aan het landgebruik ‘bebouwing’ in een stat. sect. met dezelfde verdeling van landgebruiken als het gemiddelde voor Vlaanderen.	29
Figuur 3.8: Voorbeeld van een statistische sector met dubbel zoveel oppervlakte aan ‘bebouwing’ in vergelijking met Vlaanderen.	30
Figuur 3.9: Voorbeeld van een statistische sector die voor 100% uit kernstad bestaat.	31
Figuur 3.10: De spreidingskaart van het aantal huizen voor de stad Antwerpen (onder), voor (links) en na (rechts) calibratie van de verdeelsleutel, inclusief landgebruiksk kaart (boven)	32
Figuur 3.11: Het totaal aantal gebouwen per ha in Vlaanderen, referentiejaar 2005.	33
Figuur 3.12: Schematische voorstelling van Stap 2 uit het GIS-model.	34
Figuur 3.13: De bruto emissiekaart voor zink, referentiejaar 2005.....	35
Figuur 3.14: Schematische voorstelling van Stap 3 uit het GIS-model.	36
Figuur 3.15: De KGE-kaart van Vlaanderen (Bron: VMM).....	37
Figuur 3.16: Zuiveringszonekaart van Vlaanderen voor 2005 (Bron: VMM).....	38
Figuur 3.17: Zuiveringszonekaart met de landgebruiksk kaart op de achtergrond ter hoogte van klaverblad Lummen.....	39
Figuur 3.18: Aanpassing zuiveringszonekaart ter hoogte van het industrieterrein aan het klaverblad van Lummen.	40
Figuur 3.19: Aanpassing zuiveringszonekaart voor de stad Mechelen.....	40
Figuur 3.20: Aanpassing zuiveringszonekaart voor de luchthaven van Zaventem.	41
Figuur 3.21: Artefact van de uitbreidingsregel gedemonstreerd voor de gemeente Deinze ..	42
Figuur 3.22: Rioleringsgraad 1998, 2002 en 2005 op basis van de uitgebreide zuiveringszonekaart.	43
Figuur 3.23: Stofstroomschema EIW (Bron: Syncera Water bv, 2006).....	44
Figuur 3.24: De netto emissiekaart van zink (2005) met de RWZI-effluenten (groene staven)	47
Figuur 3.25: De netto emissiekaart van zink (2005) met terugrekening van de RWZI-effluenten naar de bron.....	47
Figuur 3.26: Schematische voorstelling van Stap 4 uit het GIS-model.	48
Figuur 3.27: De 264 VHA-zones (Bron: VMM)	49
Figuur 3.28: De 103 VHA-deelbekkens (Bron: VMM)	49

Figuur 4.1: Cartografische voorstelling van scenario 1	55
Figuur 4.2: Voorstelling van het zuiveringsgebied 190	58
Figuur 4.3: De indicator 'Quotiënt 05-98', toegepast op zuiveringsgebied 190.....	61
Figuur 4.4: Verschilkaart Vlaanderen: gestegen bruto emissies en gedaalde netto emissies .	62
Figuur 4.5: De indicator 'quotiënt 05-98', toegepast voor gans Vlaanderen	63

SAMENVATTING

De Emissie-Inventaris Water (EIW) is een belangrijk hulpmiddel om een beter inzicht te krijgen in het aandeel van de doelgroepen in de emissiedruk, een betere onderbouwing te verzekeren van het doelgroepenbeleid, en, een efficiënte bijstelling te garanderen van de sectorale lozingsnormen. Het levert bovendien een belangrijke input voor de waterkwaliteitsmodellering. In 2006 (Engelen et al., 2006) werd door VITO en WTCB in opdracht van de VMM een op GIS-gebaseerde rekenmethode ontwikkeld die complementair is aan het in MS Excel ontwikkelde EIW-model (Syncera bv, 2006). Deze werd concreet toegepast op de diffuse emissies van metalen (zink, koper en lood) afkomstig van bouwmaterialen gebruikt in de sector 'huisvesting en perceelsinrichting' tengevolge van atmosferische corrosie en het gebruik van water in leidingen.

De voorliggende studie gebruikt de resultaten van het WTCB en de GIS-methodologie van de studie uit 2006 om een historische analyse uit te voeren voor de jaren 1998, 2002 en 2005. Daarnaast wordt een uitvoerig deel gewijd aan scenario-en verschilanalyse.

De historische analyse wijst op een stijging van de bruto emissies tussen 1998 en 2005 voor de drie metalen. Dit kan vooral verklaard worden door een toename in het aantal gebouwen. Deze toename oversteigt de daling van de bruto emissiewaarden voor de meeste bouwtypes in dezelfde periode. De netto emissies volgen deze trend niet als gevolg van een sterk verbeterde zuiveringsinfrastructuur: meer zuiveringszones zijn uitgerust met een RWZI of hebben een betere zuivering in de bestaande RWZI's. Het verwijderingspercentage stijgt tussen 1998 en 2002 met 4 à 5%, maar blijft relatief constant tussen 2002 en 2005.

Uit de scenario- en verschilanalyse kan besloten worden dat het GIS-model geschikt is voor de studie en evaluatie van alternatieven. Scenario's werden uitgewerkt voor het materiaalgebruik, de overstortfrequentie en het zuiveringspercentage in de IBA's/septische putten. Bij wijze van voorbeeld concentreren zich de analyses op het metaal lood met referentiejaar 2005, maar gelijkaardige conclusies met betrekking tot de bruikbaarheid van het model zijn te verwachten voor de andere metalen en voor andere perioden. Met het oog op de traceerbaarheid van effecten gebeuren aanpassingen slechts voor één variabele. Er wordt nagegaan wat de gevolgen zijn in alle knooppunten van het stofstroomschema, van bruto tot netto emissies. Men kan afleiden dat bepaalde variabelen wel degelijk belangrijke consequenties hebben op de modelresultaten en dus als gevoelig gelden. Zo zetten emissiereducties aan de bron tengevolge van een verminderde bruto emissiewaarde van lood (materiaalgebruik) zich integraal door naar de belasting van het oppervlaktewater. Het veranderen van de overstortfrequentie met 1% zorgt voor een maximale afwijking aan de netto kant van eveneens 1%. Aanpassingen bij de individuele zuivering in de IBA's heeft (in het geval van lood) maar betrekking op een relatief klein deel van de stofstroom. De totale stofstroom naar het oppervlaktewater ondergaat bijgevolg maar kleine veranderingen.

Het GIS-model biedt bij uitstek mogelijkheden om ruimtelijke consequenties van scenario's in beeld te brengen. Verschilkaarten visualiseren voor gans Vlaanderen een verbetering of verslechtering van het zuiveringsrendement tussen 1998 en 2005. Op gelijkaardige wijze kan men verschillen voor en na een technische ingreep in beeld brengen. Aan de hand van een kleiner studiegebied wordt de oorsprong van de verschillen verklaard en teruggevoerd tot de redeneerstappen van het model.

1 INLEIDING

De Emissie-Inventaris Water (EIW) is een belangrijk hulpmiddel om een beter inzicht te verkrijgen in het aandeel van de doelgroepen in de emissiedruk, een betere onderbouwing te verzekeren van het doelgroepenbeleid, en, een efficiënte bijstelling te garanderen van de sectorale lozingsnormen. Het levert bovendien belangrijke input voor de waterkwaliteitsmodellering. In 2006 (Engelen et al., 2006) werd door VITO en WTCB in opdracht van de VMM een op GIS-gebaseerde rekenmethodiek ontwikkeld die complementair werkt t.o.v. het in MS Excel ontwikkelde EIW-model (Syncera bv, 2006).

De GIS-methodiek laat toe om de emissies van diffuse bronnen in de ruimte te lokaliseren op een resolutie van 60 meter en bevat de geografische expliciete weergave van het rioolstelsel dat het afvalwater naar de RWZI's afvoert en na zuivering loost in het oppervlaktewater. Het GIS-model implementeert in deze het stofstroomschema van het MS Excel EIW-model. Als piloot werd gekozen voor de sector huisvesting.

Doel van het onderzoek was om de diffuse emissies van metalen (met name: zink, koper en lood¹) afkomstig van bouwmaterialen gebruikt in de sector 'huisvesting en perceelsinrichting' tengevolge van atmosferische corrosie en tengevolge van het gebruik van water in kaart te brengen en te kwantificeren voor Vlaanderen. Daarvoor werd, op basis van bestaande literatuur en metingen door het WTCB, zo nauwkeurig mogelijk vastgesteld welke bouwonderdelen metalen vrijgeven naar het compartiment water. Het GIS-model brengt de stofstromen naar het oppervlaktewater in kaart: vertrekkende van de gebouwen, via het rioolstelsel, de RWZI's en RWA-straten, via IBA's en via een rechtstreekse belasting van het oppervlaktewater. Het eindresultaat is een kwantitatief en cartografisch overzicht van de stofstromen tengevolge van corrosie van bouwmaterialen en van het gebruik van water (drinkwater, hemelwater) voor de verschillende knooppunten van het stofstroomschema.

Naast zijn mogelijkheden m.b.t. inventarisatie en rapportering van de emissies biedt het GIS-model mogelijkheden om meer beleidsgericht ingezet te worden. Met name is het model geschikt om evoluties te bestuderen, 'wat als' vragen te onderzoeken en scenario-analyse te ondersteunen. Om een beter zicht te krijgen op genoemde mogelijkheden werd voorliggende studie opgezet.

De voorliggende studie gebruikt de resultaten van het WTCB en de GIS-methodologie uitgewerkt in de studie van 2006 om een historische analyse uit te voeren, met name voor de jaren 1998, 2002 en 2005. Dit geeft de mogelijkheid voor MIRA om deze nieuwe resultaten te gebruiken voor de jaarlijkse rapportering en voor de evaluatie van de doelstellingen m.b.t. de emissiereductie van zware metalen.

Tevens wordt een bijdrage geleverd aan de onderzoekspijler modelbouw en scenario-analyse. Met name wordt nagegaan welke factoren en variabelen een grote invloed hebben op het

¹ Andere metalen zijn: Aluminium, Chroom, Nikkel, Arseen, Cadmium, Kwik en Zilver. Deze laatste werden in het onderzoek opgenomen, maar gaandeweg de studie is gebleken dat er onvoldoende wetenschappelijke gegevens beschikbaar waren om ze conform de voor de drie belangrijkste metalen uitgewerkte methode te behandelen.

eindresultaat van de analyse en dus op de belasting van het oppervlaktewater. Hieruit wil men ondermeer kunnen besluiten met welke frequentie nieuwe modelruns lonend worden en met welke frequentie het model voorzien moet worden van nieuwe data. Bovendien wil men onderzoeken welke voor het beleid relevante modelparameters als gevoelig bestempeld moeten worden en dus daadwerkelijk resulteren in belangrijke effecten, zelfs bij redelijk kleine veranderingen. Een gevoeligheidsanalyse in de klassieke, wetenschappelijke interpretatie van de term was niet mogelijk omwille van de traagheid van het model als gevolg van de voorlopig gebrekkige automatisering van zijn rekenstappen.

Deze studie is op zich de voorbereiding voor een volgende fase waarin de nadruk zal liggen op het vervolledigen (bijvoorbeeld: inclusief afvoer direct via afvloeiing aan de oppervlakte), de veralgemening (bijvoorbeeld: inclusief andere bronnen), de automatisering van de methodologie en een toegenomen gebruiksvriendelijkheid van het systeem, zodat geoefende gebruikers het kunnen inzetten als instrument voor inventarisatie, rapportering en beleidsvoorbereiding. Een aanvullende doelstelling is daarbij om het model een duidelijkere plaats te geven in de model- en rekenketens zoals die momenteel binnen VMM bestaan of in ontwikkeling zijn.

Het voorliggende onderzoek wordt in de volgende drie hoofdstukken beschreven:

- Hoofdstuk 2. Het bepalen van de emissiefactoren en de bruto emissiewaarden per gebouwtype;
- Hoofdstuk 3. Het toepassen van het stofstroomschema op de sector ‘huisvesting’;
- Hoofdstuk 4. Scenario- en verschilanalyse.

Het afsluitende Hoofdstuk 5 vat de conclusies samen en doet voorstellen voor verder onderzoek.

2 HET BEPALEN VAN DE EMISSIEFACTOREN EN DE BRUTO EMISSIEWAARDEN PER GEBOUWTYPE

Het EIW-model stoelt op een generiek basisconcept dat de bruto emissie van een bron berekend wordt door de vermenigvuldiging van een *emissieverklarende variabele* (EVV), zijnde de bron zelf, met de bijbehorende *emissiefactor* (EF), zijnde de hoeveelheid emissie die uitgestoten wordt per eenheid van de EVV. In onderhavige studie is een voorbeeld van een emissieverklarende variabele ‘het aantal gebouwen’ en is de emissiefactor bijvoorbeeld de ‘hoeveelheid lood per gebouw in g/jaar’.

$$\begin{aligned} & \textit{Bruto emissie} \\ & = \\ & \textit{emissieverklarende variabele (EVV)} \\ & \times \\ & \textit{emissiefactor (EF)} \end{aligned}$$

Dit basisconcept is erg sterk omdat het onverkort op alle bronnen van toepassing is. Het is bovendien recursief uitbreidbaar in die zin dat de definitie van de EVV en EF kan worden aangepast aan de hoeveelheid detail en data die men ter beschikking heeft. Zo kan er voor de invulling van de EVV sprake zijn van ‘het totaal aantal gebouwen’, maar, indien men beschikt over informatie m.b.t. meerdere types gebouwen, kan men net zo goed werken met ‘het aantal gebouwen van het type t ’. Voorwaarde is dan wel dat men ook de emissiefactoren kan vaststellen ‘per type t ’. Het concept is van toepassing op een geheel gebied, maar kan net zo goed worden toegepast op deelgebieden. Zo kan men dus werken met ‘het aantal gebouwen van het type t ’, maar kan men evenzeer de analyse regionaliseren en werken met ‘het aantal gebouwen van het type t in de gemeente X’. Dit laatste is toegepast in de GIS-component van de studie waarin het regionaliseren zeer ver is doorgedreven en Vlaanderen wordt voorgesteld als een regelmatig rooster van cellen van 60 bij 60m die elk worden ingenomen door een hoeveelheid gebouwen van elk type en als een deelgebied worden behandeld in de analyse.

In de studie van 2006 heeft WTCB de EVV en de EF ook op een dieper niveau ingevuld dan hierboven beschreven. Met name heeft men de gemiddelde samenstelling van elk type gebouw uitgezocht. Gebouwen bestaan uit bouwonderdelen. Van elk van die onderdelen werd nagegaan hoeveel metaal erin verwerkt zit dat in contact komt met water (en lucht) zodat ze aan corrosie onderhevig zijn. Al naargelang de plaats van het bouwonderdeel in het gebouw en het metaal dat erin verwerkt is krijgt men dan te maken met een verschillende emissiefactor. Dit is aanleiding tot:

$$\begin{aligned} & \textit{Bruto emissie} \\ & = \\ & \textit{het aantal gebouwen van het type } t \\ & \times \\ & \sum_0 \textit{(aandeel onderdeel } O \textit{ in gemiddeld gebouw van type } t \times \textit{EF per eenheid van onderdeel } O) \end{aligned}$$

Met het oog op een technische verwerking conform de andere bronnen in het Excel EIW-model is in de studie de term bruto emissiewaarde ingevoerd. Ze is gedefinieerd als:

$$\begin{aligned} & \textit{Bruto emissiewaarde per gebouwtype } t \textit{ (BEW)} \\ & = \\ & \sum_0 (\textit{aandeel onderdeel } O \textit{ in gemiddeld gebouw van type } t \times \textit{EF per eenheid van onderdeel } O) \end{aligned}$$

Zo wordt:

$$\begin{aligned} & \textit{Bruto emissie} \\ & = \\ & \textit{het aantal gebouwen van het type } t \\ & \times \\ & \textit{Bruto emissiewaarde per gebouwtype } t \textit{ (BEW)} \end{aligned}$$

Deze formule verklaart ook de drie delen in de rest van dit Hoofdstuk:

1. Definitie van de Emissiefactoren (EF) en Emissie Verklarende Variabelen (EVV)

De bepaling van de EF en de EVV werd door het WTCB uitgevoerd op basis van een literatuurstudie en eigen metingen. De belangrijkste conclusies worden in 2.1 samengevat. Voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar de studie van 2006.

2. Definitie van de relevante gebouwtypes

Er wordt een typologie van --voor de doeleinden van de studie-- relevante gebouwen ontwikkeld. De basis van de typologie is enerzijds het onderscheid met betrekking tot de bouwonderdelen, hun voorkomen en volume in de gebouwen, en anderzijds, meer pragmatisch, de beschikbaarheid van Vlaanderen dekkende gegevens met betrekking tot de gebouwen in officieel gepubliceerde statistieken. De definitie van de relevante gebouwtypes wordt uitgewerkt in 2.2.

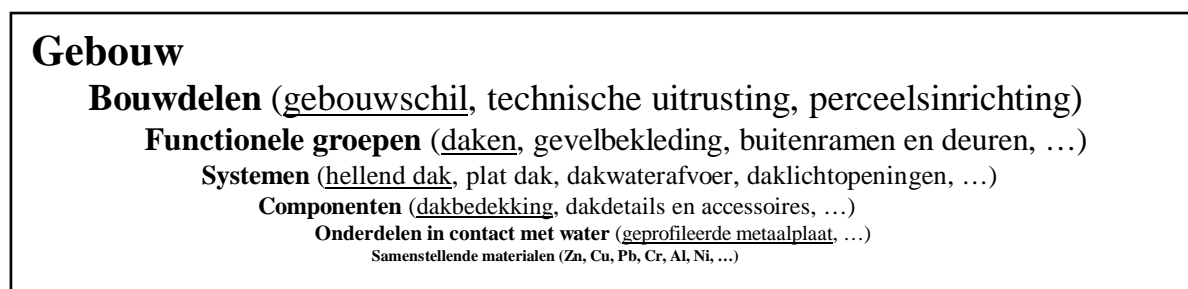
3. Definitie van de Bruto emissiewaarde per gebouwtype (BEW)

Per gebouwtype wordt de bruto emissie per metaal bepaald voor enerzijds de afvoer via het hemelwater en anderzijds de afvoer via het sanitaire water. Bruto emissies afgevoerd via het hemelwater worden bepaald op basis van de Emissie Verklarende Variabelen in de gebouwschil (EVV, zijnde bouwonderdelen en de erin verwerkte volumes of oppervlakten van metalen) vermenigvuldigd met de Emissie Factoren (EF) zijnde de jaarlijkse corrosie per volume- of oppervlakte-eenheid metaal. Bruto emissie afgevoerd via het sanitaire water wordt bepaald aan de hand van de jaarlijkse hoeveelheid water die door de sanitaire installatie van het gebouw stroomt. De definitie van de bruto emissie per gebouwtype wordt uitgewerkt in 2.3.

2.1 Definitie van de EF en EVV²

Een *eerste* deeltaak in de studie van 2006 was gericht op het opstellen van een *inventaris* van alle bouwonderdelen waarin metalen zijn verwerkt die in contact kunnen komen met water, waardoor deze metalen kunnen uitgeloozd en afgevoerd worden met het water. Het betreft bouwonderdelen in de bouwdelen gebouwschil, technische uitrustingen en perceelsinrichting. De twee eerste bouwdelen kunnen nog verder worden opgesplitst in:

- daken en gevels: plat dak, dakranden, daklichtopeningen, hellend dak, dakwaterafvoer, ramen en deuren;
- technische uitrustingen: sanitaire installaties en installaties voor de productie van warm water.



Bron: WTCB, Engelen et al. 2006

Figuur 2.1: Invulling hiërarchisch gestructureerde database a.h.v. WTCB-Techcom

Elk van de 3 bouwdelen werd vervolgens verder in zijn verschillende onderdelen opgedeeld tot op het niveau van het op de markt aangeboden bouwproduct (top-down benadering, zie Figuur 2.1). Voor elk geïdentificeerd bouwproduct werd vervolgens nagegaan in welk materiaal het op de markt aangeboden wordt. Hiervoor werd gebruik gemaakt van de technisch-commerciële databank van het WTCB ('Techcom'). Deze geeft voor een bepaald bouwproduct een beschrijving van de verschillende uitvoeringsvormen of types, en vermeldt de verwerkte materialen. Tevens geeft de databank de coördinaten van de verkopers/producenten en indien gekend ook een link naar hun website. Dit was aanleiding tot een lijst met bouwproducten en een beschrijving van de gebruikte materialen. De lijst werd voorgelegd aan experts binnen het WTCB en aan bouwprofessionals met de vraag de volledigheid na te kijken en de referentiedocumenten aan te duiden die de voorschriften bevatten m.b.t. de bouwproducten. Het resultaat van deze eerste deeltaak is:

- een lijst met alle mogelijke bouwmaterialen, gebruikt in bouwdelen die in contact kunnen komen met water, met aanduiding van de normatieve referentiedocumenten;
- en een lijst, afgeleid uit de eerste, die per bouwproduct de metalen aangeeft die uitgeloozd kunnen worden door water.

Aldus werden 14 metalen geïdentificeerd die in water kunnen voorkomen dat afgevoerd wordt van gebouwen. Het betreft koper, zink, lood, aluminium, ijzer, zilver, titaan, magnesium, tin, bismut, antimoon, natrium, nikkel en chroom.

² Deze tekst is een aangepaste versie van een origineel van de hand van Ir. Karel De Cuyper van het WTCB. Geïnteresseerden worden verwezen naar het originele rapport van 2006.

In een *tweede* deeltaak werd in de literatuur gezocht naar de *emissiefactoren* voor metalen in bouwonderdelen. Onderscheid werd daarbij gemaakt tussen de metalen die op daken en gevels aan de atmosferische invloeden blootgesteld worden, de metalen gebruikt in de sanitaire installaties en de metalen in de perceelsinrichting.

In de groep daken en gevels is veel studiewerk gerapporteerd m.b.t. de uitloging van zink en koper, maar minder m.b.t. lood, aluminium en inox (Fe-Ni-Cr-legering). Meestal betreft het de studie van de runoff van vlakke metalen plaatjes die in de buitenlucht opgesteld worden onder een helling van 45°, pal zuid of zuidwestelijk gericht. In een beperkt aantal gevallen werden ook andere hellingen en oriëntaties bestudeerd. Voortgaande op deze studies, en rekening houdend met de hoeveelheid regen die gemiddeld op elk vlak te verwachten is, werden de emissiefactoren bepaald voor Vlaanderen voor zink, koper, lood, aluminium, nikkel en chroom voor de oriëntaties NW, ZW, ZO, NO en voor 3 verschillende hellingen 7°, 45° en 90°. De hoeveelheid neerslag die geldt voor elke helling en oriëntatie staat vermeld in de Waterwegwijzer voor Architecten, uitgegeven door VMM. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de emissiefactoren voor de verschillende bouwdelen.

Tabel 2.1: Emissiefactoren voor metalen in dak- en gevelelementen

Bouwdeel	Zn	Cu	Pb	Al	Cr	Ni
	g/m².jaar					
Horizontale en licht hellende elementen	3.6	1.4	2.8	0.013	0.0043	0.0043
Hellende elementen	2.5	1	2	0.01	0.003	0.003
Gevels	0.7	0.3	0.5	0.003	0.008	0.008
Bakgoten	2.83	1.11	2.21	0.01	0.0034	0.0034
Hanggoten	1.65	0.65	NVT	0.0061	NVT	NVT
Afvoerbuizen	1.6	0.65	1.25	0.0065	0.0019	0.0019
Aansluitementen	1.6	0.65	1.25	0.0065	0.0019	0.0019

Bron: WTCB, Engelen et al. 2006

Hierbij moet opgemerkt worden dat:

- de gevolgde benadering niet volledig te rechtvaardigen is voor bouwdelen zoals bak- en hanggoten en afvoerbuizen, omdat de hoeveelheid water die over deze elementen stroomt anders is dan bij de vlakke elementen waarvoor de emissiefactoren oorspronkelijk gemeten werden. Er is één Nederlandse studie die aantoonst dat deze benadering toch voldoende nauwkeurig zou zijn voor goten. Voor buizen kon dit verder niet onderbouwd worden;
- er geen studies gevonden werden met gemeten emissiewaarden voor de overige 8 metalen die in deeltaak 1 geïdentificeerd werden.

Ter controle van deze emissiewaarden van dak- en gevelelementen werden een aantal punctuele metingen in situ verricht van:

- de zinkconcentratie in het regenwater opgevangen bij de afvoer van zinken goten;
- de restdikte van de bodem van zinken hanggoten met een ouderdom van 11 tot 40 jaar.

Uit beide metingen blijkt dat de uit literatuur afgeleide emissie meestal kleiner is dan deze afgeleid uit de in situ metingen. Dit bevestigt de noodzaak om voor bepaalde bouwdelen zoals goten en buizen, meer eigen metingen uit te voeren.

Voor de emissies afkomstig van de sanitaire leidingen in metaal is veel minder literatuur beschikbaar dan voor de dak- en gevelelementen. Het WTCB beschikte over eigen metingen, die, aangevuld met een aantal punctuele analyses, en in combinatie met de literatuur, toelieten om emissies te bepalen voor de gemiddelde woning en het gemiddelde kantoorgebouw (zie Tabel 2.2).

Tabel 2.2: Emissiefactoren voor drinkwater leidingen

Installatie	woningen					kantoren				
	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
	mg per dag en per woning					mg per dag voor een gemiddeld kantoor				
Koper	2.05	20.4	0.46	1.58	0	19.3	136.5	4.3	14.7	0
Zink	2.05	0	0.46	1.58	61.3	19.3	0	4.3	14.7	192
Lood	2.05	0	0.46	5.05	0	0	0	0	0	0
Andere	2.05	0	0.46	1.58	0	19.3	0	4.3	14.7	0

Bron: WTCB, Engelen et al. 2006

Deeltaak 2 werd tenslotte afgerond met punctuele metingen van de emissies van een gegalvaniseerde perceelsinrichting: enerzijds een hekwerk van 3,4m x 2m (gemiddelde emissie van 5,9 g/m.jaar) en anderzijds van een kippendraad met een hoogte van 1m (gemiddelde emissie van 0,27 g/m.jaar). Over de emissie van perceelsinrichting in metaal werden geen literatuurgegevens teruggevonden.

In een *derde* deeltaak werden de *emissieverklarende variabelen* vastgesteld. Meerbepaald behelst dit een zoektocht naar:

het aandeel van onderdeel O aangewend in gemiddeld gebouw van het type t

Twee methoden werden hiervoor toegepast:

- Voor de gebouwen van de types woningen, appartementsgebouwen en bijgebouwen werd een enquête opgezet waaraan uiteindelijk 13 bouwprofessionals deelnamen met het oog op het bepalen voor het gemiddelde gebouw van elk type:
 - welke bouwonderdelen erin voorkomen en welk hun afmetingen zijn;
 - in welke materialen deze bouwonderdelen uitgevoerd worden;
 - welk het relatief aandeel is van elk van deze materialen per bouwcomponent.

Het resultaat van deze enquête werd vervolgens voorgelegd aan UMICORE (fabrikant van zinken en loden bouwproducten) en aan Copper Benelux (vereniging van fabrikanten van koperen bouwproducten) en aangevuld en bijgesteld op basis van hun onderbouwde opmerkingen.

- Voor gebouwen zoals scholen, kerken, sportcentra en voor industriële gebouwen werd getracht een gemiddeld gebouw te bepalen aan de hand van de hoogste resolutie remote

sensing beelden in Google Earth die beschikbaar zijn voor een brede strook tussen Antwerpen en Brussel. Met name werd voor 105 gebouwen de afmetingen bepaald, de dakbedekking vastgesteld, en het voorkomen van metalen constructies op het dak en langsheen het gebouw onderzocht. De visuele inspectie van de Google Earth beelden werd aangevuld met een beperkt aantal (maximum 5 per type gebouw) bezoeken in situ waarin extra informatie werd ingewonnen met betrekking tot de hoogte van het gebouw, de aanwezige bouwonderdelen voor de dakwaterafvoer, en de andere metalen bouwonderdelen in de gevel- en dakbedekking. Het is niet uit te sluiten dat de gevolgde methode gemiddelde gebouwen en/of aandelen van samenstellende bouwonderdelen heeft opgeleverd die sterk verschillen van de werkelijkheid. Dit is des te meer zo voor het type 'andere gebouwen' die nagenoeg volledig uit unieke exemplaren bestaat. Binnen het bestek van de studie was dit echter de enige haalbare oplossing.

Er werd besloten om de EF voor dak- en gevelementen van handelshuizen gelijk te stellen aan huizen in open bebouwing en die van kantoorgebouwen aan appartementsgebouwen. De ingewonnen informatie werd gebundeld in een MS Excel rekenblad dat aangewend wordt om Tabel 2.3 met de emissiefactoren per metaal voor een hele reeks aan bouwtypes te genereren. Waar mogelijk wordt een onderscheid gemaakt naar gebouwen jonger dan 30 jaar en ouder dan 30. Voor de sanitaire leidingen werden de waarden uit deeltaak 2 verrekend naar een jaarlijkse emissie en bovendien aangevuld voor scholen. De tabel is invoer voor stap 3.2.2 van het GIS-model.

Tabel 2.3: Overzicht van de emissiefactoren bepaald door WTCB

Emissiefactoren: synthese versie 5:										8/12/2006
1 Dak en gevelementen (met opmerkingen UMICORE en CDA)										
type gebouw	<30 jaar					>30 jaar				
	Zn	Cu	Pb	Al	Zn	Cu	Pb	Al		
g/jaar										
1-gezin	2-gevel	21.000	1.360	3.600	0.007	26.500	1.540	4.361	0.000	
	3-gevel	19.300	1.330	3.600	0.009	39.600	1.810	4.388	0.000	
	4-gevel	27.900	2.340	4.050	0.005	57.800	2.550	4.219	0.000	
appartementen		164.521	1.843	1.520	0.019	241.890	1.928	0.048	0.000	
bijgebouwen		8.800	0.000	0.630	0.016	14.610	0.000	0.680	0.000	
kantoren		164.521	1.843	1.520	0.019	241.890	1.928	0.048	0.000	
industriële gebouwen		260.622	0.000	17.640	6.879	720.245	0.000	31.752	6.882	
handelshuizen		27.900	2.340	4.050	0.005	57.800	2.550	4.219	0.000	
voor elke ouderdom										
scholen		548.380	11.115	6.000	0.220					
kerken		118.319	75.510	0.000	0.000					
sportcentra		46.913	0.000	0.000	0.000					
stations		136.130	0.000	1.375	0.000					
Sanitaire leidingen (onveranderd tov versie 3/11)										
	<30 jaar					>30 jaar				
	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
g/jaar.woning										
Woningen										
Antwerpen	0.44	4.11	0.1	0.34	0.04	0.56	5.38	0.13	0.45	0.22
rest Vlaanderen	0.24	1.02	0.05	0	3.4	0.33	0.3	0.07	0.3	8.05
g/jaar.school										
Scholen										
Antwerpen	12.01	45.7	2.7	9.26	5.29	13.16	52.28	2.96	12.65	12.3
rest Vlaanderen	11.6	22.76	2.61	9.23	47.98	12.3	12.3	2.77	13.65	73.81
g/jaar.kantoor										
Kantoren										
Antwerpen	4.07	15.48	0.91	4.13	1.79	4.46	17.71	1	4.28	4.17
rest Vlaanderen	3.93	7.71	0.88	3.12	16.25	4.17	4.17	0.94	4.62	25

Bron: WTCB, Engelen et al. 2006

2.2 Relevante gebouwtypes

In deel 2.2.1 wordt verduidelijkt hoe in de studie uiteindelijk acht relevante gebouwtypes worden weerhouden voor de analyse. Statistieken voor deze gebouwtypes zijn beschikbaar per Vlaamse gemeente. Voor een aantal gebouwtypes wordt overgegaan tot een toedeling per statistische sector met het oog op een meer nauwkeurige spreiding in de ruimte met behulp van het GIS-model. Deze omzetting wordt toegelicht in deel 2.2.2. Het opbouwen van de relevante statistieken in deel 2.2.1 en 2.2.2 wordt geïllustreerd voor het jaar 2005. Deel 2.2.3 licht het verschil toe tussen de drie referentie jaren 1998, 2002 en 2005.

2.2.1 Afbakening relevante gebouwtypes

Uit de statistiek 'Belgische gebouwen volgens het kadaster per type gebouw, jaar en gemeente' van de Administratie van het Kadaster (FOD Financiën) - ECODATA is informatie beschikbaar over het aantal gebouwen voor zes gebouwtypes per Vlaamse gemeente (voor 1994, 1997, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 en 2006). Deze zes categorieën met de overeenstemmende aantallen voor 2005 (toestand '1 januari 2006') zijn opgenomen in Tabel 2.4. Het blijkt dat nagenoeg 80% van alle gebouwen van het type 'huis' is.

Onder appartementsgebouwen wordt in deze statistiek het volgende verstaan: appartementen die aan respectievelijk één ('buildings') of aan meerdere ('appartementsgebouwen') eigenaars toebehoren, alsook de opeengestapelde woongelegenheden zonder interne communicatiemogelijkheden en met voor elk van hen een aparte ingang.

Handelshuizen zijn gebouwen speciaal uitgerust voor de uitoefening van kleinhandel. Dit gebouw kan echter ook een woongelegenheden bevatten, maar een essentieel kenmerk is dat de benedenverdieping speciaal is uitgerust om detailhandel te drijven.

Tabel 2.4: ECODATA – Vlaamse gebouwen volgens het kadaster naar type gebouw (1 jan 2006)

gebouwtype	aantal gebouwen	
	absoluut	relatief
Huizen in gesloten bebouwing	640.359	25,4%
Huizen in halfopen bebouwing	530.176	21,0%
Huizen in open bebouwing, hoeven en kastelen	838.349	33,3%
Buildings en appartementsgebouwen	86.467	3,4%
Handelshuizen	96.525	3,8%
Alle andere gebouwen	328.283	13,0%
<i>Totaal type gebouw</i>	2.520.159	100,0%

Voor de opdracht zijn deze zes gebouwtypes erg relevant, maar te beperkt aangezien alle industriële gebouwen en bijgebouwen ondergebracht zijn in de erg brede categorie 'Alle

andere gebouwen’, goed voor 13% van het totaal. Om deze laatste categorie op te splitsen wordt gebruik gemaakt van een andere dataset, meerbepaald de statistiek ‘Bodembezetting naar kadastrale rubriek’ (FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie) – ECODATA. Deze statistiek betreft niet het aantal gebouwen, maar wel het aantal percelen (of de ingenomen oppervlakte per bouwtype). Deze cijfers zijn beschikbaar voor de periode 1982 – 2006. De opdeling die hier gehanteerd wordt is weergegeven in Tabel 2.6. Kennis over de definities van deze bouwtypes (Tabel 2.5) laat toe om beide statistieken te combineren.

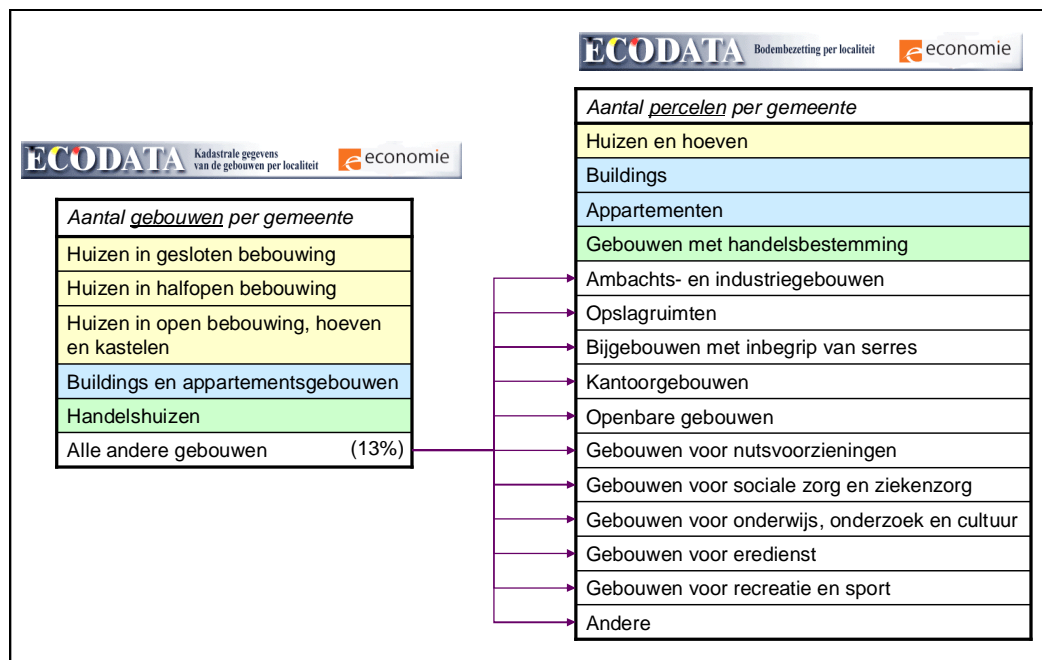
Op basis van de gehanteerde definities voor elke categorie kunnen bouwtypes van de ene dataset gelijkgesteld of ondergebracht worden in bouwtypes van de andere dataset, zoals wordt geïllustreerd in Figuur 2.2.

Tabel 2.5: Definities van de bouwtypes van de statistiek ‘Bodembezetting naar kadastrale rubriek’

Bijgebouwen	schuren, garages, afdaken, toiletten
Ambachts- en industriegebouwen	wasserijen, zuivelfabrieken, bakkerijen, spek-slagerijen, slachthuizen, drank- en tabaksfabrieken, textielabrieken, meubel- en speelgoedfabrieken, papierfabrieken, cementfabrieken, zagerijen, cokes- en chemische fabrieken, glasblazerijen, gasfabrieken, elektrische centrales, etc.
Opslagruimten	loodsen en entrepots
Kantoorgebouwen	banken, beurzen, kantoorruimten
Gebouwen met handelsbestemming	horeca en andere handelsinrichtingen zoals grootwarenhuizen, tankstations, tentoonstellingsruimten, parkeergebouwen, kiosken
Openbare gebouwen	gemeentehuizen, koninklijke paleizen, gerechtsgebouwen en strafinrichtingen, militaire en administratieve gebouwen, rijkswachtkazernes
Gebouwen voor nutsvoorzieningen	telefooncellen, vliegvelden, watertorens, waterzuiverings- en afvalverwerkingsinstallaties
Gebouwen voor sociale- en ziekenzorg	weeshuizen, kribbes, rusthuizen, ziekenhuisgebouwen en gebouwen bestemd voor het maatschappelijk welzijn
Gebouwen voor onderwijs, onderzoek en cultuur	schoolgebouwen, universiteiten, musea, bibliotheken
Gebouwen voor eredienst	kerken, kapellen, kloosters, synagogen, tempels, moskeeën
Gebouwen voor recreatie en sport	feestzalen, jeugdhuizen, schouwburgen, toneelzalen, culturele centra, bioscopen, casino’s
Andere gebouwen	monumenten, ruïnes, tunnels, alsook andere gebouwen die niet voorkomen in bovenstaande categorieën

Tabel 2.6: ECODATA - Bodembezetting naar kadastrale rubriek voor Vlaanderen (toestand 1 jan 2006)

Kadastrale rubriek	Aantal percelen	
	absoluut	relatief
Ambachts- en industriegebouwen	37.223	1,2%
Andere	4.227	0,1%
Appartementen	595.826	19,3%
Bijgebouwen met inbegrip van serres	147.130	4,8%
Buildings	40.415	1,3%
Gebouwen met handelsbestemming	110.370	3,6%
Gebouwen voor eredienst	8.807	0,3%
Gebouwen voor nutsvoorzieningen	29.310	0,9%
Gebouwen voor onderwijs, onderzoek en cultuur	8.115	0,3%
Gebouwen voor recreatie en sport	40.822	1,3%
Gebouwen voor sociale zorg en ziekenzorg	3.913	0,1%
Huizen en hoeven	2.017.083	65,4%
Kantoorgebouwen	6.206	0,2%
Openbare gebouwen	3.793	0,1%
Opslagruimten	32.516	1,1%
<i>Totaal</i>	3.085.756	100,0%



Figuur 2.2: Vergelijking van de gebouwtypologie van beide ECODATA-statistieken

Op basis van het aandeel --uitgedrukt in aantal percelen-- dat de bijgebouwen en de industriële gebouwen (= ambachts- en industriegebouwen en opslagruimten) per gemeente

innemen in de categorie ‘Alle andere gebouwen’, wordt een schatting gemaakt van hun aantal, zodat de eerste dataset kan uitgebreid worden met twee bouwtypes.

Dit resulteert uiteindelijk in een bouwtypologie bestaande uit acht verschillende categorieën. Tabel 2.7 geeft hier een overzicht van, toegepast op het jaar 2005. De categorie ‘Andere gebouwen’ vormt nu slechts 4,3% van het totaal. Bovendien zal in deel 2.3 verduidelijkt worden dat met een aantal bouwtypes die in de uiteindelijke categorie ‘Andere’ vervat zitten (zie Figuur 2.2) apart rekening wordt gehouden bij het berekenen van de bruto emissiewaarden. Tabel 2.7 is beschikbaar voor elke Vlaamse gemeente.

Tabel 2.7: Het aantal gebouwen per bouwtype, totaal voor Vlaanderen (toestand 1 jan 2006)

	aantal gebouwen	
	absoluut	relatief
Huizen in gesloten bebouwing	640.359	25,4%
Huizen in halfopen bebouwing	530.176	21,0%
Huizen in open bebouwing, hoeven en kastelen	838.349	33,3%
Appartementsgebouwen	86.467	3,4%
Handelshuizen	96.525	3,8%
Industriële gebouwen	71.092	2,8%
Bijgebouwen, incl. serres	149.827	5,9%
Andere gebouwen	107.364	4,3%
<i>Totaal type gebouw</i>	2.520.159	100,0%

2.2.2 Indeling per statistische sector

De gedetailleerde lokalisatie van de gebouwen gebeurt met behulp van de dasymetrische kartering (zie deel 3.2.1). Dit algoritme zorgt niet voor een gelijkmatige spreiding van de gebouwen binnen een gemeente, maar het lokaliseert de gebouwen op de plaatsen waar men ze ook effectief kan verwachten aan de hand van een landgebruikskaart.

Tijdens de studie bleek dat een toewijzing van de gebouwen op basis van gemeentelijke data aanleiding gaf tot minder goede resultaten. Dit was vooral het geval voor de eerste vier bouwtypes, de ‘woongebouwen’, in de grotere gemeenten zoals Gent en Antwerpen die gekenmerkt zijn door gebieden van erg verschillende (woon)dichtheden. Een oplossing voor dit probleem bood zich aan door een toedeling uit te voeren op basis van gegevens per statistische sector (aantal = 9489) in plaats van per gemeente (aantal = 308). Aangezien er geen gebouwaantallen beschikbaar zijn per statistische sector werd gezocht naar een procedure die een verdeling van de gemeentelijke aantallen over de statistische sectoren binnen elke gemeente mogelijk maakt. De NIS-statistiek biedt daartoe een mogelijkheid. Gebruik wordt gemaakt van de Algemene socio-economische enquête 2001 (FOD Economie, KMO, Middenstand en Energie – NIS, 1/10/2001) en in het bijzonder de tabellen met het aantal bewoonde particuliere woningen per statistische sector en het aantal inwoners per statistische sector. Voor het aantal inwoners per statistische sector is ook een versie 1/1/2003 beschikbaar, die gebruikt werd voor de referentie jaren 2002 en 2005.

Voor de huizen in gesloten, halfopen en open bebouwing wordt verondersteld dat de spreiding over de statistische sectoren gelijkaardig is aan deze van het aantal bewoonde particuliere woningen van de NIS-statistiek. Het gemeentelijk aantal zal dan proportioneel verdeeld worden over de verschillende statistische sectoren op basis van de verdeling van het aantal bewoonde particuliere woningen over deze sectoren. De appartementen op gemeentelijk niveau worden proportioneel verdeeld over de verschillende statistische sectoren op basis van het aantal inwoners omdat er wordt vanuit gegaan dat het voorkomen van appartementen eerder gerelateerd is aan (hoge) bewoneraantallen.

Het resultaat van deze bewerkingen is een tabel met, voor de eerste vier bouwtypes, het aantal gebouwen per statistische sector en, voor de laatste vier bouwtypes, het aantal gebouwen per gemeente. Deze tabel is een erg belangrijk inputbestand voor het GIS-model en meer bepaald voor de dasymetrische kartering.

2.2.3 De drie referentiejaar

Het verzamelen en combineren van de verschillende statistieken tot gemeentelijke en/of statistische sectoraantallen werd uitgevoerd voor de drie referentiejaar: 1998, 2002 en 2005. Een aantal van de hierboven vermeldde statistieken worden niet op regelmatige basis, hier per jaar, gepubliceerd. Bijgevolg werd telkens gekozen voor de best beschikbare statistieken, m.a.w. diegenen die chronologisch zo weinig mogelijk afwijken van het referentiejaar.

Het overzicht van de gebruikte statistieken voor elk referentiejaar bevindt zich in Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Typering van de statistieken gebruikt voor de drie referentiejaar

	1998	2002	2005
Belgische gebouwen volgens het kadaster	1 jan 1998	1 jan 2003	1 jan 2006
Bodembezetting	1 jan 1999	1 jan 2003	1 jan 2006
Aantal huizen per statistische sector	1 okt 2001	1 okt 2001	1 okt 2001
Aantal inwoners per statistische sector	1 okt 2001	1 jan 2003	1 jan 2003

Tabel 2.9 toont het absoluut en relatief aantal gebouwen voor elk referentiejaar, opgesplitst per bouwtype. Hieruit blijkt dat er zich over de periode 1998 – 2005 geen grote veranderingen hebben voorgedaan in het gebouwenbestand van Vlaanderen, zeker niet wat het relatief aandeel van elk bouwtype betreft. De grootste relatieve toename zit bij de appartementsgebouwen, terwijl de handelshuizen de enige bouwtype is die in aantal is afgenomen. Gemiddeld is het gebouwenbestand met 5% gegroeid.

Tabel 2.9: Het aantal gebouwen per bouwtype voor Vlaanderen voor 1998, 2002 en 2005.

gebouwtype	1998		2002		2005	
	absoluut	relatief	absoluut	relatief	absoluut	relatief
Huizen in gesloten bebouwing	637.513	26,5%	638.664	25,7%	640.359	25,4%
Huizen in halfopen bebouwing	503.113	20,9%	519.856	20,9%	530.176	21,0%
Huizen in open bebouwing, hoeven en kastelen	770.517	32,0%	819.485	33,0%	838.349	33,3%
Buildings en appartementsgebouwen	69.490	2,9%	79.056	3,2%	86.467	3,4%
Handelshuizen	105.364	4,4%	101.069	4,1%	96.525	3,8%
Industriële gebouwen	69.305	2,9%	70.913	2,9%	71.092	2,8%
Bijgebouwen, incl. serres	147.992	6,1%	149.686	6,0%	149.827	5,9%
Andere gebouwen	105.760	4,4%	107.436	4,3%	107.364	4,3%
<i>Totaal type gebouw</i>	2.409.055	100,0%	2.486.164	100,0%	2.520.159	100,0%

2.3 Bruto emissie per bouwtype

In dit deel worden de emissiefactoren die aangeleverd werden door WTCB herwerkt tot bruikbare bruto emissiewaarden per bouwtype (BEW_i) die nodig zijn als input bij deel 3.2.2. Voor elk referentiejaar wordt een set van bruto emissiewaarden berekend, per bouwtype en met afvoer via hemelwater of sanitair water. Voor de gedetailleerde berekening hiervan wordt verwezen naar de datasheet 'bruto emissiewaarden' op de DVD (bijlage 2). De vier belangrijkste aandachtspunten worden hieronder vermeld.

1. Er wordt onderscheid gemaakt tussen afvoer via hemelwater en afvoer via sanitair water. Bovendien wordt bij de afvoer via sanitair water nog een onderscheid gemaakt tussen de provincie Antwerpen en de rest van Vlaanderen, omdat Antwerpen beduidend meer koper gebruikt heeft en minder verzinkt staal.
2. De jaarafhankelijkheid van de bruto emissiewaarden wordt bepaald door het feit dat WTCB voor een aantal bouwtypes een onderscheid in emissiefactoren maakt naar bouwjaar (gebouwd voor of na 1970). De omvorming tot één emissiewaarde per bouwtype gebeurt aan de hand van de ECODATA-statistiek: 'Belgische gebouwen volgens het kadaster naar type gebouw'. De definitieve bruto emissiewaarden worden berekend aan de hand van een gewogen gemiddelde, met als gewicht de verdeling van het aantal gebouwen over de categorie 'bouwjaar voor 1970' en 'bouwjaar na 1970'.
3. Anderzijds wordt voor de categorie 'andere gebouwen' emissiewaarden geleverd voor een aantal subcategorieën en worden deze door VITO op basis van de ECODATA statistiek 'Bodembezetting naar kadastrale rubriek' geaggregeerd tot één bruto emissiewaarde voor de categorie 'andere gebouwen'.
4. Een laatste aandachtspunt ligt bij de categorie 'bijgebouwen incl. serres'. Er wordt verondersteld dat serres geen bijdrage leveren tot de emissies veroorzaakt door afvoer via hemelwater. Deze aanname steunt op het feit dat de metalen in de schil van serres nagenoeg geen blootstelling aan hemelwater blijken te hebben. Verder is het zo dat moderne tuinbouwserres het regenwater meestal opvangen voor hergebruik in de teelt en dat oude serres vaak geen afvoer van regenwater hebben zodat het laatste rechtstreeks geloosd wordt naar het oppervlaktewater. Praktisch

wordt dit opgelost door de BEW van 'bijgebouwen incl. serres' procentueel te verminderen in verhouding tot het aantal serres dat erbij hoort.

De resulterende BEW zijn opgenomen in Tabel 2.10 en Tabel 2.11.

Tabel 2.10: BEW voor afvoer via hemelwater

(g/jaar)	1998			2002			2005		
	koper	lood	zink	koper	lood	zink	koper	lood	zink
gesloten bebouwing	1,515	4,254	25,729	1,512	4,243	25,648	1,511	4,236	25,599
halfopen bebouwing	1,668	4,154	33,576	1,654	4,131	32,987	1,645	4,118	32,634
open bebouwing	2,437	4,128	41,734	2,430	4,122	40,658	2,426	4,120	40,212
appartementen	1,887	0,757	204,607	1,884	0,806	202,059	1,883	0,830	200,767
handelshuizen	2,524	4,198	54,125	2,522	4,196	53,773	2,521	4,195	53,636
industriële gebouwen	0	25,161	505,587	0	24,716	491,081	0	24,516	484,565
bijgebouwen	0	0,539	9,766	0	0,538	9,615	0	0,537	9,547
andere gebouwen	8,048	0,897	103,886	7,924	0,916	104,653	7,844	0,929	105,176

Tabel 2.11: BEW voor afvoer via sanitair water

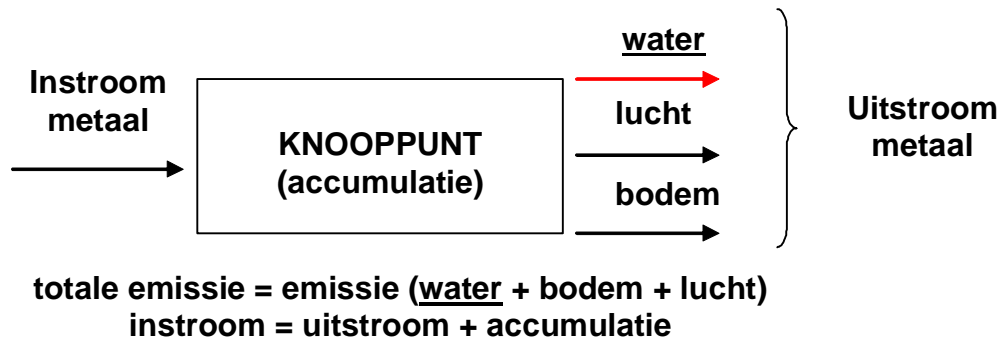
Antwerpen (g/jaar)	1998			2002			2005		
	koper	lood	zink	koper	lood	zink	koper	lood	zink
gesloten bebouwing	5,194	0,434	0,194	5,179	0,433	0,192	5,170	0,432	0,190
halfopen bebouwing	4,988	0,416	0,165	4,954	0,413	0,160	4,932	0,411	0,157
open bebouwing	4,679	0,389	0,121	4,637	0,386	0,115	4,619	0,384	0,112
appartementen	4,852	0,404	0,145	4,819	0,401	0,140	4,800	0,400	0,138
handelshuizen	5,231	0,437	0,199	5,219	0,436	0,197	5,215	0,436	0,197
industriële gebouwen	16,624	4,207	3,011	16,573	4,204	2,957	16,548	4,202	2,929
bijgebouwen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
andere gebouwen	33,039	7,455	5,983	32,417	7,291	5,782	32,082	7,204	5,678

Rest Vlaanderen (g/jaar)	1998			2002			2005		
	koper	lood	zink	koper	lood	zink	koper	lood	zink
gesloten bebouwing	0,399	0,259	7,411	0,411	0,254	7,335	0,418	0,251	7,290
halfopen bebouwing	0,511	0,212	6,685	0,533	0,203	6,548	0,545	0,198	6,466
open bebouwing	0,684	0,140	5,572	0,710	0,129	5,401	0,721	0,125	5,330
appartementen	0,679	0,142	5,603	0,705	0,131	5,437	0,716	0,127	5,361
handelshuizen	0,390	0,263	7,470	0,399	0,259	7,412	0,402	0,257	7,388
industriële gebouwen	5,798	3,930	20,975	5,921	3,878	20,671	5,975	3,855	20,539
bijgebouwen	0	0	0	0	0	0	0	0	0
andere gebouwen	9,084	6,166	32,875	9,137	5,993	31,910	9,140	5,907	31,432

3 HET TOEPASSEN VAN HET STOFSTROOMSCHEMA OP DE SECTOR 'HUISVESTING'

3.1 Benadering – stofstroomanalyse

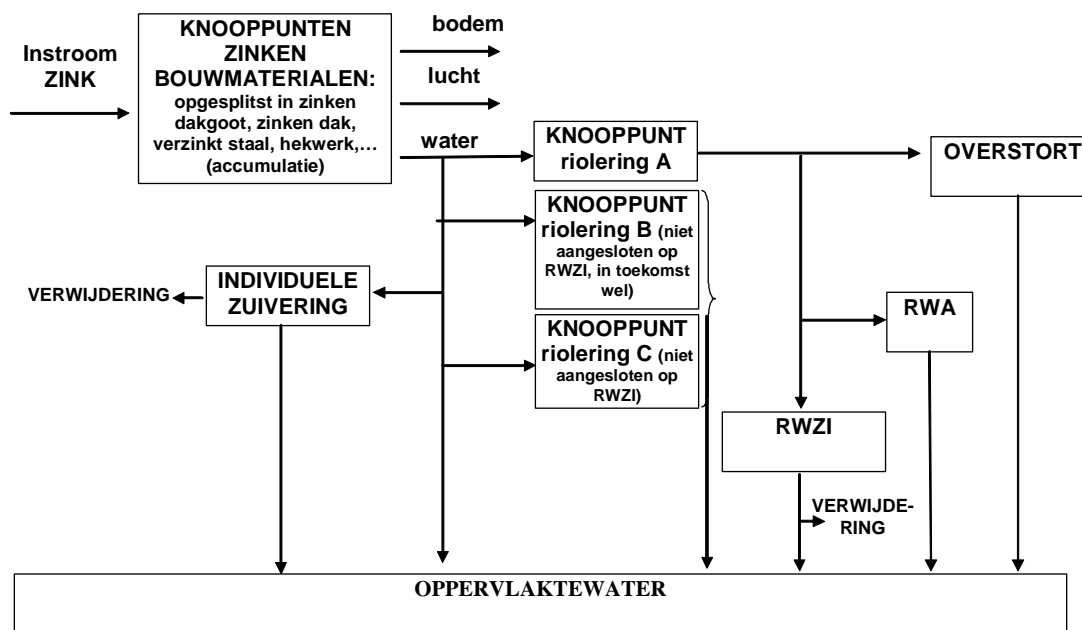
In een stofstroomanalyse geeft de totale emissie uit een bepaald knooppunt tengevolge van (atmosferische) corrosie van metalen aanleiding tot (mogelijke) stofstromen naar de milieucompartimenten water, lucht en bodem. De totale uitstroom van de metalen uit het knooppunt is van belang voor de globale stofstroomanalyse die gebaseerd is op het massabalansprincipe (zie Figuur 3.1 en Figuur 3.3). Deze totale uitstroom wordt gekwantificeerd en opgesplitst volgens de bestemmingen bodem, lucht en water. Voor de verdere berekeningen in het stofstroomanalysemodel zal in deze opdracht enkel rekening gehouden worden met de stofstromen naar water.



Figuur 3.1: Schematische voorstelling van de instroom en uitstroom van een metaal in en uit een knooppunt (bijvoorbeeld metaal uit bouwmaterialen)

Figuur 3.2 schetst ter illustratie het stofstroomnetwerk voor zink aanwezig in bouwmaterialen. De totale hoeveelheden metaal naar het milieucompartiment water wordt in deze opdracht berekend op basis van emissiefactoren (EF), emissieverklarende variabelen (EUV) en een GIS-model (voor de ruimtelijke allocatie van de EUV en dus ook de bruto emissies). Het vrijgekomen metaal kan ofwel rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomen ofwel via indirecte transportroutes (RWZI, RWA-straten, ...). Een deel van het metaal kan uit het water verwijderd worden via zuivering in een RWZI en via individuele zuivering in een IBA (= stofstroom 'verwijdering').

De stofstromen van alle beschouwde metalen en bronnen naar de verschillende knooppunten zoals voorgesteld in Figuur 3.2 worden gekwantificeerd en uitgedrukt in gram metaal/jaar.



Figuur 3.2: Schematische voorstelling van het stofstroomnetwerk voor zink: instroom in de knooppunten ‘zinken bouwmaterialen’ en uitstroom naar bodem, lucht en water. De uitstroom naar water is verder verfijnd en opgedeeld volgens de gevolgde route. Voor een gedetailleerde beschrijving van de transportroutes wordt verwezen naar stap 3 (3.2.3).

Figuur 3.3 illustreert het behoud van massa voor de bronnen: de totale belasting naar het oppervlaktewater is gelijk aan de bruto emissie bij de bron (via mobilisatie, collectering of behandeling) minus de verwijderde verontreiniging, of ook:

$$\text{netto emissie oppervlaktewater} = \text{totale bruto emissie} - \text{verwijdering}$$



Figuur 3.3: Algemeen massabalansprincipe zoals toegepast in de Emissie-Inventaris Water: de totale belasting naar het oppervlaktewater is gelijk aan de emissie bij de bron minus de verwijderde verontreiniging of transfer naar een ander knooppunt.

Mobilisatie is hierbij het proces dat de uitstoot van een stof beschrijft naar het oppervlaktewater, hier beperkt tot de emissie naar water bij de bron. Collectering en transfer beschrijven het traject dat een stof volgt, bijvoorbeeld via de riolering, en behandeling

beschrijft het proces dat de verontreinigende stof behandelt. Verwijdering tenslotte verwijst naar de hoeveelheid van de stof die onttrokken wordt aan het water via accumulatie of retentie van zware metalen.

De weg die een metaal volgt om het oppervlaktewater te bereiken in een bepaald zuiveringsgebied wordt in deze opdracht bepaald met behulp van een GIS-model dat gebaseerd is op de relatie tussen de bebouwing en het rioleringsstelsel van een zuiveringsgebied. Concreet betekent dit dat er in de GIS-analyse gebruik gemaakt wordt van de kaart met de zuiveringszones A, B en C (zoals gedefinieerd in Vlarem). De transfer (overstort, efficiëntie van de RWZI's, ...) van metalen zal gedocumenteerd worden op basis van beschikbare literatuurgegevens en gegevens uit het model van de VMM.

Er werd getracht om de consistentie tussen het GIS-model en de EIW zo groot mogelijk te maken, o.a. naar stofstromen en terminologie toe. Daartoe wordt in de praktijk gebruik gemaakt van de laatste versie van het stofstroomschema van de EIW (Syncera, 2006). Het schema en extra uitleg bevinden zich in stap drie van het GIS-model (3.2.3), die de transportwegen van de bruto emissies doorrekent tot aan de belasting van het oppervlaktewater, de zogenaamde netto emissies.

3.2 Het GIS-model

De inschatting van de emissie van metalen naar het oppervlaktewater door de sector 'huisvesting en perceelsinrichting' vergt enerzijds de kennis van gebruikte bouwmaterialen per gebouwtype en hun bijdrage aan de emissies, maar tevens de *lokalisatie* van de gebouwen en verder het al dan niet aangesloten zijn van het gebouw op de *riolering* en een waterzuiveringsinstallatie. Dit laatste vereist een geografisch georiënteerde analyse en een onderliggend rekenmodel dat voor de drie referentie jaren wordt berekend.

Met het oog op het voorgaande werd een kwantitatief GIS-model ontwikkeld. Het rekent voor het gehele Vlaamse grondgebied en streeft enerzijds naar een zo getrouw mogelijke lokalisatie van de verschillende gebouwtypes (en bijbehorende bruto emissies) en anderzijds naar een analyse van de emissie per kleinste geografisch deelgebied, namelijk de zogenaamde KGE-zones. Deze stellen telkens een unieke combinatie voor van zuiveringsgebied, gemeente, VHA-deelbekken en VHA-zone. Het bestaan van deze kleinste eenheid laat toe om ook voor grotere geografische eenheden de emissies weer samen te stellen. Het uitdrukken van de emissies per KGE zorgt ook voor een volledige consistentie met de EIW.

Naast het berekenen van de emissies per KGE is het model ook geschikt voor het doorrekenen van verschillende scenario's en het uitvoeren van een grondig verschilonderzoek. In hoofdstuk 4 worden verschillende scenario's uitgewerkt en wordt ook ingezoomd op het zoeken naar verklaringen voor emissieverschillen tussen 1998 en 2005.

Het model maakt gebruik van geavanceerde technieken uit het domein van de Geografische InformatieSystemen zonder daarbij te willen stellen dat de resultaten perfect zijn: onzekerheden en onvolkomenheden in de basisdata worden in het model niet weggewerkt en de analyse maakt, indien niet anders mogelijk, gebruik van gemiddelden voor Vlaanderen wat aanleiding kan zijn tot onnauwkeurigheid in bepaalde gebieden. Meer bepaald maakt het

model gebruik van de zogenaamde dasymetrische kartering, van overlay- en van buffertechnieken. De opbouw en werking van het model wordt uitgelegd aan de hand van Figuur 3.4, Figuur 3.12, Figuur 3.14 en Figuur 3.26. Voor de drie referentie jaren werd dezelfde methodologie gehanteerd. De figuren zijn louter bedoeld ter illustratie en verklaren de werking van de verschillende rekenstappen.

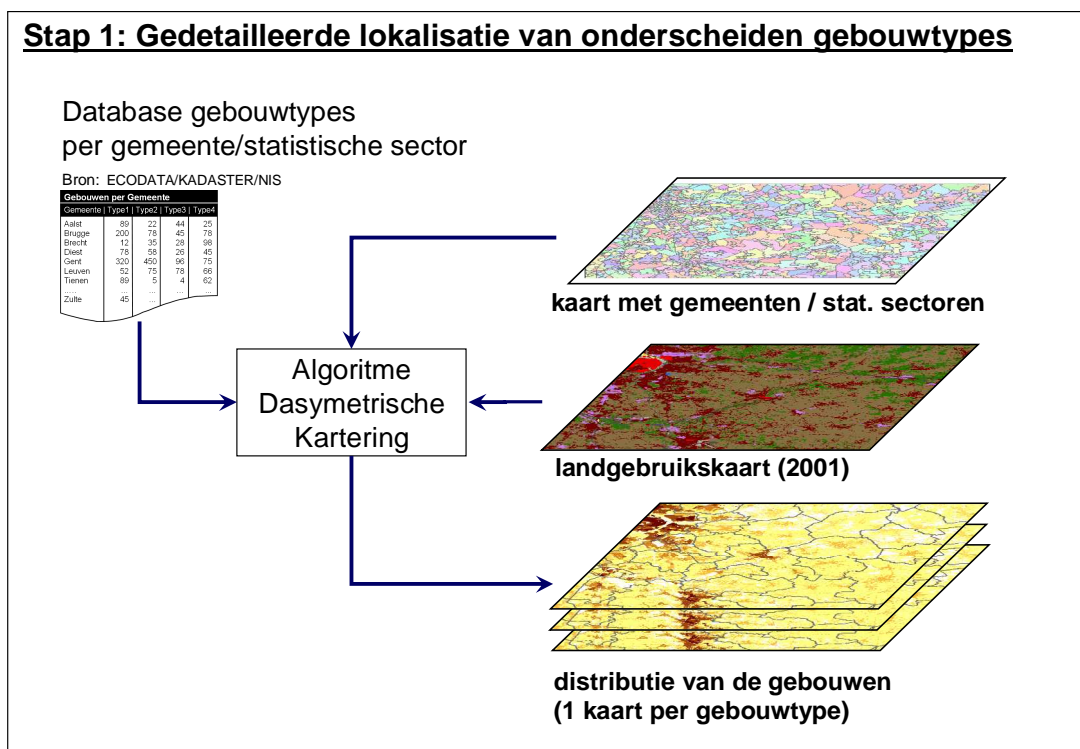
Er zijn vier ‘GIS’-stappen te onderscheiden:

- Stap 1: Gedetailleerde lokalisatie van de gebouwtypes;
- Stap 2: Gedetailleerde lokalisatie van de bruto emissies per gebouwtype en per metaal;
- Stap 3: Transport van de emissies;
- Stap 4: Berekening van de netto emissies per KGE.

3.2.1 Stap 1: Gedetailleerde lokalisatie van de gebouwtypes

- *Methodologie*

Bij gebrek aan kaartbestanden met de gedetailleerde geografische spreiding van elk gebouwtype wordt in een eerste stap met behulp van dasymetrische kartering een zo nauwkeurig mogelijke benadering gemaakt (Figuur 3.4). Het resultaat van deze stap is een set kaarten (één per onderscheiden gebouwtype en één voor het totaal van alle gebouwen) met daarop --op hoge resolutie (60 m bij 60m)-- de gedetailleerde spreiding van de gebouwen over het Vlaamse grondgebied.



Figuur 3.4: Schematische voorstelling van Stap 1 uit het GIS-model.

Dasymetrische kartering (zie o.a. Mennis J., 2003; Liu X., 2004) is een techniek voor ruimtelijke interpolatie die toelaat om gegevens die beschikbaar zijn voor grotere administratieve eenheden (hier: het aantal gebouwen van een bepaald type per gemeente of per statistische sector) te verdelen naar kleinere geografische eenheden (hier: de cellen in een regelmatig rooster dat over Vlaanderen wordt gelegd met een resolutie van 60 bij 60m of 0,36 ha) met een hogere homogeniteit op basis van een steunkaart (hier: de landgebruikkaart van 2001). De steunkaart bevat informatie die relevant is om te komen tot een meer accurate geografische verdeling van het gegeven. Men leidt met andere woorden de karakteristieke, meest geëigende lokalisatie van het gegeven af uit de steunkaart terwijl de hoeveelheden die toe te wijzen zijn (hier: het aantal gebouwen van een bepaald type) gehaald worden uit databases per grotere administratief geografische eenheid. In plaats van een uniforme spreiding of dichtheid van gebouwen over het grondgebied van de administratieve eenheid (zoals in een typische choroplethenkaart) verkrijgt men dus een spreiding over de meest relevante locaties. Geëigende algoritmes worden voor deze ruimtelijke toewijzing ingezet. Ze bewaren de zogenaamde pycnophylactische eigenschappen van de oorspronkelijke distributies. Eenvoudig gezegd: bij het toedelen van gebouwen naar de nieuwe geografische eenheden worden er geen gebouwen bijgemaakt en gaan er ook geen gebouwen verloren omwille van het ene of het andere artefact in de methode.

Dasymetrische kartering wordt met name ingezet om een bevolking (zie o.a. Gallego J. and Peedell, 2001) zo nauwkeurig mogelijk te verdelen over een gebied: op de meest waarschijnlijke plaatsen waar die bevolking ook daadwerkelijk woont, dus in de woonkernen en niet op weilanden, bosgronden, enz.. De techniek wordt net zo goed gebruikt om andere variabelen te verdelen over een grondgebied.

Bij gebrek aan bestaande kaarten per bouwtype geeft deze techniek de best mogelijke ruimtelijke spreiding van gebouwen op hoge resolutie en dit voor de jaren 1998, 2002 en 2005. Hij biedt in ieder geval een meer gedetailleerd beeld dan bijvoorbeeld de louter verharde oppervlakte van Vlaanderen en het vormt een basis op hoge resolutie voor de berekening van de diffuse emissies die door 'huisvesting en perceelsinrichting' worden veroorzaakt. De keuze voor een verdeling op hoge resolutie is ingegeven door de noodzaak om in vervolgstappen de gebouwen toe te wijzen aan de gerioleerde zuiveringszones A, B, C of aan het niet gerioleerd gebied. Zuiveringszones A, B of C zijn typisch stroken van slechts 100m breedte met in het midden de riolering.

▪ *Werkwijze*

In het model wordt het aantal gebouwen van verschillende types die per gemeente of statistische sector opgenomen zijn in een database als resultaat van hoofdstuk 2 (zie 2.2) toegewezen aan gedetailleerde geografische eenheden, namelijk aan cellen van 60 bij 60m³ in een regelmatig rooster.

³ De gebruikte resolutie is een compromis. Ze moet omwille van technische redenen een veelvoud zijn van het oorspronkelijke raster van de Bodemgebruikkaart van Vlaanderen van 15 bij 15 meter. Een te lage resolutie is aanleiding tot fouten aan de randen van de zuiveringszones doordat emissies toegewezen worden aan het verkeerde knooppunt. Een hoge resolutie is aanleiding tot een grote verwerkingstijd. Een te hoge resolutie geeft het valse idee van nauwkeurigheid omdat de foutenmarges in de data te groot zijn.

De productie van de kaarten met de verdeling van de gebouwtypes omvat twee duidelijk te onderscheiden operaties:

- A. Productie van de steunkaart zijnde een landgebruiksk kaart op de gewenste resolutie (van 60 bij 60m) en een zo beperkt mogelijk aantal relevante landgebruiksklassen.
- B. Toewijzen van de gebouwen aan de geselecteerde landgebruiken.

A. Productie van de steunkaart

De steunkaart die gebruikt wordt bij de dasymetrische kartering is de Bodemgebruiksk kaart van Vlaanderen van het jaar 2001 (Op 't Eyndt et al., 2002)⁴ met een resolutie van 15 bij 15m (rasterkaart), waarin het landgebruik wordt weergegeven in 20 klassen. Voor deze toepassing zijn vooral de verstedelijkte landgebruiken van belang voor de toewijzing van gebouwen. Bijgevolg wordt eerst een herclassificatie van 20 naar 9 landgebruiksklassen doorgevoerd.

Tabel 3.1: Herclassificatie van 20 naar 9 landgebruiksklassen

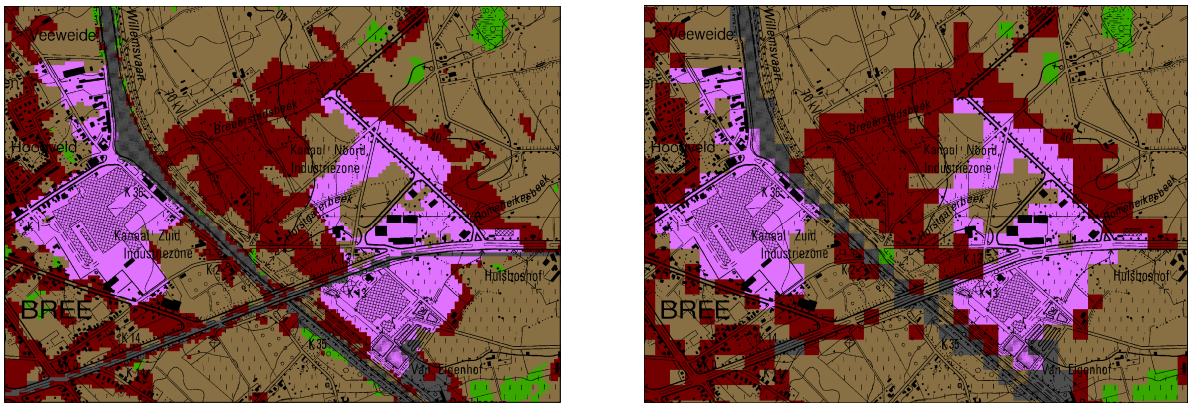
	originele steunkaart		na herclassificatie
0	achtergrond	0	achtergrond
1	kernstad bebouwing	1	kernstad
2	bebouwing	2	bebouwing
3	industrie en handel	3	industrie en handel
4	infrastructuur	4	infrastructuur
5	zeehaven	5	zeehaven
6	luchthaven	6	luchthaven
10	open bebouwing/groene urbane zone	2	bebouwing
21	akkerbouw	7	landbouw
23	weiland (+ rest akkergewas)	7	landbouw
28	vochtig weiland	7	landbouw
29	boomgaard	7	landbouw
31	loofbos	8	natuur
32	naaldbos	8	natuur
33	gemengd bos	8	natuur
35	heide	8	natuur
37	strand/duin	8	natuur
44	slikke/schorre	8	natuur
52	zoetwateroppervlak	9	andere
201	autosnelweg	9	andere
202	gewestweg	9	andere

Er moet opgemerkt worden dat de klasse ‘open bebouwing’ uit de Bodemgebruiksk kaart van Vlaanderen niet als aparte klasse wordt weerhouden, omdat het vermoeden bestaat dat de toekenning van dit landgebruik niet consistent gebeurde voor het volledige Vlaamse grondgebied. Om onnauwkeurigheden zoveel mogelijk te vermijden, wordt deze categorie dan ook ondergebracht bij de categorie ‘bebouwing’. Bovendien worden aan de

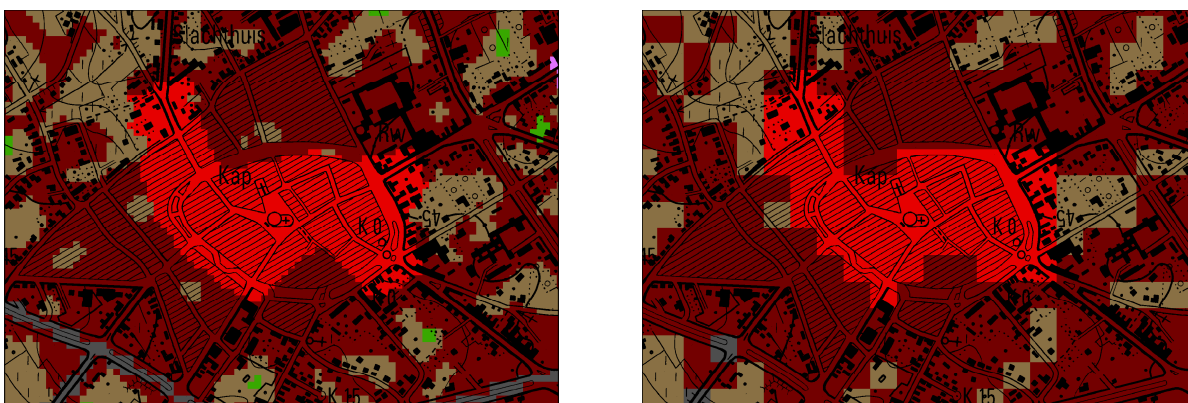
⁴ In het rapport wordt de term landgebruik verkozen boven bodemgebruik. De naam bodemgebruiksk kaart wordt alleen gebruikt wanneer verwezen wordt naar de kaart met bovenstaande referentie.

landgebruiken ‘natuur’ en ‘andere’ geen gebouwen toegekend. In het verdere betoog zijn dus alleen de eerste zeven landgebruiken van belang⁵.

Vervolgens wordt de resolutie van de landgebruikskaart omgezet van 15 bij 15m naar 60 bij 60m. Deze aggregatie tot een grovere resolutie gebeurt aan de hand van het spatiale aggregatie programma Spataggr⁶. Dit herschalingsalgoritme biedt het voordeel dat het aggregaert met behoud van oppervlakte. Dit is beter dan wat men verkrijgt met de typische algoritmes zoals voorhanden in ArcGIS die aanleiding zijn tot een relatief groot verlies van kleine ruimtelijke eenheden verspreid over de landgebruikskaart. Voor deze studie, waar de van nature sterk versnipperde landgebruiken zoals bebouwing van cruciaal belang zijn, zou dit aanleiding zijn tot grote onnauwkeurigheden. Daarom is de keuze voor Spataggr snel gemaakt. Figuur 3.5 en Figuur 3.6 tonen aan welk de effecten zijn van de aggregatie op een achtergrond van de topografische kaart.



Figuur 3.5: Voorbeeld 1 Bree - voor (links) en na (rechts) de aggregatie (donkerrood = bebouwing, lila = industrie en handel, bruin = landbouw, groen = natuur en grijs = andere, hier: wegen)



Figuur 3.6: Voorbeeld 2 Bree - voor (links) en na (rechts) de aggregatie (rood = kernstad, donkerrood = bebouwing)

⁵ Dit heeft ook zijn consequenties voor de verdelingen van oppervlaktes die in dit rapport vermeld worden: het betreft namelijk oppervlaktes waarin ‘natuur’ en ‘andere’ niet meer worden meegerekend.

⁶ Dit softwarepakket werd ontworpen door het ‘Research Instituut voor KennisSystemen’ (RIKS) bv te Maastricht. De aggregatie verloopt via een command line interface.

Voor de technische verwerking in ArcGIS (ArcMap 9.2) wordt de rasterkaart omgezet naar een polygonenkaart. Dit gebeurt aan de hand van een algoritme dat de hoekige vorm van het raster behoudt.

Vervolgens wordt een intersectie uitgevoerd met de grenzen van de statistische sectoren en bijgevolg ook met de gemeentegrenzen zodat elke polygoon gekenmerkt wordt door één unieke combinatie van landgebruik, gemeente en statistische sector. Op deze manier kunnen de juiste koppelingen met de gebouwenstatistiek plaatsvinden.

B. Toewijzing gebouwen aan de verschillende landgebruiken

Tenslotte wordt in stap 1 de dasymetrische kartering uitgevoerd waarbij de gebouwen (per statistische sector of gemeente) toegewezen worden aan de landgebruiken. Deze allocatie gebeurt aan de hand van de steunkaart, de landgebruiksk kaart zoals ze resulteert uit A, gekenmerkt door negen verschillende landgebruiksklassen.

De toewijzing van het aantal gebouwen voor elk type (t) aan een landgebruik (k) in de statistische eenheid (s) gebeurt aan de hand van volgende formule:

$$g_{skt} = G_{st} * \frac{C_{kt} * \frac{A_{ks}}{\sum_k A_{ks}} * \frac{A_{kv}}{\sum_k A_{kv}}}{\sum_k C_{kt} * \frac{A_{ks}}{\sum_k A_{ks}} * \frac{A_{kv}}{\sum_k A_{kv}}}$$

Equation 3.1

Met:

- t gebouwtype;
- s statistische eenheid (gemeente of statistische sector, zie 3.1.2)
- k landgebruiksklasse k
- g_{skt} gebouwen van het type t in de landgebruiksklasse k in de statistische eenheid s ;
- G_{st} gebouwen van het type t in de gemeente/statistische sector s ;
- A_{ks} oppervlakte van de landgebruiksklasse k in de statistische eenheid s ;
- A_{kv} oppervlakte van de landgebruiksklasse k in Vlaanderen v ;
- C_{kt} het aandeel van de gebouwen van het type t dat toegewezen wordt aan de landgebruiksklasse k , ook gekend als de ‘verdeelsleutel’

Deze formule, en bijgevolg ook het erop gebaseerde algoritme dat de toedeling in de praktijk uitvoert, interpreteert men als volgt:

1. De gebouwen G_{st} van het type t per statistische sector of gemeente s worden aan elk van de verschillende landgebruiksklassen k toegewezen volgens een vast percentage C_{kt} . De percentages worden weergegeven in Tabel 3.2. De bouwtypes (t) worden in de tabel vermeld in de rijen en de landgebruiksklassen (k) in de kolommen. De verdeling over een rij van de matrix noemen we de ‘verdeelsleutel’ voor het bewuste bouwtype (t).

Tabel 3.2: Verdeelsleutel C_{kt} voor de toewijzing van gebouwen.

	kernstad	bebouwing	ind & handel	infra	zeehaven	luchthaven	landbouw	Som
Gesloten bebouwing	0,02000	0,96797	0,01000	0,0000 1	0,00001	0,00001	0,00200	1,00
Half open bebouwing	0,01250	0,97247	0,01000	0,0000 1	0,00001	0,00001	0,00500	1,00
Open bebouwing	0,00546	0,97451	0,01000	0,0000 1	0,00001	0,00001	0,01000	1,00
Appartementen	0,02394	0,96503	0,01000	0,0000 1	0,00001	0,00001	0,00100	1,00
Handelshuizen	0,30000	0,64599	0,05000	0,0000 1	0,00100	0,00200	0,00100	1,00
Industriële gebouwen	0,00500	0,05000	0,63000	0,0500 0	0,20000	0,05500	0,01000	1,00
Bijgebouwen & Serres	0,01000	0,85199	0,05000	0,0000 1	0,00400	0,00400	0,08000	1,00
Andere gebouwen	0,12500	0,61499	0,20000	0,0000 1	0,02500	0,02500	0,01000	1,00

2. Voor de verdeelsleutel geldt echter dat hij is opgesteld voor de typische verdeling van het landgebruik in Vlaanderen (v). Bij het invullen van elke cel van de matrix is men er dus van uitgegaan dat elke statistische eenheid in Vlaanderen een opbouw heeft zoals die gemiddeld is voor Vlaanderen. Met opbouw wordt hier verwezen naar de verhouding van de oppervlaktes (A_{kv}) ingenomen door de verschillende landgebruiksklassen k . De verdeling van de landgebruiksklassen zoals die geldt voor Vlaanderen ziet eruit als weergegeven in Tabel 3.3. De waarden vertegenwoordigen de term $(\frac{A_{kv}}{\sum_k A_{kv}})$ uit

Equation 3.1.

Tabel 3.3: Typische verdeling van de oppervlakte van de landgebruiksklassen k in een statistische eenheid s .

	kernstad	bebouwing	ind & handel	infra	zeehaven	luchthaven	landbouw	Som
Vlaanderen	0,0024	0,1368	0,0150	0,0020	0,0040	0,0010	0,8390	1,00

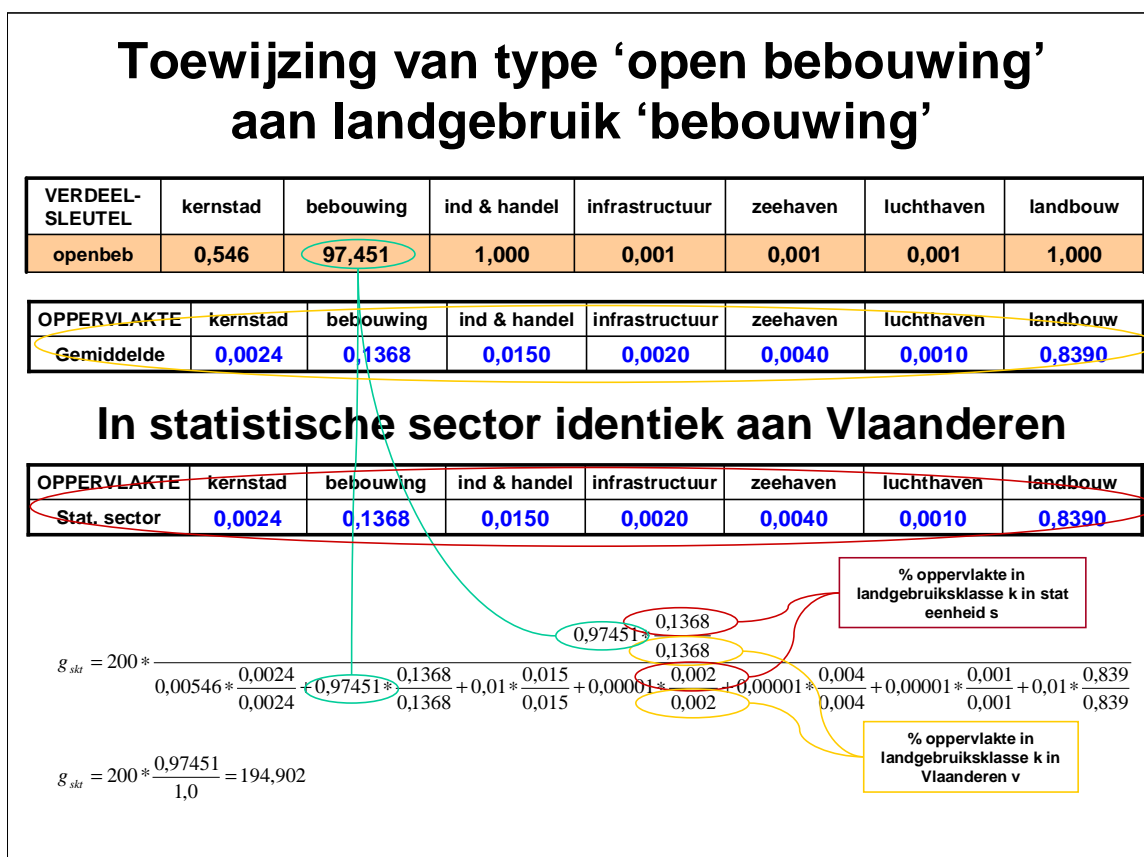
3. Op de voorwaarde uitgeschreven in het vorige punt gelden de toewijzingen C_{kt} . Op basis hiervan zou de toewijzing geformuleerd kunnen worden als:

$$g_{skt} = G_{st} * C_{kt}$$

Equation 3.2

4. Het in vorige punt gestelde is handzaam voor het definiëren van de waarden C_{kt} , maar doet zich in de werkelijkheid uiteraard nooit voor. Integendeel, elke statistische eenheid s heeft een min of meer verschillende opbouw. Bijgevolg moet er voor elke statistische eenheid een correctie worden uitgevoerd die rekening houdt met het onder- of oververtegenwoordigd zijn van bepaalde landgebruiken in de statistische eenheid. Deze correctie gebeurt op basis van de door de landgebruiksklassen k werkelijk ingenomen oppervlakte in elke statistische eenheid s . De waarde van C_{kt} wordt dus gewogen bijgesteld volgens de werkelijk ingenomen oppervlaktes (A_{ks}). Dit wordt uitgedrukt in de formule Equation 3.1.
5. De gebruikte methode zorgt ervoor dat in alle gevallen en in elke statistische eenheid s alle gebouwen G_{st} van elk type t worden toegewezen aan één of meerdere landgebruiksklassen. De toewijzing gebeurt afzonderlijk per bouwtype, met andere woorden, de formule Equation 3.1 wordt voor elk bouwtype afzonderlijk doorgerekend. Het totaal aantal gebouwen dat aan een landgebruiksklasse k wordt toegewezen is de som over de verschillende types t . Het resulteert in gebouwaantallen gekoppeld aan ofwel (voor de eerste vier bouwtypes, de ‘woongebouwen’) een unieke statistische sector en landgebruik ofwel (voor de laatste vier bouwtypes) aan een unieke gemeente en landgebruik.
6. Tenslotte bepaalt men de gebouwendichtheid van elk type t (en voor alle bouwtypes opgeteld) en voor elke statistische eenheid s door de waarde g_{skt} te delen door de ingenomen oppervlakte (= het aantal cellen) van dit landgebruik in de betreffende statistische eenheid. Dit resulteert in het GIS-model uiteindelijk in negen verschillende gebouwdichtheidskaarten (8 bouwtypes en alle gebouwen).

Drie concrete voorbeelden moeten de werking van de formule verduidelijken.



Figuur 3.7: Toepassing van Equation 3.1 - toewijzing van het aantal huizen in open bebouwing aan het landgebruik 'bebouwing' in een stat. sect. met dezelfde verdeling van landgebruiken als het gemiddelde voor Vlaanderen.

In Figuur 3.7 wordt gedemonstreerd hoe 200 huizen in open bebouwing, gekend uit de statistieken per statistische sector, verdeeld worden over de landgebruiken in deze sector. In dit voorbeeld bezit de statistische sector exact dezelfde verdeling van landgebruiken als Vlaanderen. Dit maakt dat 97,451% van de huizen in open bebouwing, zijnde net geen 195 huizen, aan het landgebruik 'bebouwing' worden toegekend. De overige huizen zullen verdeeld worden over de andere landgebruiken.

Toewijzing van type 'open bebouwing' aan landgebruik 'bebouwing'

**In statistische eenheid met dubbele oppervlakte
landgebruik 'bebouwing' ten nadele van 'landbouw'**

$$g_{skr} = 200 * \frac{0,00546 * \frac{0,0024}{0,0024} + 0,97451 * \frac{0,2736}{0,1368} + 0,01 * \frac{0,015}{0,015} + 0,00001 * \frac{0,002}{0,002} + 0,00001 * \frac{0,004}{0,004} + 0,00001 * \frac{0,001}{0,001} + 0,01 * \frac{0,7022}{0,8390}}{0,97451 * 2}$$

$$g_{skr} = 200 * \frac{0,97451 * 2}{0,00546 * 1 + 0,97451 * 2 + 0,01 * 1 + 0,00001 * 1 + 0,00001 * 1 + 0,00001 * 1 + 0,01 * 0,8369}$$

$$g_{skr} = 200 * \frac{1,94902}{1,97288} = 200 * 0,9879 = 197,581 \quad \text{Bebouwing}$$

$$g_{skr} = 200 * \frac{0,00546}{1,97288} = 200 * 0,0028 = 0,554 \quad \text{Kernstad}$$

$$g_{skr} = 200 * \frac{0,01}{1,97288} = 200 * 0,0051 = 1,014 \quad \text{Industrie en handel}$$

$$g_{skr} = 200 * \dots \quad \dots$$

Figuur 3.8: Voorbeeld van een statistische sector met dubbel zoveel oppervlakte aan 'bebouwing' in vergelijking met Vlaanderen.

In Figuur 3.8 wordt gewerkt met een statistische sector die afwijkt ten opzichte van het gemiddelde voor Vlaanderen. Dit is met name zo voor de landgebruiken 'bebouwing' en 'landbouw': de sector heeft een dubbel oppervlak aan bebouwing ten opzichte van Vlaanderen. Deze verdubbeling is volledig ten nadele van de oppervlakte aan landbouw. Een grotere oppervlakte aan 'bebouwing' zorgt ervoor dat er meer huizen aan dit landgebruik worden toegekend. In de praktijk doen zich dergelijke situaties voor nagenoeg elke statistische eenheid voor.

Toewijzing van type 'open bebouwing' aan landgebruik 'kernstad'

VERDEEL-SLEUTEL	kernstad	bebouwing	ind & handel	infrastructuur	zeehaven	luchthaven	landbouw
openbeb	0,546	97,451	1,000	0,001	0,001	0,001	1,000

OPPERVLAKTE	kernstad	bebouwing	ind & handel	infrastructuur	zeehaven	luchthaven	landbouw
Gemiddelde	0,0024	0,1368	0,0150	0,0020	0,0040	0,0010	0,8390

In statistische eenheid met enkel landgebruik 'kernstad'

OPPERVLAKTE	kernstad	bebouwing	ind & handel	infrastructuur	zeehaven	luchthaven	landbouw
Stat. sector	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

$$g_{skr} = 200 * \frac{0,00546 * \frac{1,0}{0,0024} + 0,97451 * \frac{0}{0,1368} + 0,01 * \frac{0}{0,015} + 0,00001 * \frac{0}{0,002} + 0,00001 * \frac{0}{0,004} + 0,00001 * \frac{0}{0,001} + 0,01 * \frac{0}{0,839}}{0,00546 * \frac{1,0}{0,0024} + 0,97451 * \frac{0}{0,1368} + 0,01 * \frac{0}{0,015} + 0,00001 * \frac{0}{0,002} + 0,00001 * \frac{0}{0,004} + 0,00001 * \frac{0}{0,001} + 0,01 * \frac{0}{0,839}}$$

$$g_{skr} = 200 * \frac{0,00546 * \frac{1,0}{0,0024}}{0,00546 * \frac{1,0}{0,0024}} = 200$$

Figuur 3.9: Voorbeeld van een statistische sector die voor 100% uit kernstad bestaat.

Figuur 3.9 maakt duidelijk dat het algoritme ook werkt wanneer slechts één landgebruik aanwezig is in de statistische sector. In dat geval worden alle gebouwen toegewezen aan dit landgebruik.

Dit algoritme met zijn proportionele verdeling op basis van ingenomen oppervlaktes heeft als groot voordeel dat het in alle omstandigheden toepasbaar is. Dit is vooral een groot voordeel omdat de verschillende intersecties aanleiding zijn tot het voorkomen van zogenaamde slivers: polygoontjes kleiner dan de oppervlakte van één cel, meestal artefacten van de intersecties, waaraan dus naar verhouding een kleine hoeveelheid gebouwen wordt toegekend.

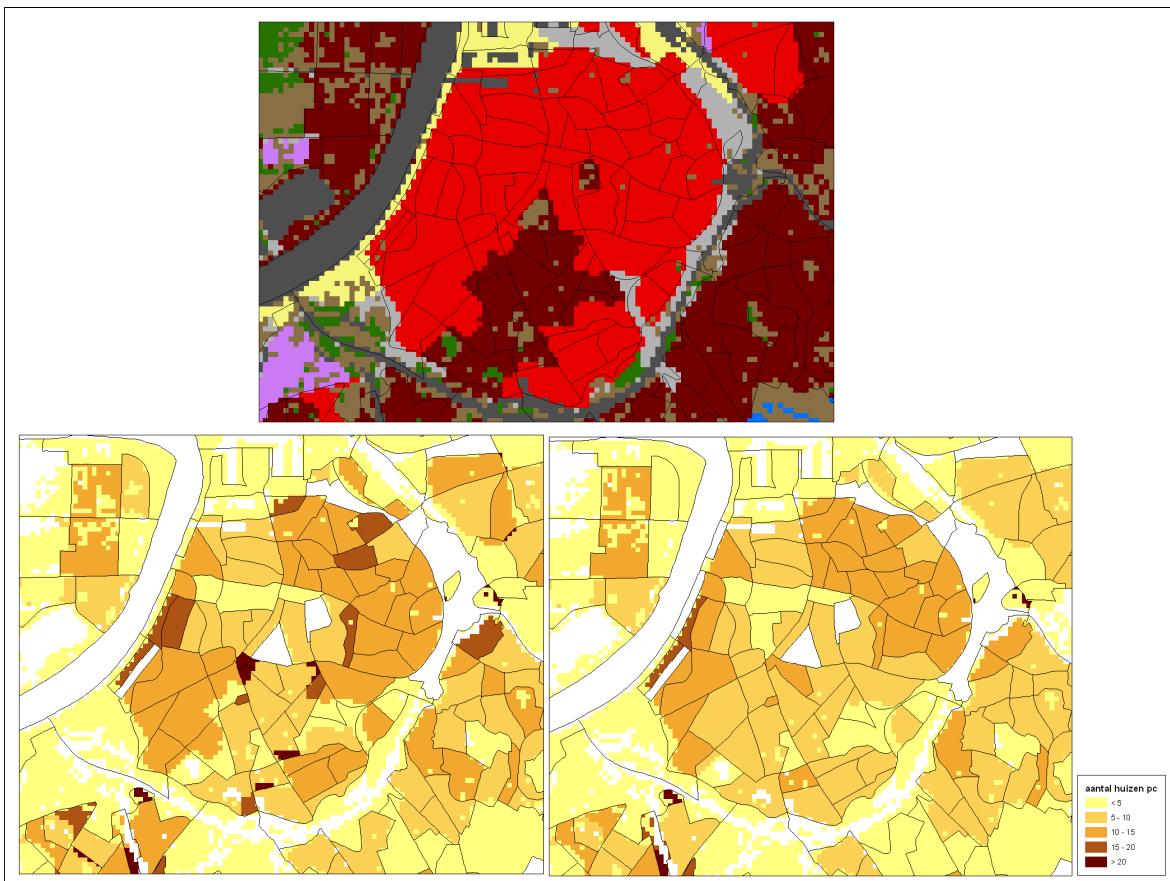
De invulling van de waarden C_{kt} gebeurt iteratief. Men start met een goed gekozen expert-inschatting van de waarden en evolueert iteratief naar waarden die een betere verdeling opleveren.

Calibratie van de verdeelsleutel steunt op een tweetal principes:

1. Men richt zich in eerste instantie op statistische eenheden waarin slechts één landgebruik en één gebouwtype voorkomt. In de praktijk komt deze situatie vooral voor in de stedelijke gebieden (Antwerpen, Gent, Leuven, Mechelen, Lier, Hasselt, ...) en dit voor de landgebruiken kernstad en bebouwing. Er kan dan een idee gevormd worden over de exacte gebouwensamenstelling van bijvoorbeeld een kernstadcel, aangezien de gebouwen niet over andere landgebruiken moeten verdeeld worden. Dit leveren minima, maxima en

typische richtwaarden die men ook in andere statistische eenheden met gemengde landgebruiken en gebouwtypes wenst terug te vinden. Bijvoorbeeld, de richtwaarde voor het aantal huizen en appartementen per cel van 60 bij 60m blijkt rond 10 te liggen.

2. Vervolgens richt men zich op een analyse van statistische eenheden die buren zijn en in redelijk uniforme morfologische gebieden gelegen zijn. In dergelijke gevallen verwacht men na de toewijzing een geleidelijke overgang te vinden tussen naburige sectoren met hetzelfde landgebruik. Overdreven piekwaarden per polygoon worden zoveel mogelijk vermeden door het bijstellen van de verdeelsleutel, dit om de ruimtelijke continuïteit te maximaliseren. Op dezelfde wijze verwacht men in een uniform morfologisch gebied een geleidelijke overgang in de gebouwendichtheid in een situatie waarbij een statistische eenheid voor een deel bestaat uit het ene en voor het andere deel bestaat uit een ander landgebruik. Dit laatste is met name te zien in Figuur 3.10 voor Antwerpen met de verdeling van de woningen in deels kernstad (helder rood) en deels bebouwing (bordeaux) voor (links) en na (rechts) de calibratie.

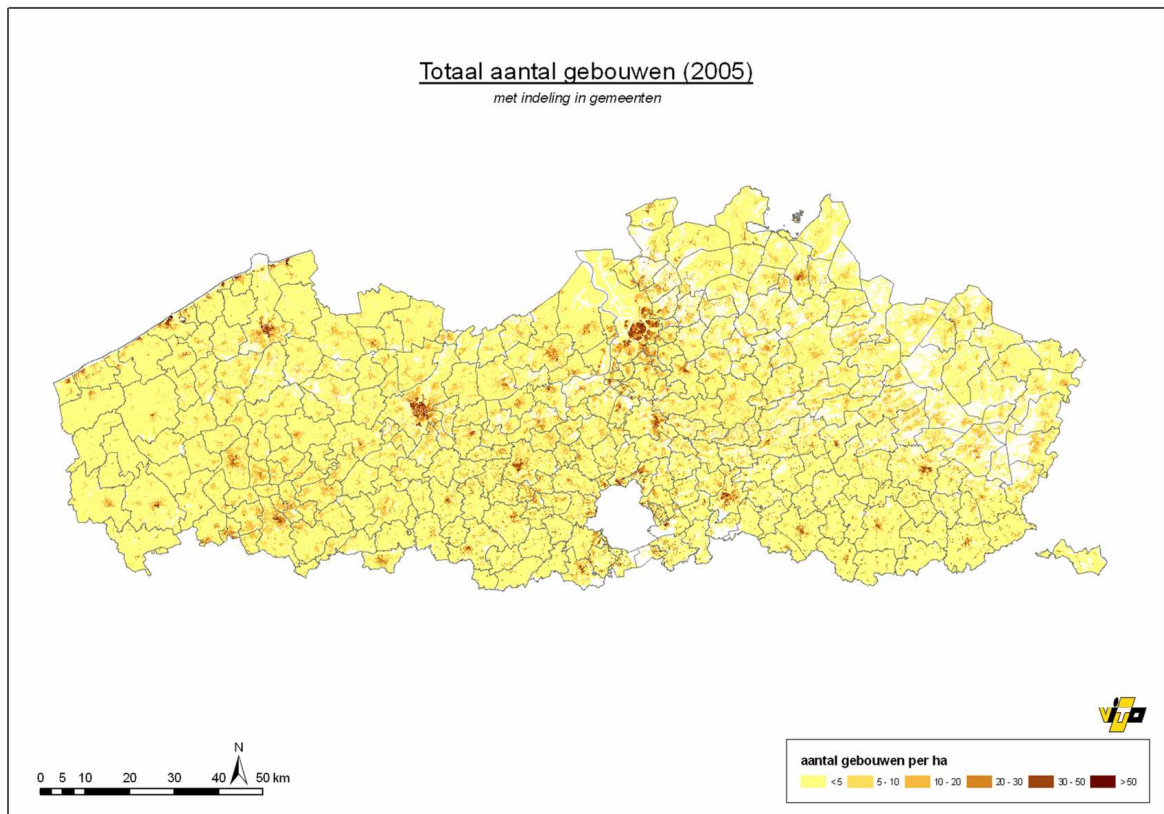


Figuur 3.10: De spreidingskaart van het aantal huizen voor de stad Antwerpen (onder), voor (links) en na (rechts) calibratie van de verdeelsleutel, inclusief landgebruikskaart (boven) (kernstad in helder rood en bebouwing in bordeaux).

Hieruit resulteren 27 gebouwdichtheidskaarten (één per bouwtype (8) en één voor het totaal aantal gebouwen en dit voor de drie jaren) die het aantal gebouwen per oppervlakte-eenheid weergeeft, bijvoorbeeld per hectare of per cel. Deze gebouwdichtheden zijn

noodzakelijke informatie voor de volgende stap in de GIS-verwerking, namelijk het creëren van de bruto emissiekaarten. De gebouwdichtheidskaarten zijn voor elk jaar en elk gebouwtype te raadplegen via de bijgeleverde shape-files (bijlage 1).

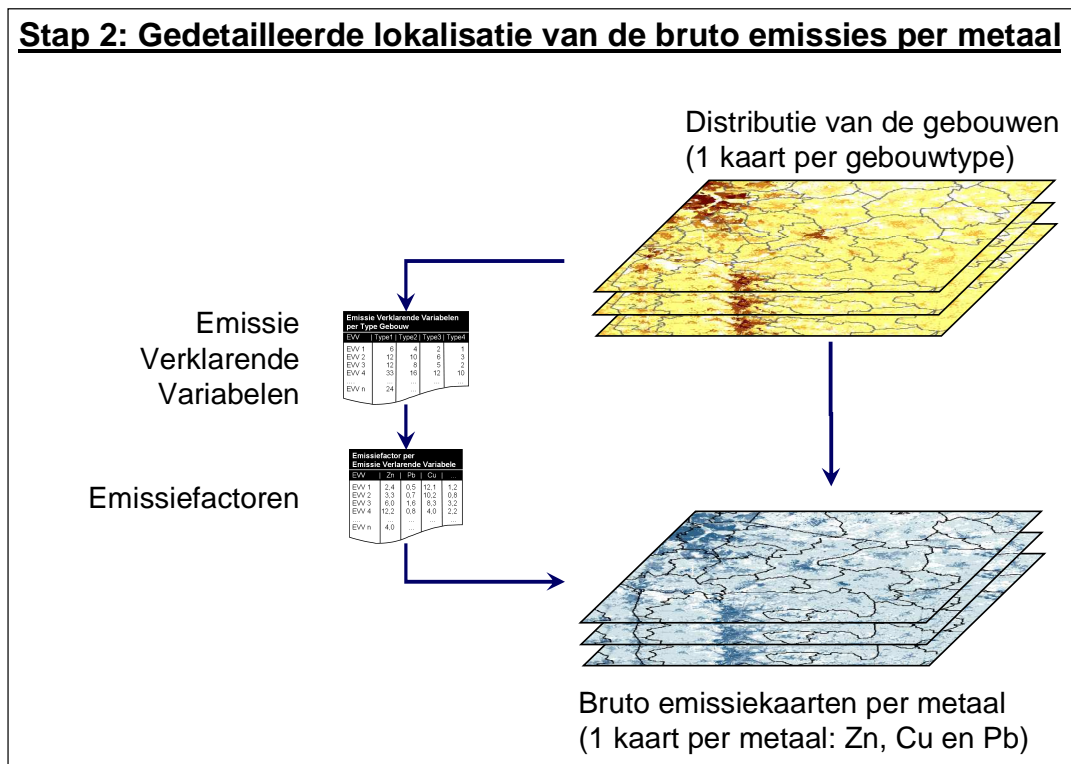
Figuur 3.11 toont de dichtheid van het totaal aantal gebouwen voor 2005.



Figuur 3.11: Het totaal aantal gebouwen per ha in Vlaanderen, referentiejaar 2005.

3.2.2 Stap 2: Gedetailleerde lokalisatie van de bruto emissies per type gebouw en per metaal

Input in Stap 2 van het GIS-model zijn de spreidingskaarten per gebouwtype die resulteren uit Stap 1 van het GIS-model en de twee tabellen met de bruto emissiewaarden BEW_t (zie 2.3) voor afvoer van metalen via respectievelijk het hemelwater en het sanitaire water (Figuur 3.12). Dit wordt voor elk referentiejaar afzonderlijk doorgerekend.

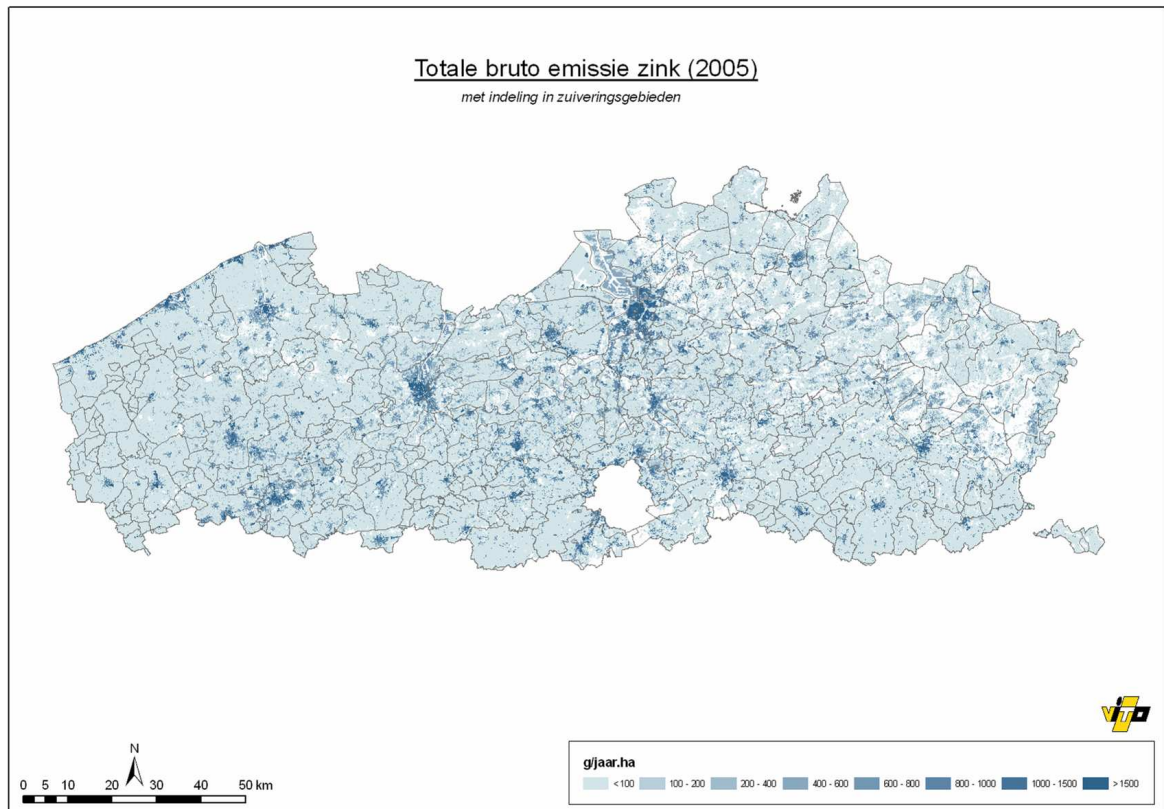


Figuur 3.12: Schematische voorstelling van Stap 2 uit het GIS-model.

Op basis van deze invoer wordt een set emissiekaarten aangemaakt: één per type gebouw en per metaal. Het sommeren van de emissiekaarten over alle gebouwtypes en per metaal is aanleiding tot één bruto emissiekaart per type metaal (voor Zn, Pb en Cu) en dit opgesplitst voor afvoer via hemelwater en sanitair water en voor het totaal. In de praktijk wordt geen bruto emissiekaart opgesteld voor elk gebouwtype, maar wordt een volledige abstractie gemaakt van de gebouwen door te sommeren over alle gebouwtypes. Het vergt echter maar een kleine deelberekening om ook de bruto emissiekaarten per gebouwtype op te stellen.

$$\text{bruto emissie} = \sum_{t=1}^8 (BEW_t \times \text{aantal gebouwen}_t) \quad \text{Equation 3.3}$$

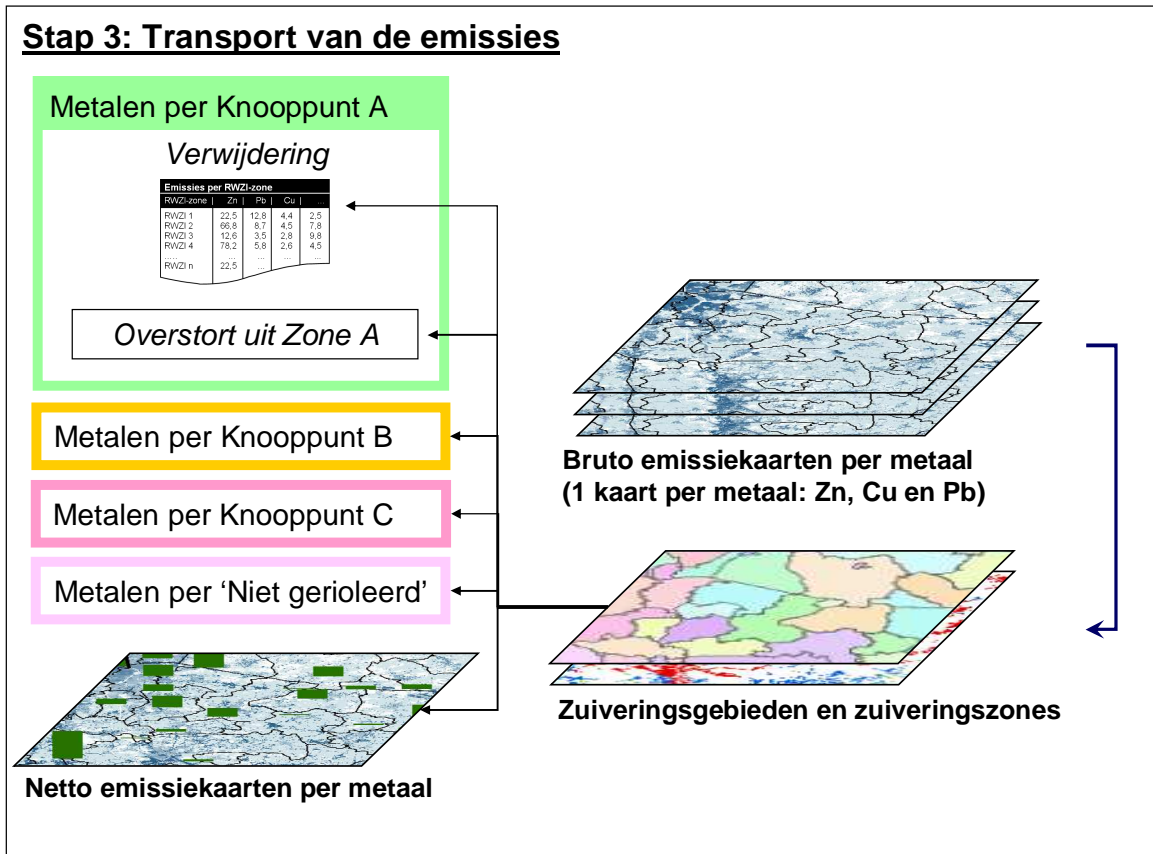
De resulterende bruto emissiekaarten (negen per jaar) zijn de invoer in de derde stap van het GIS-model. Ook hier wordt slechts één kaart weergegeven in het rapport (Figuur 3.13). De overige kaarten kunnen geconstrueerd worden op basis van de geleverde shape-files.



Figuur 3.13: De bruto emissiekaart voor zink, referentiejaar 2005.

3.2.3 Stap 3: Transport van de emissies

In Stap 3 van het GIS-model volgt de omvorming van bruto emissies (ter plaatse gegenereerd) naar netto emissies (naar het oppervlaktewater). Hier wordt dus nagegaan welke stofstroom het metaal zal volgen (zie Figuur 3.14). Deze informatie wordt gehaald uit de kaart van de zuiveringsgebieden en de zuiveringszones. Deze geven immers een afbakening van de gebieden die direct afvoeren naar het oppervlaktewater en diegene die behoren tot zuiveringszone A, B of C.



Figuur 3.14: Schematische voorstelling van Stap 3 uit het GIS-model.

Eens geweten is welke gebieden tot welke zuiveringszone behoren, worden de emissies per zuiveringsgebied gesommeerd en kunnen inschattingen worden gemaakt over de hoeveelheid metalen per knooppunt A, B en C en kan verder bepaald worden hoeveel verwijderd wordt voor zzA in functie van de efficiëntie van de rioolwaterzuiveringsinstallaties RWZI's of RWA's en hoeveel er via overstort of rechtstreeks in het oppervlaktewater terechtkomen.

Zoals reeds vermeld op het einde van deel 3.2.1 – deel A ontstaat de basiskaart door een intersectie van de landgebruikskaat met de gemeentegrenzen en de statistische sectoren. Om het transport in rekening te brengen en de nodige berekeningen te kunnen doen per deelgebied (stap 4) moet de basiskaart ook informatie bevatten over de zuiveringsgebieden, de zuiveringszones, VHA-zones en VHA-deelbekkens. In ArcGIS komt dit neer op het

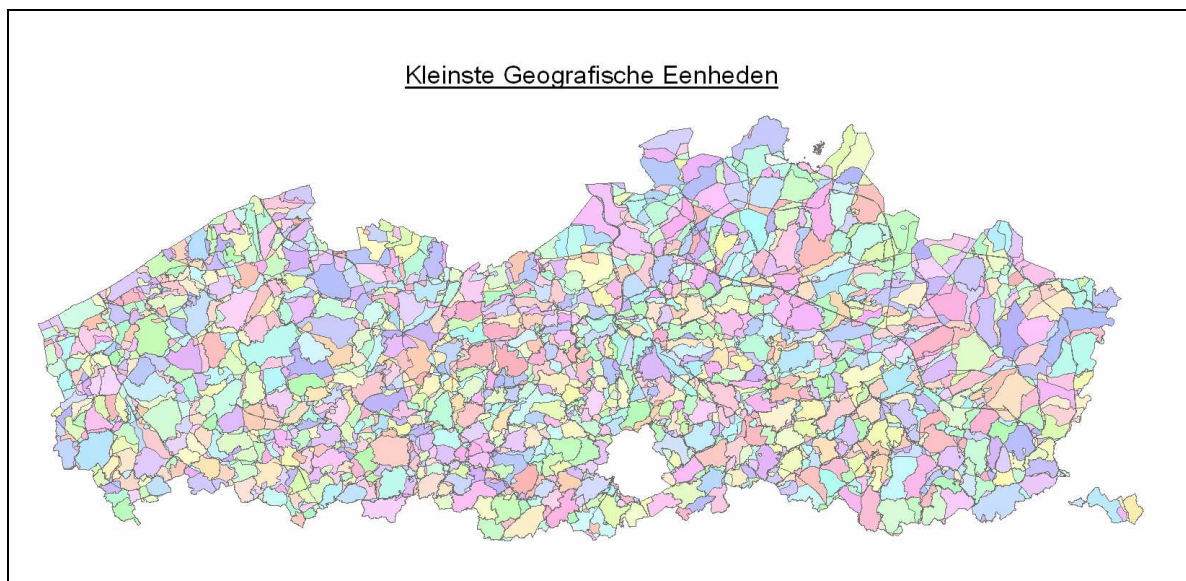
uitvoeren van intersecties met deze kaarten of door gebruik te maken van één gebiedsindeling die deze kenmerken allemaal omvat (de KGE-kaart).

Het inputbestand van stap 3 bestaat uiteindelijk uit zo'n 90.000 deelgebieden (polygonen) die gekenmerkt worden door een unieke combinatie van landgebruik, statistische sector, gemeente, VHA-zone, VHA-deelbekken, zuiveringsgebied en zuiveringszone. In wat volgt wordt uitvoerig ingegaan op de data nodig voor deze intersecties.

Invoer in Stap 3 zijn:

1. basiskaart Stap 1 / Stap 2 van het GIS-model;
2. de KGE-kaart;
3. de kaart met de zuiveringszones A, B en C;
4. technische informatie m.b.t. de zuiveringsefficiëntie van de individuele waterzuiveringsinstallaties in Vlaanderen (en het al dan niet voorkomen van een RWA-straat).

Invoer 2: de KGE-kaart



Figuur 3.15: De KGE-kaart van Vlaanderen (Bron: VMM)

KGE staat voor Kleinste Geografische Eenheid en is het resultaat van een intersectie van de gemeentegrenzen, VHA-zones, VHA-deelbekkens en zuiveringsgebieden (aantal: 439). Zo worden 4385 unieke polygonen gevormd, waarvan 1311 niet relevant zijn omdat ze het gevolg zijn van onnauwkeurigheden (slivers). De niet relevante KGE's zijn voor de emissie-inventaris van weinig belang, want ze huisvesten slechts 0,1% van alle gebouwen, genereren 0,1% van de bruto emissies en zijn verantwoordelijk voor slechts 0,2% van de totale belasting naar het oppervlaktewater.

De KGE-kaart kan via aggregatie omgezet worden tot bijvoorbeeld de kaart met de zuiveringsgebieden. Deze kaart wordt als gebiedsindeling gebruikt bij de productie van de

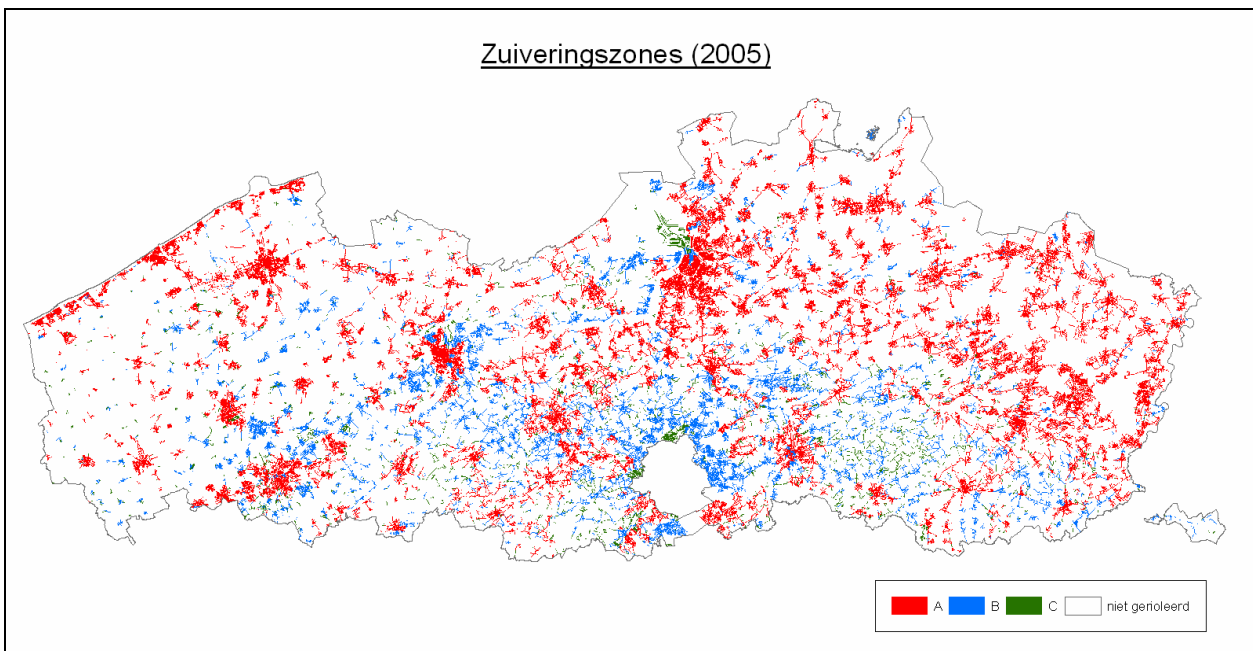
emissiekaarten (zowel bruto als netto). Zo kan onmiddellijk nagegaan worden of hoge effluentwaarden ter hoogte van een RWZI verklaard kunnen worden door de aanwezigheid van een groot zuiveringsgebied.

De KGE-afbakening blijft constant voor de drie referentie jaren.

Invoer 3: de kaart met de zuiveringszones A, B en C

Een gebouw kan zich volgens de zuiveringszonekaart bevinden in zuiveringszone A (zzA), zuiveringszone B (zzB), zuiveringszone C (zzC) of het niet gerioleerd gebied. Emissies die terechtkomen in zzA worden afgevoerd via een rioolstelsel dat aangesloten is op een RWZI. ZzB vertegenwoordigt een gebied waarvan de emissies terechtkomen in een riolering die nog niet gekoppeld is aan een RWZI maar deze zal in de toekomst, via investerings- en subsidiëringsprogramma's, wel gekoppeld worden en dan zzA worden. Emissies in zzC tenslotte komen terecht in een rioolstelsel dat niet gekoppeld is aan een RWZI en ook (nog) niet voorzien is om in de toekomst aan een RWZI gekoppeld te worden. Het bestand met de ruimtelijke verdeling van de zuiveringszones werd geleverd door VMM en bevat de situatie voor de drie referentie jaren. De vorm is zodanig dat het bestaat uit buffers die voor de drie referentie jaren ofwel het kenmerk zzA ofwel zzB ofwel zzC dragen.

Figuur 3.16 geeft een overzicht van de zuiveringszonekaart van 2005, terwijl Figuur 3.17 een detail van de zuiveringszonekaart toont, gesitueerd op de landgebruikkaart ter hoogte van een industriegebied aan het klaverblad van Lummen.



Figuur 3.16: Zuiveringszonekaart van Vlaanderen voor 2005 (Bron: VMM)



Figuur 3.17: Zuiveringszonekaart met de landgebruikkaart op de achtergrond ter hoogte van klaverblad Lummen (lila = industrieterrein)

Tijdens de ontwikkeling van het GIS-model kwamen een aantal aandachtspunten naar voor die om een aangepaste oplossing vroegen. Het betreft met name:

- a) Uitbreiding van de bestaande zuiveringszones;
- b) Toevoegen van zuiveringszone D, het niet gerioleerd gebied;
- c) Validatie van de zuiveringsgraad.

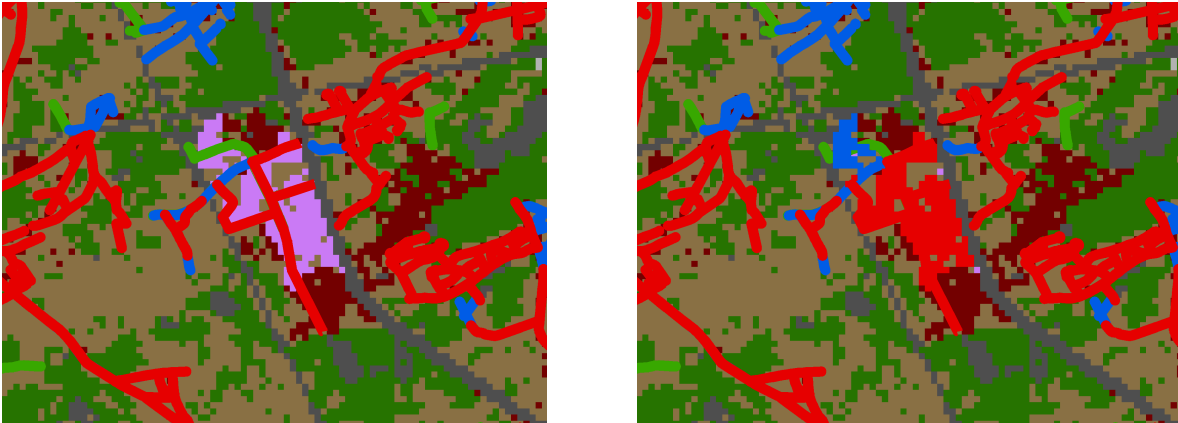
a) Uitbreiding van de bestaande zuiveringszones

Een zuiveringszone is typisch 100m breed, aangezien het gaat om een gebufferd gebied van 50m aan beide zijden van een riolering. Men gaat er dus van uit dat gebouwen gelegen binnen een afstand van 50m aangesloten zijn op de riolering en de rest niet.

Voor woningen bleek uit testen dat deze werkwijze volstond om de aangesloten woningen op een voldoende wijze in de berekeningen te betrekken, maar voor andere gebouwen, die meestal voorkomen in grotere aaneengesloten geografische eenheden, zoals kernsteden en industriegebieden, blijkt deze grens niet zo scherp te zijn. Bijvoorbeeld voor het industriegebied van Figuur 3.17 kan men verwachten dat er meer bedrijven aangesloten zijn dan alleen diegene die op de kaart in de rode zone vallen. Men verwacht dat de bedrijven daartoe zelf een aansluiting aanleggen. Bijgevolg wordt een nieuwe zuiveringszonekaart gemaakt die een uitbreiding van de zuiveringszones inhoudt. De regel die daarbij gehanteerd wordt is dat van zodra een bepaald landgebruik versneden wordt door een zuiveringszone, dat dan het volledige landgebruik deel wordt van deze zuiveringszone. Dit wordt alleen toegepast voor de landgebruiken kernstad, industrie en handel, zeehaven en luchthaven.

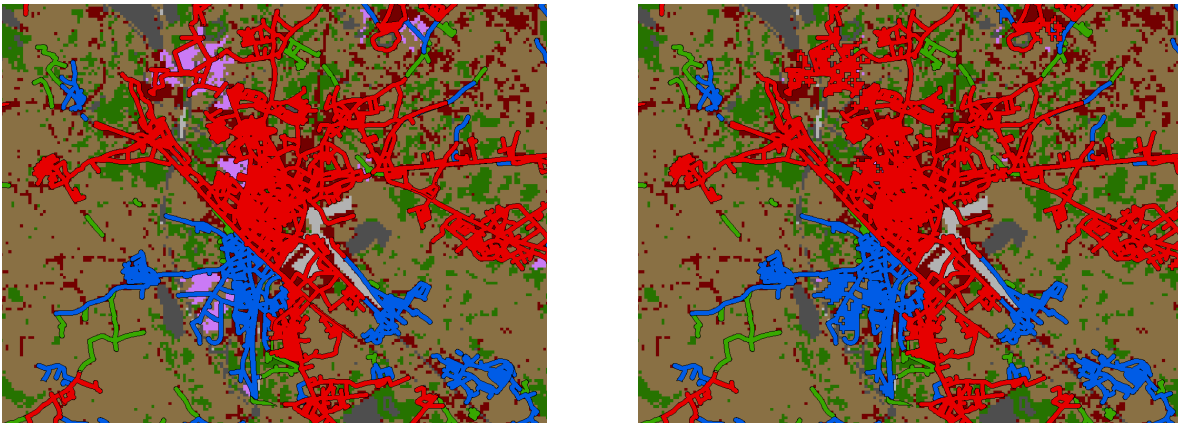
Wanneer een deelgebied gekruist wordt door meerdere zuiveringszones, dan geldt de volgende prioriteitsregel: zzA gaat voor op zzB en zzB gaat voor op zzC.

Figuur 3.18, Figuur 3.19 en Figuur 3.20 geven drie voorbeelden van respectievelijk de originele (links) en de aangepaste (rechts) zuiveringszonekaart.



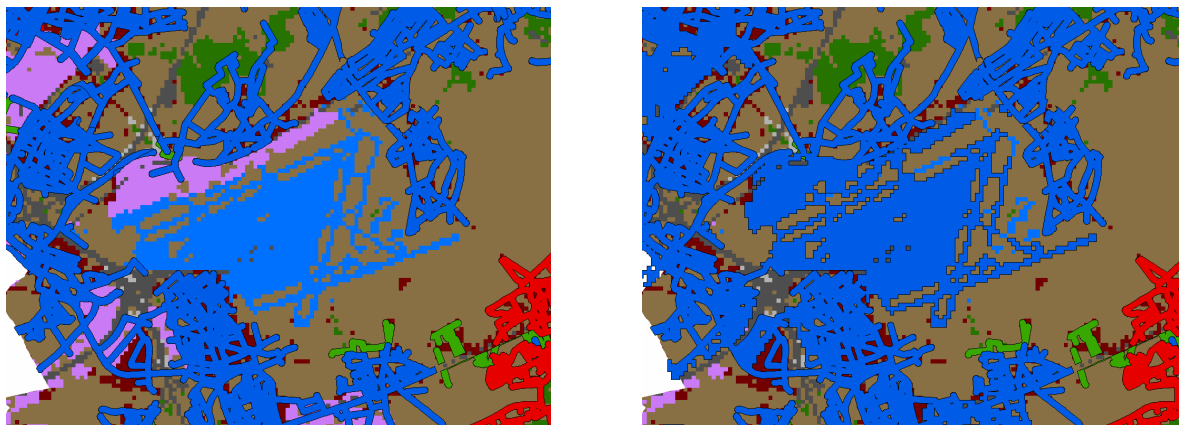
Figuur 3.18: Aanpassing zuiveringszonekaart ter hoogte van het industrieterrein aan het klaverblad van Lummen.

De nieuwe zuiveringszonekaart (rechts) heeft van het industrieterrein (in lila) zzA gemaakt, met uitzondering van de zone in het noordwesten. Deze wordt in de oorspronkelijke kaart gekruist door een zzB en een zzC. De verdringsreeks bepaalt dan dat deze volledig zzB wordt.



Figuur 3.19: Aanpassing zuiveringszonekaart voor de stad Mechelen.

De kernstad en de industriegebieden rond Mechelen worden door de uitbreiding volledig deel van de juiste zuiveringszones.



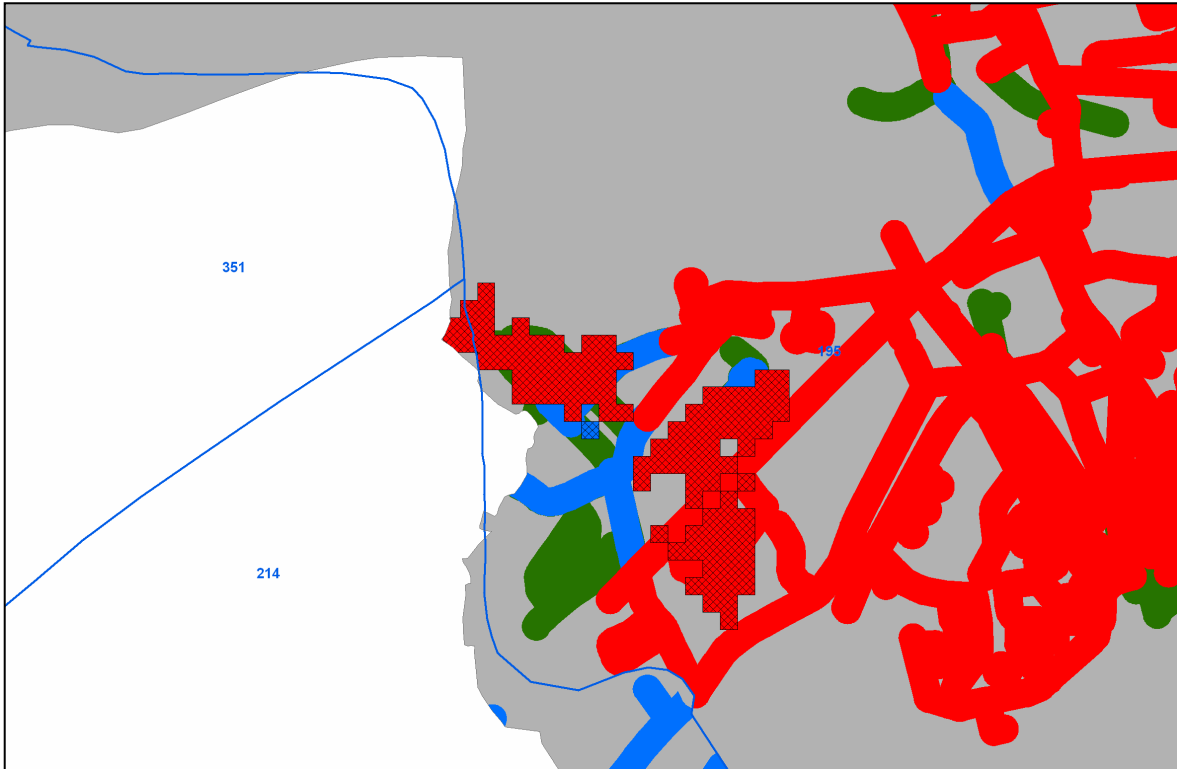
*Figuur 3.20: Aanpassing zuiveringszonekaart voor de luchthaven van Zaventem.
(landgebruik luchthaven = lichtblauw)*

De nieuwe zuiveringszonekaart maakt van het volledige luchthaventerrein zzB. BIAC bevestigt dat dit de reële situatie is.

Een artefact van deze uitbreidingsmethode is dat er nu een zzA kan voorkomen in een zuiveringsgebied zonder actief RWZI. Bijvoorbeeld is dit zo wanneer een deelgebied met landgebruik 'industrie en handel' doorloopt in een zuiveringsgebied zonder zuivering en dat dit zzA wordt door de toepassing van de uitbreidingsregels. Het is in de praktijk echter uitgesloten om een zzA te hebben in een zuiveringsgebied zonder actief RWZI. Bijgevolg wordt in dergelijke situaties de grens van het zuiveringsgebied verlegd (ZVG_ID veranderen) zodat het uitgebreide deelgebied in zijn geheel deel uitmaakt van het naburig zuiveringsgebied met een actief RWZI. Deze correcties gebeuren voorlopig op een niet-geautomatiseerde manier.

Figuur 3.21 demonstreert deze situatie voor de gemeente Deinze. Door de uitbreidingsregel wordt aan de bestaande zzA een groot deel toegevoegd omdat er een aantal 'industrie en handel'-polygoon gekruist worden door zzA. Deze 'industrie en handel'-polygoon worden gearceerd weergegeven op de figuur. De meest noordelijke polygoon ligt op de grens van zuiveringsgebied 195 en 214. Het gevolg is dat door uitbreiding zzA ontstaat in zuiveringsgebied 214, terwijl dit in 2005 geen actieve RWZI bezit. Dit wordt opgelost door het ZVG_ID kenmerk van deze polygoon te veranderen van 214 naar 195.

Voor de haven van Antwerpen (ZVG_ID 407) werd gekozen voor een aparte benadering. Als gevolg van de uitbreidingsregels werd een groot deel van de haven van Antwerpen zuiveringszone A, terwijl dit in werkelijkheid zuiveringszone C is. Het zuiveringsgebied van de Antwerpse haven bevat immers geen RWZI en veel bedrijven doen aan individuele zuivering. De grens van het zuiveringsgebied zou in dit geval drastisch verlegd moeten worden en dit geeft een zeer vertekend beeld van de werkelijkheid. Bijgevolg wordt hier het zuiveringszonekenmerk veranderd van zzA naar zzC, in overeenstemming met de praktijk.



Figuur 3.21: Artefact van de uitbreidingsregel gedemonstreerd voor de gemeente Deinze

b) Toevoegen van zuiveringszone: het niet gerioleerd gebied.

Om de intersectie in het GIS-model optimaal te laten verlopen, moet er een Vlaanderen dekkende zuiveringszonekaart beschikbaar zijn. In deze stap worden de gebieden geselecteerd die nog geen zuiveringszonekenmerk hebben en krijgen deze het kenmerk 'zuiveringszone OppervlakteWater' (zzOW).

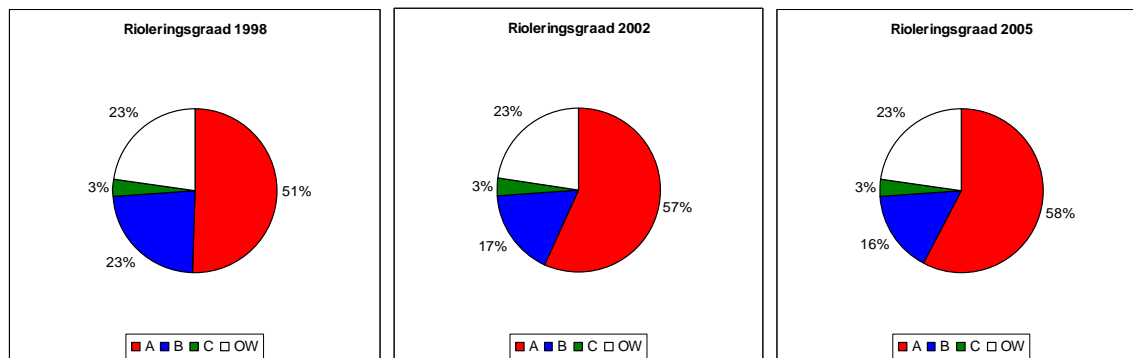
c) Validatie op basis van de indicator 'zuiveringsgraad' en 'rioleringsgraad'

De methodologie voor het uitbreiden van de zuiveringszonekaart werd aanvankelijk opgesteld voor het referentiejaar 2002. Het was mogelijk om enige vorm van validatie uit te voeren wanneer de gebouwdichtheidskaarten gecombineerd werden met deze uitgebreide zuiveringszonekaart. De VMM hanteert de indicatoren 'zuiveringsgraad' en 'rioleringsgraad' die uitdrukken hoeveel procent van de Vlaamse bevolking aangesloten is op respectievelijk een zzA of op een riolering (zzA + zzB + zzC). De berekening ervan steunt eveneens op een aantal aannames, maar het levert een interessant vergelijkingspunt.

Om na te gaan hoeveel mensen er wonen in de verschillende zuiveringszones, moet men de zuiveringszonekaart combineren met de gebouwaantallen voor de bouwtypes huizen en appartementen en vervolgens het aantal inwoners schatten die woonachtig zijn in deze huizen en appartementen. Een eenvoudig regressiemodel, toegepast op de Vlaamse gemeenten voor het jaar 2003, laat veronderstellen dat in een gemiddeld Vlaamse eengezinswoning (type

huis) 2,4 mensen wonen en in een appartement (kan volgens de gehanteerde definitie meerdere woongelegenheden bevatten) 13,9 mensen.

Op die manier kunnen de twee zuiveringsgraden en rioleringsgraden met mekaar vergeleken worden, en dit voor de drie referentie jaren.



Figuur 3.22: Rioleringsgraad 1998, 2002 en 2005 op basis van de uitgebreide zuiveringszonekaart.

De grootste evolutie zit tussen 1998 en 2002, waarbij de zuiveringsgraad stijgt van 51 naar 57%. Het niet gerioleerd gebied blijft een constant aandeel bewaren over de drie jaren, maar dit is eigen aan de manier waarop de zuiveringszonekaart aangeleverd werd door de VMM. Er werden buffers afgebakend die voor de drie referentie jaren ofwel het kenmerk zzA ofwel zzB ofwel zzC dragen. Nergens doet zich bijgevolg de situatie voor dat er een nieuw gerioleerd gebied ontstaat.

Tabel 3.4: Zuiverings- en rioleringsgraad volgens VMM - MIRA

	bron: VMM-MIRA			Fig. 3.22		
	1998	2002	2005	1998	2002	2005
zuiveringsgraad	45,6%	58,2%	64,4%	50,5%	57,0%	57,9%
rioleringsgraad	83,7%	85,6%	86,6%	77,3%	77,3%	77,2%

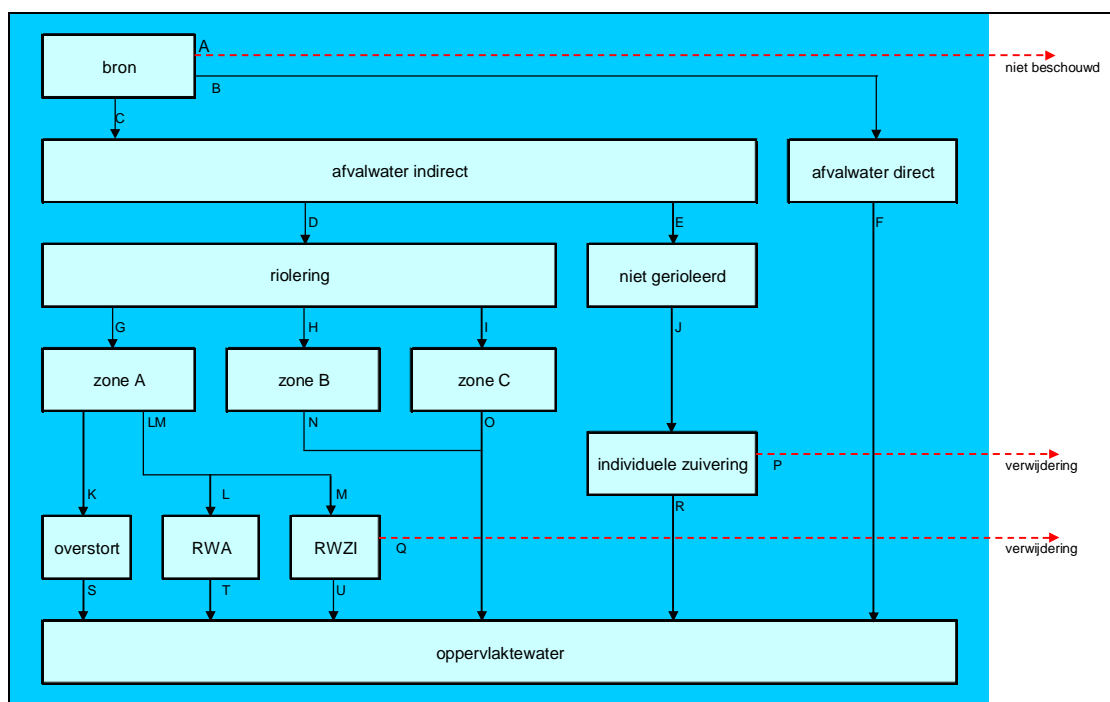
Voor 2002 geldt dat 58,2% van de Vlaamse bevolking aangesloten is op een actief RWZI, m.a.w. woonachtig is in zzA (zie Tabel 3.4). Figuur 3.22 toont de verdeling van de Vlaamse bevolking over de verschillende zuiveringszones volgens het GIS-model. Voor zzA blijkt het om 57% te gaan. Deze benadering werd als voldoende nauwkeurig beschouwd om de gebruikte methodologie verder toe te passen. Voor de andere twee jaren is er een minder goede overeenkomst. Voor 1998 kan dit eveneens verklaard worden door het gebrek aan historische reconstructie van het niet gerioleerd gebied. Zuiveringszone A is hier te optimistisch geschat.

Invoer 4: technische informatie m.b.t. de RWZI's

Deze data zijn afkomstig van de VMM en bevatten voor elk zuiveringsgebied het al dan niet aanwezig zijn van een actief RWZI, de ligging van de RWZI, het zuiveringspercentage voor

Zn, Pb en Cu en het al dan niet voorkomen van een RWA-sraat. De stofstroom ‘RWA’ vertegenwoordigt het deel van het influent ter hoogte van de RWZI dat enkel mechanisch gezuiverd op het oppervlaktewater wordt geloosd. Een RWA-sraat dient ter ontlasting van de RWZI, bijvoorbeeld bij hevige regenval. Voor het jaar 1998 werden 165 actieve RWZI’s gedocumenteerd. In 2002 waren dat er reeds 219 en in 2005 231. In de studie zijn er twee RWZI’s die lozen in het ‘buitenland’ (buiten Vlaanderen), nl. in het zuiveringsgebied Brussel-Zuid (ZVG_ID 225) en Rosières (ZVG_ID 396). In 1998 was alleen RWZI Rosières actief en vanaf 2002 ook RWZI Brussel-Zuid.

In ArcGIS werd stap 2 en stap 3 gemodelleerd met behulp van de ModelBuilder omdat het hier gaat over zeer uitgebreide berekeningen die systematisch en regelmatig moeten herhaald kunnen worden, bijvoorbeeld wanneer nieuwe bruto emissiewaarden worden aangeleverd. Het doorrekenen van de verschillende stofstromen gebeurt aan de hand van het stofstroomschema van de EIW die in Figuur 3.23 wordt voorgesteld. Het schema vraagt een aparte benadering voor de afvoer via hemelwater respectievelijk via het sanitair water.



Figuur 3.23: Stofstroomschema EIW (Bron: Syncera Water bv, 2006)

Afvoer via het hemelwater

Afhankelijk van de ligging van het gebouw op de zuiveringszonekaart zal de bruto emissie toegekend worden aan zzA, zzB, zzC of het niet gerioleerd gebied. Voor bepaalde gebouwtypes is het echter ook mogelijk dat een deel niet afgevoerd wordt op de manier die bepaald wordt door de ligging in een bepaalde zuiveringszone. Zo kan het bij een industrieel gebouw gelegen in zzA bijvoorbeeld voorkomen dat een deel van het water niet opgenomen wordt door de riolering maar rechtstreeks wordt afgevoerd naar het oppervlaktewater. In het stofstroomschema gaat het hier om stofstroom B: ‘Afwalwater direct’. Deze benadering varieert per gebouwtype (Tabel 3.5) en kadert in de verplichting in de vergunning om regenwater af te koppelen van het rioolstelsel.

Tabel 3.5: Toewijzing aan de zuiveringszone per bouwtype voor afvoer via hemelwater.

Gebouwtype	Toewijzing aan de zuiveringszone voor:
Huizen in gesloten bebouwing	100%
Huizen in halfopen bebouwing	100%
Huizen in open bebouwing, hoeven en kastelen	100%
Appartementsgebouwen	100%
Handelshuizen	100%
Industriële gebouwen	75%
Bijgebouwen, inclusief serres	20%
Andere gebouwen	80%

De rest van de emissies gaan via stofstroom C naar 'Afvalwater indirect'. Afhankelijk van de ligging in zzA, zzB, zzC enerzijds of het niet gerioleerd gebied anderzijds zal stofstroom D of E gevolgd worden.

Emissies naar het niet gerioleerd gebied ondergaan volgens het stofstroomschema een individuele zuivering (stofstroom J). Het gaat hier om de zuivering door IBA's (Individuele Behandelingsinstallaties voor Afvalwater) of septische putten. Belangrijk hierbij is te onderstrepen dat de emissies met afvoer via het hemelwater geen individuele zuivering ondergaan. Het is alleen het sanitair afvalwater dat een IBA passeert.

Stofstroom D resulteert in het terechtkomen in de riolering.

Voor de emissies naar zzA geldt dat 4% (cijfer VMM) van de vuilvracht via stofstroom K naar de overstorten gaat. Deze vuilvracht gaat vervolgens via stofstroom S volledig naar het oppervlaktewater. De overige 96% zal via het rioolstelsel worden afgevoerd richting RWZI. Een deel van deze vracht zal via een RWA-straat (stofstroom L) enkel mechanisch gereinigd in het oppervlaktewater terechtkomen (stofstroom T). Het percentage van de vuilvracht dat via de LM stofstroom naar de RWA-straat gaat is RWZI- en metaalafhankelijk. Het is ook mogelijk dat er geen RWA-straat aanwezig is bij de RWZI. Van het overige deel van de vuilvracht naar de RWZI (stofstroom M) zal een deel worden verwijderd uit het afvalwater, afhankelijk van het zuiveringsrendement van de RWZI en het metaal. Het deel van de vuilvracht dat niet verwijderd wordt, zal als effluent van de RWZI in het oppervlaktewater terechtkomen (stofstroom U). Voor de emissies naar zzB en zzC geldt dat de gehele vuilvracht ongezuiverd in het oppervlaktewater terechtkomt via stofstromen N en O. Omdat de lozingspunten van de rioleringen met kenmerk zzB en zzC nog niet gekend zijn, worden deze netto emissies voorlopig nog toegewezen aan de ligging van het gebouw.

Afvoer via het sanitair water

Bruto emissies met afvoer via sanitair water doorlopen over het algemeen hetzelfde stofstroomschema als de bruto emissies met afvoer via het hemelwater.

Ze verschillen op twee belangrijke punten:

- Stofstroom B bestaat niet, 100% van de emissies worden toegekend aan de zuiveringszone waarin het gegenereerd wordt en dit geldt voor alle gebouwtypes.
- Emissies naar het niet gerioleerd gebied ondergaan een individuele zuivering van 50% in de IBA's of septische putten.

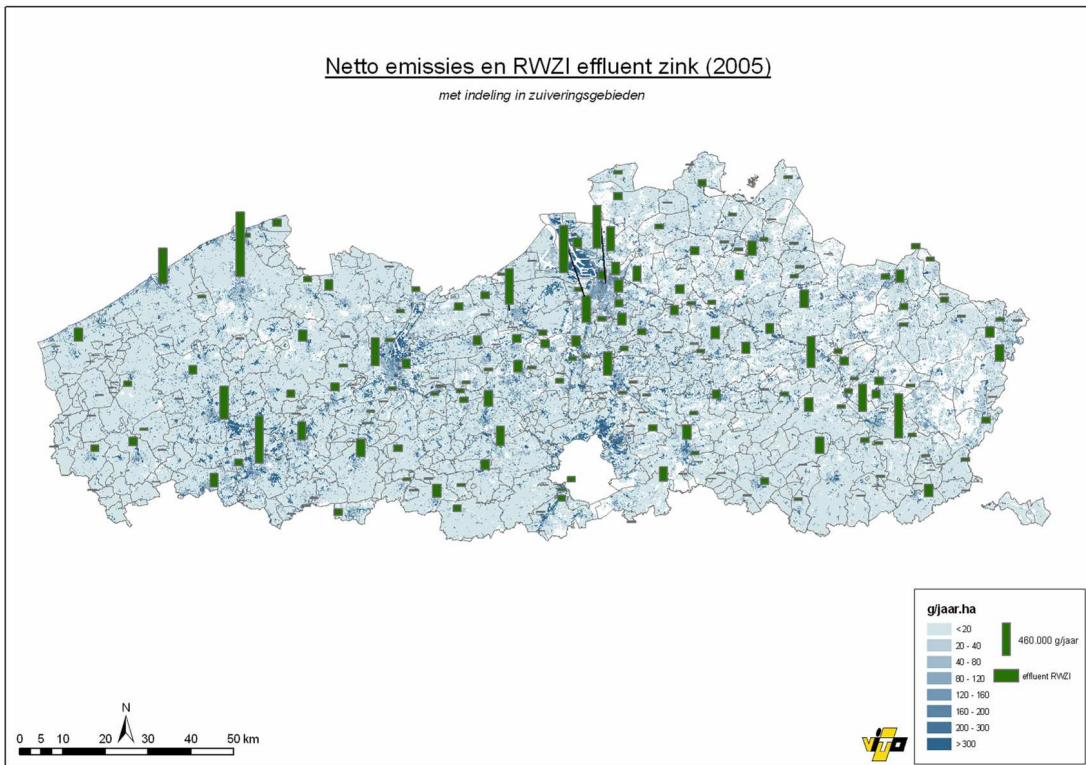
Het doorlopen van dit stofstroomschema voor de twee types van afvoer laat toe om te berekenen hoeveel netto emissie overblijft. Het gaat hier enerzijds om de netto emissie die bij het gebouw zelf terechtkomt (stofstroom N, O, R en F) en anderzijds de netto emissie ter hoogte van de RWZI (stofstroom T en U). Aangezien de exacte geografische locatie van de overstorten momenteel niet beschikbaar is als bruikbaar databestand, wordt stofstroom S opgeteld bij diegene die aan het gebouw zelf terechtkomen. Dit resulteert in drie netto emissiekaarten per metaal (één via hemelwater, één via sanitair en één totaal). De netto emissie die ter hoogte van de RWZI vrijkomt wordt voorgesteld met staven.

Figuur 3.24 toont de totaalkaart voor zink. De andere kaarten kunnen geconstrueerd worden op basis van de bijgeleverde shape-files (bijlage 1).

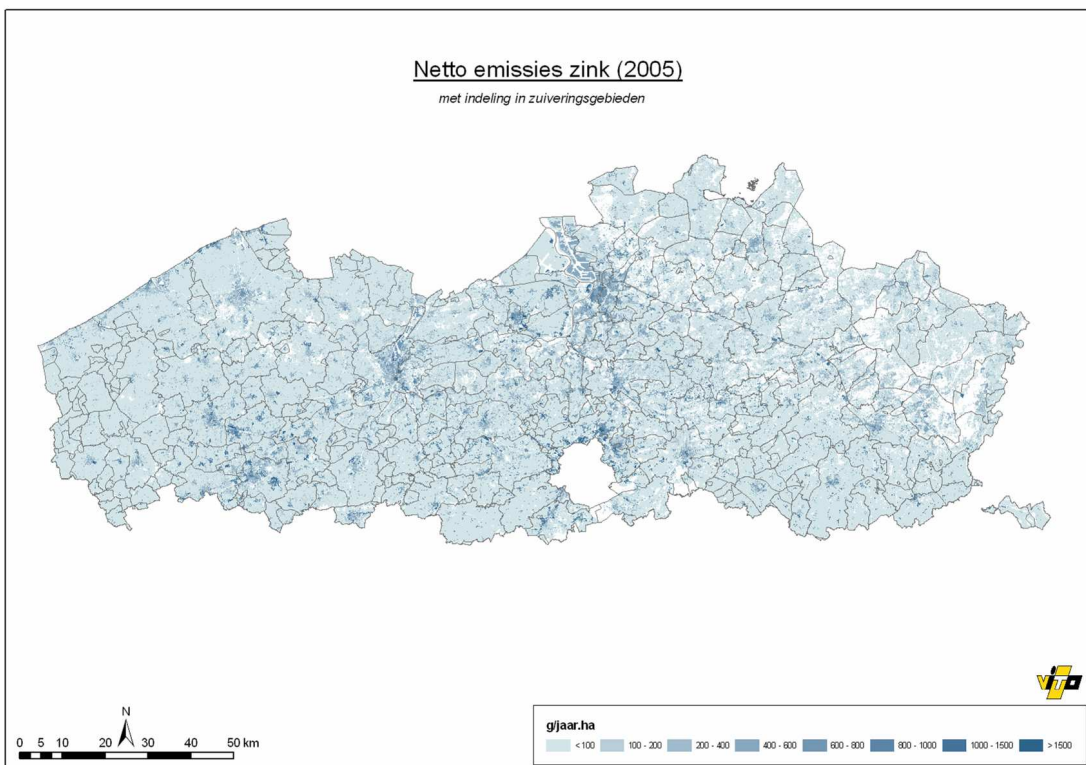
Om een betere vergelijking tussen bruto en netto emissies mogelijk te maken, kan er ook voor gekozen worden om de netto emissies ter hoogte van de RWZI terug te spreiden over de gebieden die deze emissies hebben gegenereerd.

Figuur 3.25 toont hiervan de totaalkaart voor zink voor 2005. Op die manier is de stap naar een verschilanalyse snel gemaakt (zie hoofdstuk 4).

Naast een cartografische weergave kunnen de resultaten van stap drie ook gebruikt worden voor het opstellen van uitgebreide datasheets die per polygoon of per geografisch deelgebied de emissiehoeveelheden weergeven voor alle knooppunten van het stofstroomschema. Het aggregeren per geografisch deelgebied gebeurt in stap 4. Stap 3 eindigt met het aggregeren van de emissies per zuiveringsgebied. De definitie van een zuiveringsgebied maakt dat er hier geen rekening moet gehouden worden met grensoverschrijdende transporten, aangezien emissies die gegenereerd worden door gebouwen gelegen in zzA, afgevoerd en gezuiverd worden door de RWZI die in dit zuiveringsgebied is gelokaliseerd. Er moet wel aandacht besteed worden aan de RWZI's die lozen in het 'buitenland' (=ZVG_ID 225 en 396). Deze effluenten horen niet toe aan Vlaanderen en worden bijgevolg helemaal onderaan in de emissietabellen geplaatst.



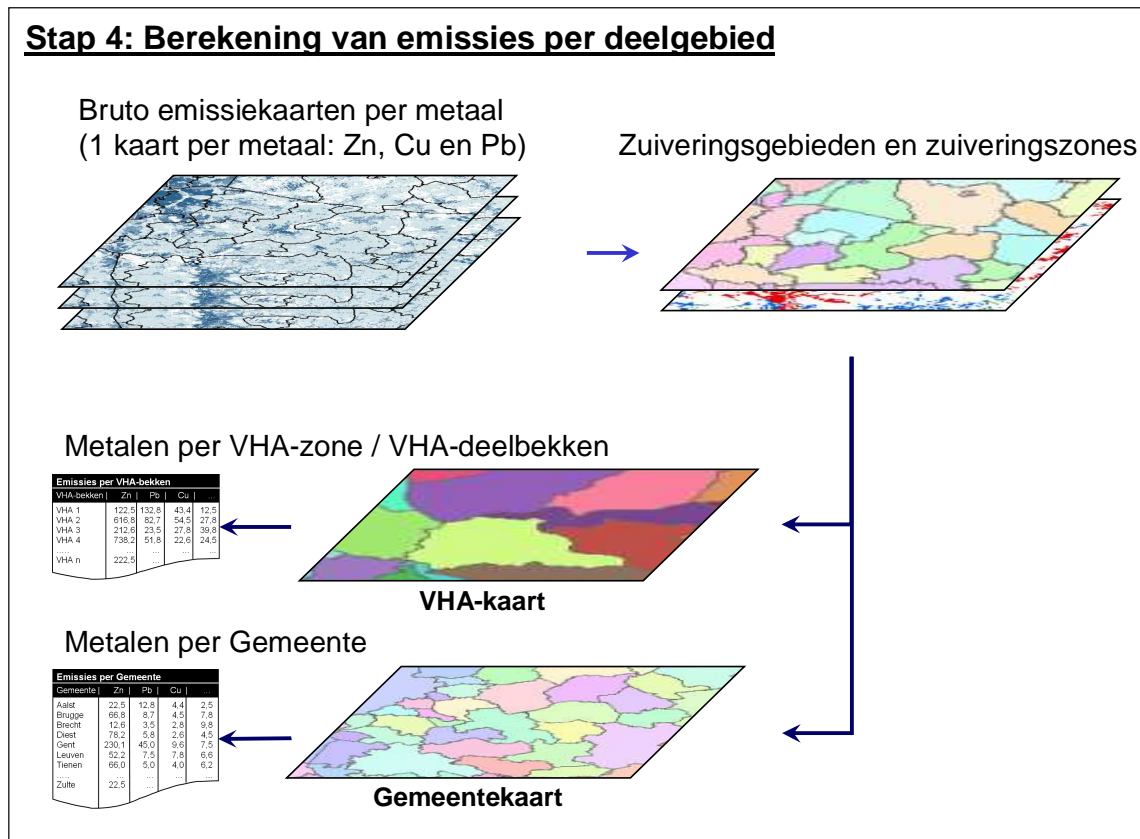
Figuur 3.24: De netto emissiekaart van zink (2005) met de RWZI-effluenten (groene staven)



Figuur 3.25: De netto emissiekaart van zink (2005) met terugrekening van de RWZI-effluenten naar de bron

3.2.4 Stap 4: Berekening van netto emissies per deelgebied

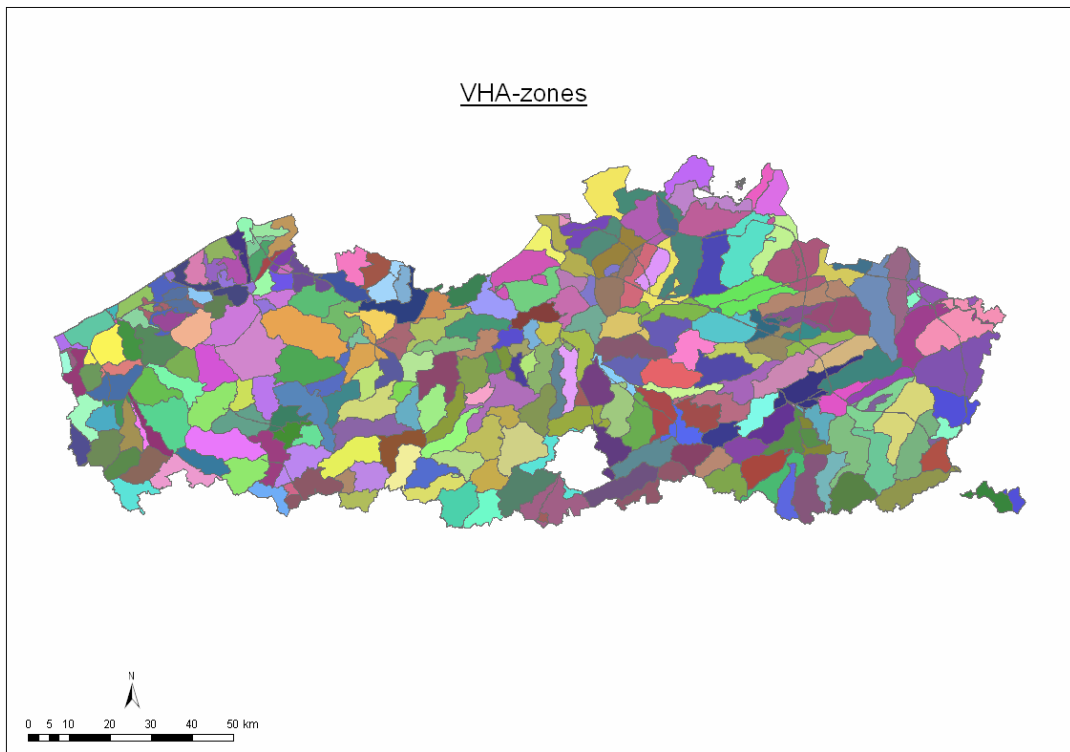
In de studie van 2006 werd nog niet gewerkt met de KGE-kaart. Stap 4 betekende toen het sommeren van de emissies van metalen per gemeente, per VHA-zone en per VHA-deelbekken (zie Figuur 3.26).



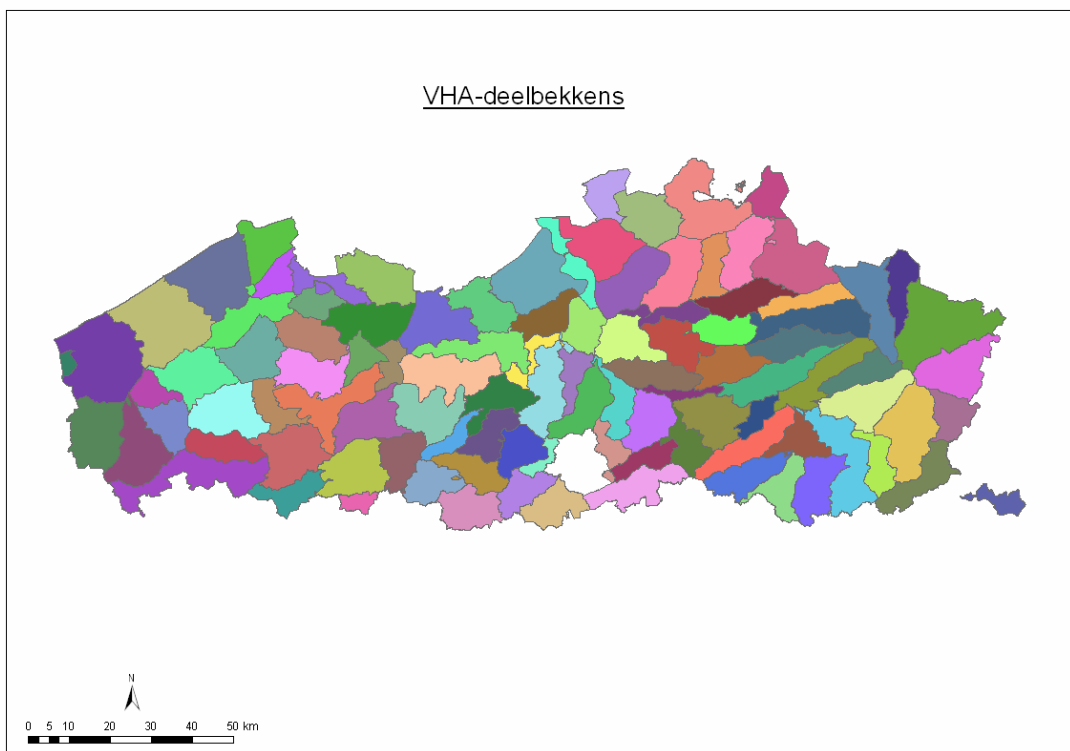
Figuur 3.26: Schematische voorstelling van Stap 4 uit het GIS-model.

Extra invoerbestanden voor Stap 4 waren dan :

- de kaart met de VHA-zones (Figuur 3.27)
- de kaart met de VHA-deelbekkens (Figuur 3.28)



Figuur 3.27: De 264 VHA-zones (Bron: VMM)



Figuur 3.28: De 103 VHA-deelbekkens (Bron: VMM)

In de voorliggende studie werden deze afzonderlijke overlays vermeden door te werken met de KGE-afbakeningen. Deze bevat reeds de afbakening per gemeente, VHA-zone, VHA-deelbekken en zuiveringsgebied. Wanneer een sommatie gemaakt wordt per KGE, dan levert dit een ideaal inputbestand om ook aggregaties te doen per gemeente, VHA-zone en VHA-deelbekken.

Het grote verschil met Stap 3 is dat rekening moet gehouden worden met grensoverschrijdende transporten van emissies. Hier wordt bijvoorbeeld verwezen naar de situatie van een gemeente zonder actief RWZI op haar grondgebied. Deze gemeente zal dan deel uitmaken van een groter zuiveringsgebied waarvan de actieve RWZI gelegen is in een naburige gemeente. Emissies gegenereerd in de eerste gemeente die afgevoerd worden via zzA zullen bijgevolg geloosd worden in een andere gemeente. Dit vraagt om de juiste koppelingen in het GIS-model en om drie extra stofstromen in het stofstroomschema ter hoogte van zzA: stofstroom LM-in, LM-uit en LM-intern:

- LM-in gaat over dat deel van de vracht uit zzA dat afkomstig is van bronnen **buiten** het geselecteerd gebied en dat getransporteerd wordt naar een RWZI, die het effluent **binnen** het geselecteerde gebied naar het oppervlaktewater loost.
- LM-uit is dat deel van de vracht uit zzA dat afkomstig is van bronnen **binnen** het geselecteerd gebied en dat getransporteerd wordt naar een RWZI, die het effluent **buiten** het geselecteerde gebied naar het oppervlaktewater loost (cfr. bovenstaand voorbeeld).
- LM-intern ten slotte handelt over dat deel van de vracht uit zzA dat afkomstig is van bronnen **binnen** het geselecteerd gebied en dat getransporteerd wordt naar een RWZI, die het effluent **binnen** het geselecteerde gebied naar het oppervlaktewater loost.

Stap 4 resulteert in tabellen die per KGE, voor de drie referentie jaren en voor de drie metalen de emissies per knooppunt weergeven. Ook de laatste drie stofstromen (LM-in, LM-uit en LM-intern) worden hierin berekend. Voor deze emissietabellen wordt verwezen naar de Bijlage 3 op de DVD-R.

3.3 Conclusies

Tabel 3.6 geeft de belangrijkste resultaten van het GIS-model na het doorrekenen voor de drie referentie jaren en laat toe om voor gans Vlaanderen de evolutie te bekijken van de bruto en netto emissies tussen 1998 en 2005, en dit voor de drie metalen.

Tabel 3.6: Bruto en netto emissies voor Cu, Pb en Zn, voor 1998, 2002 en 2005.

(ton/jaar)	Cu			Pb			Zn		
	1998	2002	2005	1998	2002	2005	1998	2002	2005
bruto	10,66	10,94	11,03	11,88	12,13	12,22	146,61	149,63	150,99
netto	6,13	5,95	5,97	8,56	8,18	8,17	99,82	94,10	94,26
verwijdering	42%	46%	46%	28%	33%	33%	32%	37%	38%

- Verschil tussen de drie metalen

De emissies van zink tengevolge van de corrosie van bouwmaterialen zijn meer dan 10 x zoveel als de emissies van koper en lood. De emissies van koper en lood hebben dezelfde

grootteorde, maar het verwijderingspercentage voor koper ligt beduidend hoger dan dat van lood.

- Verschil tussen de drie jaren

De bruto emissies stijgen tussen 1998 en 2005, en dit voor de drie metalen. Dit kan vooral verklaard worden door een toename in het aantal gebouwen, omdat de bruto emissiewaarden voor de meeste gebouwtypes gedaald zijn tijdens deze periode.

Het is dan frappant om op te merken dat de netto emissies deze trend niet volgen tussen 1998 en 2002. Dit kan verklaard worden door een sterke verbetering van de zuiveringsinfrastructuur: meer zuiveringszones A of een betere zuivering in de RWZI. Het verwijderingspercentage stijgt tussen 1998 en 2002 met zo'n 4 à 5%, terwijl dit tussen 2002 en 2005 relatief constant blijft.

4 SCENARIO- EN VERSCHILANALYSE

In dit deel wordt aan de hand van een aantal scenario's en verschilkaarten onderzocht in welke mate bepaalde variabelen het eindresultaat, met name de belasting van het oppervlaktewater, beïnvloeden. In de verschilkaarten wordt het totaal beeld geschetst en moeten alle variabelen overwogen worden om mogelijke verschillen te verklaren terwijl bij het uitwerken van een scenario slechts de gevoeligheid van één parameter onderzocht wordt.

Voor de berekening van de bruto- en/of netto-emissies leveren volgende variabelen hun bijdrage:

- het aantal gebouwen voor elk type
- de emissiefactoren bepaald door het WTCB per bouwtype en per metaal en bijgevolg ook de bruto emissiewaarden
- kenmerk van de zuiveringszone (A, B, C of niet gerioleerd)
- zuiveringsrendement van de RWZI en de aanwezigheid van een RWA-straat
- het aandeel van de overstorten
- zuiveringsrendement bij individuele zuivering (IBA's)

In overleg met de VMM werd ervoor gekozen om scenario's uit te werken voor de volgende variabelen en dit voor het referentiejaar 2005, enkel voor het metaal lood:

- de bruto emissiewaarden
- het aandeel van de overstorten
- zuiveringsrendement bij individuele zuivering (IBA's)

De verschilkaarten worden systematisch uitgewerkt voor het metaal lood en het verschil tussen 1998 en 2005 wordt bekeken voor een specifiek zuiveringsgebied en voor gans Vlaanderen.

De keuze om de analyse te concentreren op het metaal lood doet geen afbreuk aan de overdraagbaarheid van de methodologie en de resultaten. Met andere woorden: eenzelfde analyse kan herhaald worden voor de andere metalen en de conclusies zouden erg gelijklopend zijn (uiteraard rekening houdende met het ongelijke belang van de betreffende metalen).

4.1 Scenario's

4.1.1 Scenario 1: Aanpassing in het materiaalgebruik

De invloed van de bruto emissiewaarden op de output van het model wordt onderzocht door het loodgebruik vanaf ±1970 op nul te zetten, zowel voor afvoer via hemelwater als voor afvoer via sanitair water. Concreet betekent dit voor de berekening van de bruto emissiewaarden van lood voor 2005 dat de emissiefactoren aangeleverd door WTCB voor gebouwen jonger dan 30 jaar gelijkgesteld worden aan 0. De andere emissiefactoren blijven ongewijzigd evenals de andere variabelen van het model. Voor een gedetailleerde berekening wordt verwezen naar bijlage 2 op de DVD.

De nieuwe BEW worden geïllustreerd in Tabel 4.1. De BEW veranderen niet voor afvoer via sanitair water voor:

- gans Vlaanderen voor de bijgebouwen wegens geen afvoer via sanitair water
- voor de 'rest van Vlaanderen' voor de woningen en handelshuizen omdat de emissiefactor door WTCB voor de periode jonger dan 30 jaar reeds op nul was vastgelegd (zie Tabel 2.3)

De andere BEW nemen af en variëren tussen 3 en 90% van hun oorspronkelijke waarde.

Tabel 4.1: Nieuwe BEW voor scenario 1

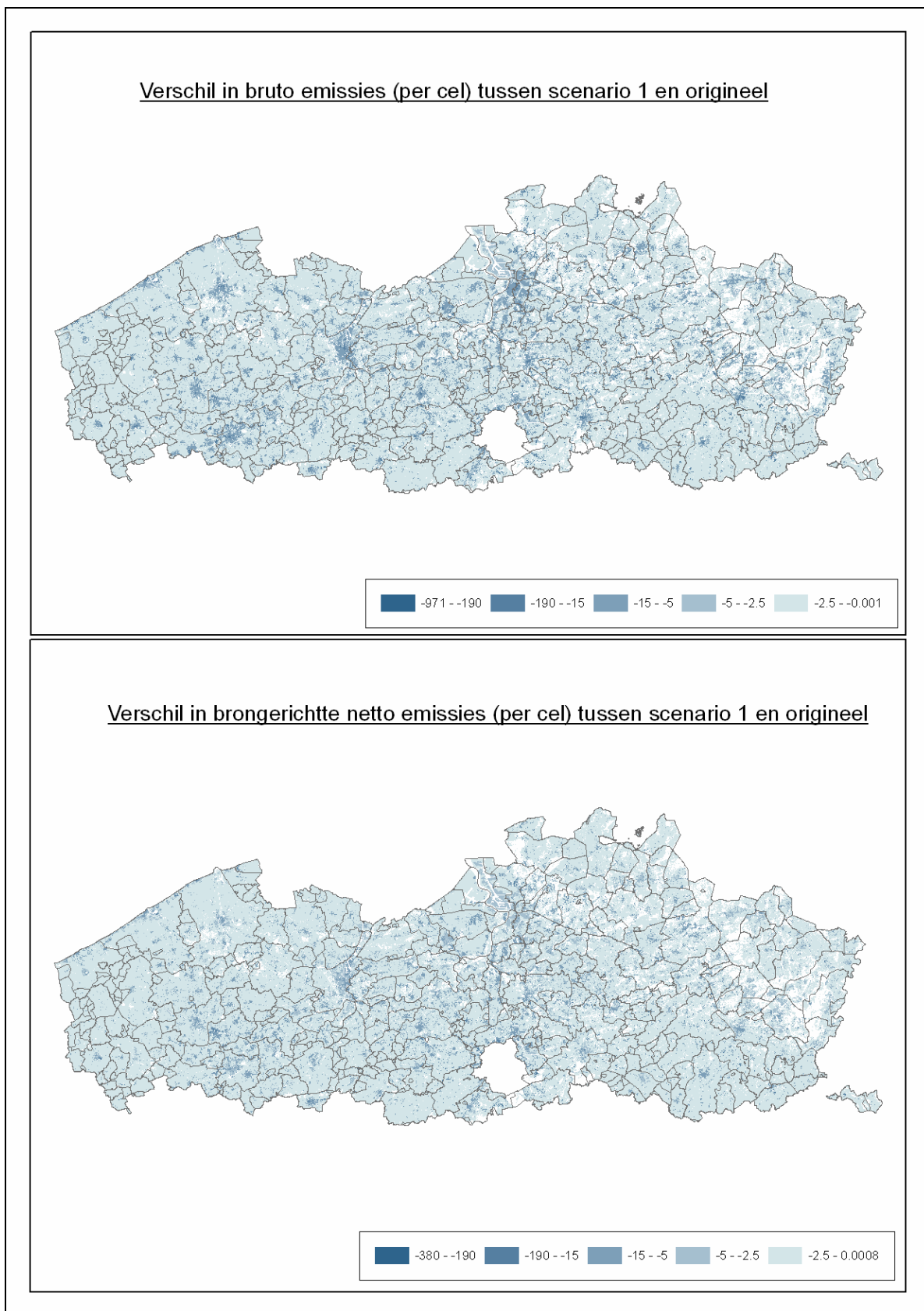
oorspronkelijke BEW	hemelwater	sanitair_A'pen	sanitair_rest	verhouding nieuwe/oude BEW		
gesloten bebouwing	4,236	0,432	0,251			
halfopen bebouwing	4,118	0,411	0,198			
open bebouwing	4,120	0,384	0,125			
appartementen	0,830	0,400	0,127			
handelshuizen	4,195	0,436	0,257			
industriële gebouwen	24,516	4,202	3,855			
bijgebouwen	0,537	0,000	0,000			
andere gebouwen	0,929	7,204	5,907			

nieuwe BEW	hemelwater	sanitair_A'pen	sanitair_rest	hemelwater	sanitair_A'pen	sanitair_rest
gesloten bebouwing	3,646	0,376	0,251	86%	87%	
halfopen bebouwing	2,882	0,291	0,198	70%	71%	
open bebouwing	1,737	0,180	0,125	42%	47%	
appartementen	0,022	0,244	0,127	3%	61%	
handelshuizen	3,632	0,391	0,257	87%	90%	
industriële gebouwen	15,471	2,049	2,265	63%	49%	59%
bijgebouwen	0,272	0,000	0,000	51%		
andere gebouwen	0,729	3,977	3,468	78%	55%	59%

Wanneer de verschillende stappen van het GIS-model worden doorlopen met deze nieuwe BEW, dan verschijnen in alle knooppunten van het stofstroomschema nieuwe vuilvrachten. Voor een gedetailleerde weergave van deze verschillen in elk knooppunt wordt verwezen naar bijlage 4. Tabel 4.2 geeft de verschillen tussen de oorspronkelijke resultaten en deze van scenario 1, voor de knooppunten die zich bevinden enerzijds helemaal aan het begin van het stofstroomschema en anderzijds helemaal op het einde.

Tabel 4.2: Resultaten van scenario 1

(ton/jaar)	oorspronkelijk	scenario 1	verhouding scenario1/oorspronkelijk
bruto emissie hemelwater	10,74	6,88	64%
bruto emissie sanitair	1,48	1,00	68%
bruto emissie totaal	12,22	7,88	65%
netto emissie hemelwater	7,38	4,69	63%
stofstromen S+T+U+N+O+R+F			
netto emissie sanitair	0,79	0,54	68%
stofstromen S+T+U+N+O+R+F			
netto emissie totaal	8,17	5,22	64%
stofstromen S+T+U+N+O+R+F			



Figuur 4.1: Cartografische voorstelling van scenario 1

Figuur 4.1 stelt cartografisch de verschillen voor tussen de oorspronkelijke vuilvrachten en deze van scenario 1. Bovenaan wordt het verschil in bruto emissies uitgedrukt. Overal is het verschil negatief, m.a.w. de bruto emissies van scenario 1 zijn overal kleiner dan deze van het origineel model. Onderaan wordt het verschil in netto emissies geïllustreerd. Het effluent ter hoogte van de RWZI wordt hierbij teruggekoppeld naar de plaats waar de emissies gegenereerd worden, namelijk ter hoogte van de gebouwen. Er werd met dezelfde klassenindeling gewerkt in de legende zodat kan nagegaan worden of de afname bij de bron zich integraal doorzet naar het oppervlaktewater toe.

Voor de gebieden met de grootste verschillen aan de bron blijken deze verschillen zich wat uit te vlakken naar de netto emissies toe.

In absolute cijfers voor gans Vlaanderen toont Tabel 4.2 echter wel dat de trend van een sterke emissiereductie bij de bron zich doorzet in de netto emissies. Bijgevolg kan besloten worden dat de BEW een belangrijke variabele is in het model.

4.1.2 Scenario 2: Overstortpercentage

In dit scenario wordt nagegaan hoe zwaar de inschatting van het overstortpercentage weegt op het eindresultaat.

Door de VMM werd dit percentage op 4% gesteld. Scenario 2 rekt het stofstroomschema door voor een overstortpercentage van 5% en 3%. Tabel 4.3 toont de resultaten van scenario 2 voor de knooppunten waar er een verandering in vuilvracht is opgetreden. Een abstractie wordt hier gemaakt van het onderscheid tussen afvoer via hemelwater en afvoer via sanitair water, er wordt telkens naar de totale vracht gekeken.

Tabel 4.3: Resultaten van scenario 2

(ton/jaar)	3%	4%	5%	3% vs 4%	5% vs 4%
overstort stofstroom K, S	0,20	0,26	0,33	75%	125%
RWA stofstroom L, T	0,32	0,32	0,32	101%	99%
RWZI invoer stofstroom M	6,02	5,95	5,89	101%	99%
RWZI uitvoer stofstroom U	2,14	2,11	2,09	101%	99%
oppervlaktewater stofstromen S+T+U+N+O+R+F	8,13	8,17	8,21	100%	100%
oppervlaktewater bijdrage RWZI stofstroom T+U	2,46	2,43	2,41	101%	99%
oppervlaktewater bijdrage overige stofstroom S+N+O+R+F	5,67	5,74	5,80	99%	101%

Er kan besloten worden dat een verandering van het overstortpercentage met 1% weinig gevolgen heeft voor de belasting naar het oppervlaktewater ('oppervlaktewater, stofstromen S+T+U+N+O+R+F'). Deze blijft nagenoeg constant.

4.1.3 Scenario 3: Individuele zuivering

Scenario 3 rekent het stofstroomschema door met een lagere inschatting van het zuiveringspercentage in het knooppunt 'Individuele zuivering' in de IBA's. VMM stelde een richtwaarde van 50% voorop voor het oorspronkelijk GIS-model. Dit scenario onderzoekt het effect van een aanpassing naar 25% op de vuilvrachten in de verschillende knooppunten. Aan de andere variabelen wordt niets gewijzigd.

Het onderscheid tussen afvoer via hemelwater en afvoer via sanitair water is hier heel belangrijk, aangezien de individuele zuivering alleen van toepassing is op de emissies met afvoer via het sanitair water.

Tabel 4.4: Resultaten van scenario 3

(ton/jaar)	oorspronkelijk	scenario 3	verhouding scenario3/oorspronkelijk
niet gerioleerd hemelwater stofstroom E	2,46	2,46	=
niet gerioleerd sanitair stofstroom E	0,41	0,41	=
niet gerioleerd totaal stofstroom E	2,88	2,88	=
na individuele zuivering hemelwater stofstroom R	2,46	2,46	=
na individuele zuivering sanitair stofstroom R	0,21	0,31	150%
na individuele zuivering totaal stofstroom R	2,67	2,77	104%
oppervlaktewater hemelwater stofstromen S+T+U+N+O+R+F	7,38	7,38	=
oppervlaktewater sanitair stofstromen S+T+U+N+O+R+F	0,79	0,89	113%
oppervlaktewater totaal stofstromen S+T+U+N+O+R+F	8,17	8,27	101%
oppervlaktewater bijdrage overige hemelwater stofstroom S+N+O+R+F	5,25	5,25	=
oppervlaktewater bijdrage overige sanitair stofstroom S+N+O+R+F	0,48	0,59	121%
oppervlaktewater bijdrage overige totaal stofstroom S+N+O+R+F	5,74	5,84	102%

Tabel 4.4 toont de consequenties van een nieuw zuiveringspercentage in de IBA's. Wanneer 25% minder gezuiverd wordt, dan stijgen de netto emissies met afvoer via sanitair water met

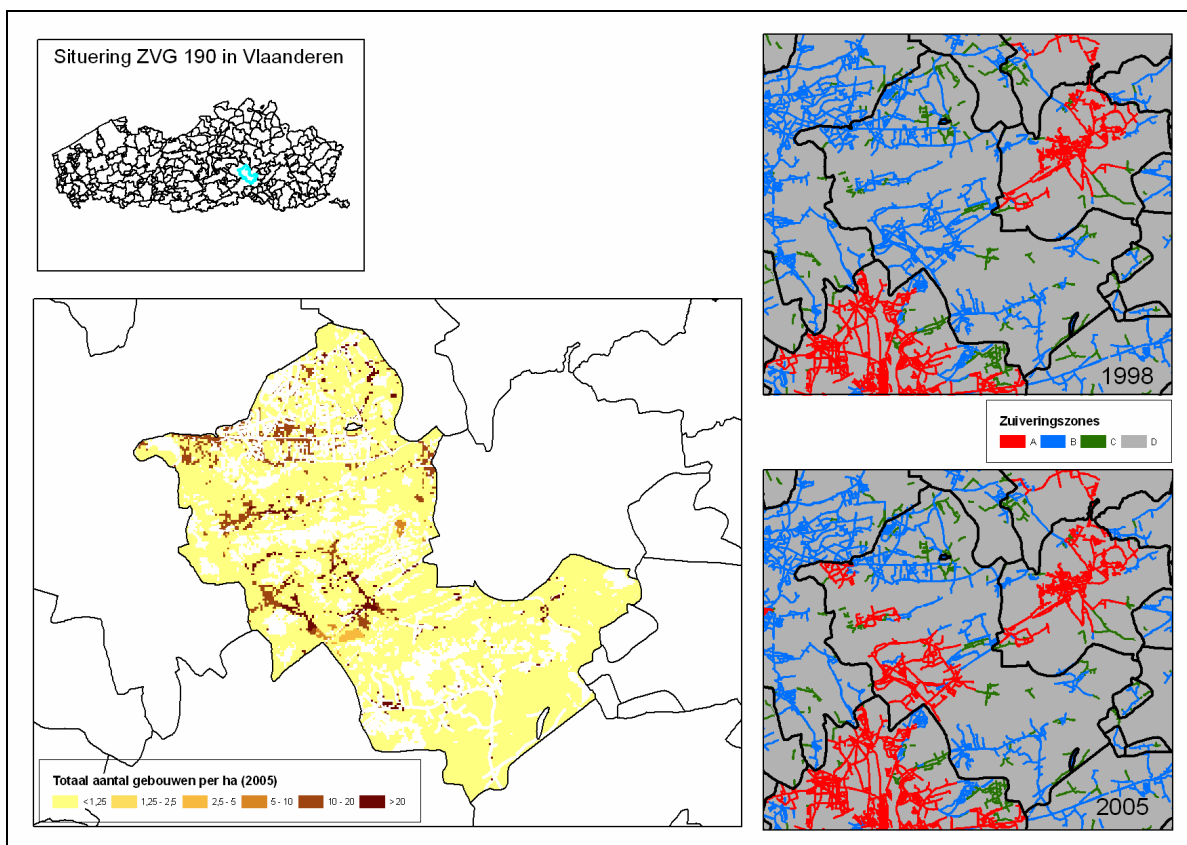
13%. Voor het totaal betekent dit slechts een stijging met 1%, aangezien het aandeel van de emissies die afgevoerd worden via het sanitair water relatief klein is.

4.2 Verschilkaarten

Er werd ook hier gekozen om de analyse te richten op het metaal lood, omdat dit het metaal is waarvan het gebruik de laatste jaren sterk verminderd is door het opleggen van bepaalde bouwreglementeringen, vooral naar waterleidingen toe. Met een verschilanalyse kan onderzocht worden of deze trend merkbaar is. De verschillen worden bekeken voor de periode 1998 – 2005.

4.2.1 Zuiveringsgebied 190

De analyse spitst zich toe op zuiveringsgebied 190 (Rotselaar). De keuze voor dit zuiveringsgebied laat toe om de veranderingen 1998 – 2005 te bekijken voor zuiveringszones A, B, C en het niet gerioleerd gebied. Figuur 4.2 stelt het zuiveringsgebied 190 voor aan de hand van een situering in Vlaanderen, een spreidingskaart van het totaal aantal gebouwen en de zuiveringszonekaart van 1998 en 2005.



Figuur 4.2: Voorstelling van het zuiveringsgebied 190

Een interessante maat om na te gaan wat er veranderd is tussen 1998 en 2005 is de indicator 'quotiënt 2005-1998', gedefinieerd als:

$$\text{quotiënt } 05-98 = \frac{\frac{\text{netto } 2005}{\text{bruto } 2005}}{\frac{\text{netto } 1998}{\text{bruto } 1998}} \quad \text{Equation 4.1}$$

Twee mogelijkheden:

$\frac{\text{netto}}{\text{bruto}} = 1$: Er vindt geen zuivering plaats, want de belasting naar het oppervlaktewater is even groot als de bruto emissies.

$\frac{\text{netto}}{\text{bruto}} < 1$: Er wordt gezuiverd en de verhouding geeft het percentage van de bruto emissies dat niet verwijderd wordt via zuivering.

Wanneer deze verhouding voor de twee jaren ten opzichte van mekaar wordt geplaatst met 2005 in de teller, dan kan nagegaan worden of er een verbetering in het zuiveringsrendement is opgetreden naar 2005 toe.

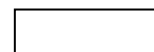
Drie mogelijkheden:

Quotiënt 05-98 < 1 verbetering van het zuiveringsrendement

Quotiënt 05-98 = 1 status-quo

Quotiënt 05-98 > 1 achteruitgang van het zuiveringsrendement

Figuur 4.3



Dit quotiënt toepassen op de polygonen van het zuiveringsgebied 190 levert een goede maat om de veranderingen tussen 1998 en 2005 te analyseren en om op zoek te gaan naar de verschillende oorzaken. Figuur 4.3 situeert de gebieden waar het quotiënt < 1 en waar > 1 (opgedeeld in twee klassen). De witte gebieden hebben waarde 1 en hebben bijgevolg geen verandering ondergaan.

Verklaringen

Quotiënt 05-98 < 1

In het zuiveringsgebied 190 heeft 569 ha, ofwel 7% een verbetering van het zuiveringsrendement ondergaan. De verklaring hiervoor is dat deze gebieden van zuiveringszone B naar zuiveringszone A zijn overgegaan en bijgevolg vanaf nu gezuiverd worden door een RWZI die daarenboven nog een zeer hoge zuiveringsefficiëntie heeft, namelijk 94% voor lood.

Quotiënt 05-98 = 1

Het zuiveringsgebied bestaat voor 1194 ha ofwel 16% uit zones waar geen verandering is opgetreden tussen 1998 en 2005. Het blijkt dat het hier gaat om alle gebieden van het zuiveringsgebied die zuiveringszone B of C zijn. Dit is logisch, omdat het stofstroomschema definieert dat hier op geen enkele manier een verwijdering plaatsvindt.

Quotiënt 05-98 > 1

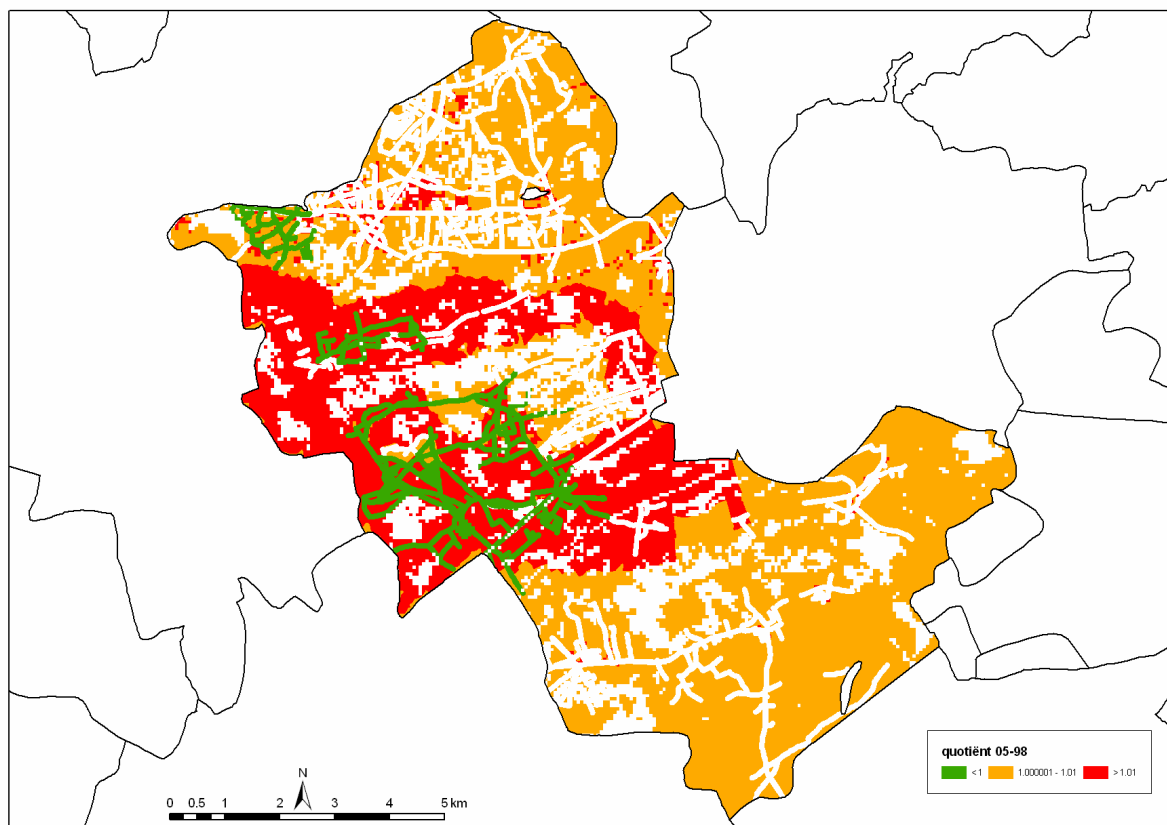
De overblijvende 77% van het zuiveringsgebied kent een achteruitgang van het zuiveringsrendement. Deze gebieden blijken zich allemaal in het niet gerioleerd gebied te bevinden. De enige manier van verwijderen is via individuele zuivering in de IBA's op de emissies die afgevoerd worden via het sanitair water. De verklaring voor deze achteruitgang van het zuiveringsrendement is dat er relatief minder emissies afgevoerd worden via het sanitair water in vergelijking met het hemelwater. Dit komt door een andere verdeling van het gebouwenbestand voor 1998 en voor 2005 en door andere bruto emissiewaarden. Hier zijn de bruto emissiewaarden van lood tussen 1998 en 2005 sterker gedaald voor afvoer via sanitair water dan voor afvoer via hemelwater (zie Tabel 2.10 en Tabel 2.11). Daarnaast kan in het gebouwenbestand het aandeel van de meest belastende bouwtypes (met afvoer via hemelwater) bijvoorbeeld toenemen. Dit alles maakt dat er relatief minder gezuiverd wordt in de IBA's en bijgevolg stijgt de netto/bruto verhouding voor 2005 in vergelijking met deze van 1998.

Deze situatie wordt geconcretiseerd met Tabel 4.5. De gebouwen worden geselecteerd die zich in het oranje-rode gebied van Figuur 4.3 bevinden en het stofstroomschema wordt voor deze gebouwen doorgerekend van bron tot oppervlaktewater (Figuur 3.23).

Het eerste deel van de tabel berekent de bruto emissies per bouwtype, met onderscheid tussen afvoer via hemelwater en sanitair water en dit voor 1998 en 2005. In het tweede deel wordt het stofstroomschema toegepast, voor gebouwen gesitueerd in het niet gerioleerd gebied. De bruto emissie bestaat voor het jaar 1998 voor 84% uit afvoer via hemelwater en voor 16% uit afvoer via sanitair water. Voor het jaar 2005 is deze verhouding: 86% via hemelwater en 14% via sanitair water. Via de stofstroom afvalwater direct gaat in 1998 meer vuilvracht naar het oppervlaktewater dan in 2005. Als dit de enige stofstroom naar het oppervlaktewater zou zijn, dan waren de netto emissies voor 2005 gedaald. Maar de individuele zuivering in de IBA's moet nog in rekening worden gebracht. Deze is alleen van toepassing op de afvoer via het sanitair water, waarvan het relatief aandeel gedaald is. Dit alles maakt dat de netto emissies voor 1998 lager liggen dan deze voor 2005, met een verdeling 92% - 8% voor 1998 en 93% - 7% voor 2005. De netto/bruto verhouding stijgt en zorgt dus voor een quotiënt 05-98 dat groter is dan 1.

Tabel 4.5: Stofstroomschema toegepast op zzOW van het zuiveringsgebied 190

(g/jaar)	1998			2005			Verschil		
	hemelwater	sanitair	totaal	hemelwater	sanitair	totaal	hemelwater	sanitair	totaal
gesloten beb	845	51	897	853	51	904	8	-1	7
halfopen beb	2.834	145	2.978	2.980	143	3.123	146	-1	145
open beb	11.439	388	11.827	12.458	378	12.836	1.019	-10	1.010
appartementen	17	3	20	30	5	34	13	1	14
handelshuizen	549	34	583	513	31	544	-36	-3	-39
industriële geb	1.926	301	2.227	1.897	298	2.195	-29	-3	-32
bijgebouwen	176	0	176	167	0	167	-9	0	-9
andere gebouwen	352	2.421	2.773	338	2.147	2.484	-15	-274	-289
bruto (absoluut)	18.138	3.343	21.481	19.236	3.053	22.289	1.098	-291	808
bruto (relatief)	84%	16%		86%	14%				
afvalwater direct	692		692	675		675	-17		-17
afvalwater indirect	17.445	3.343	20.789	18.561	3.053	21.614			825
individuele zuivering		1.672	1.672		1.526	1.526		-145	-145
netto (absoluut)	18.138	1.672	19.809	19.236	1.526	20.762	1.098	-145	953
netto (relatief)	92%	8%		93%	7%				
netto/bruto	100%	50%	92%	100%	50%	93%			
quotiënt 05-98	1,010								



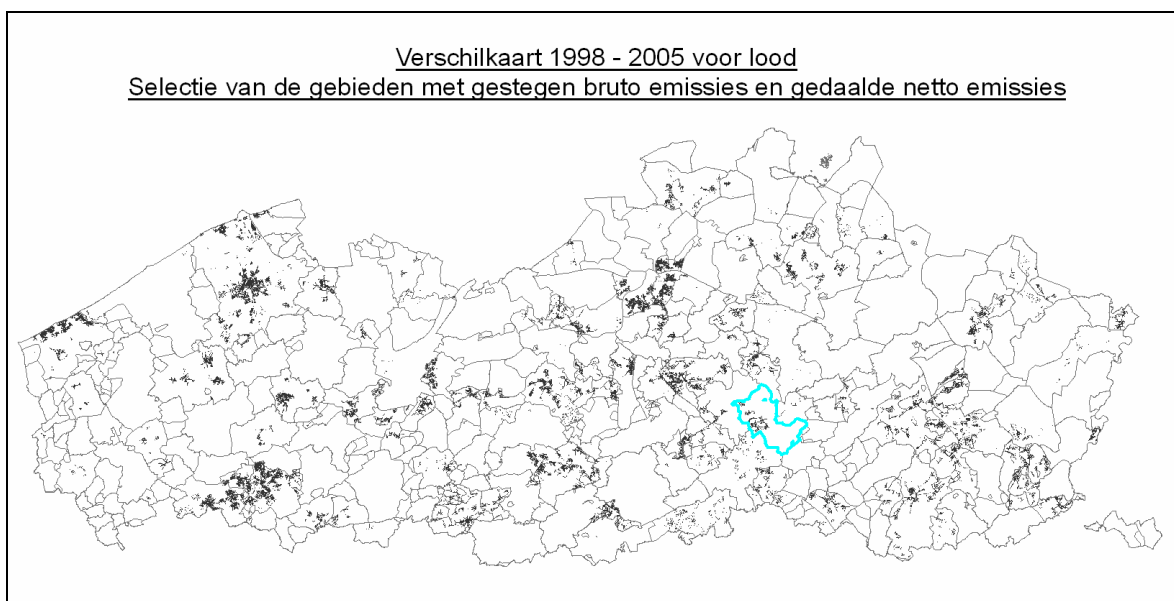
Figuur 4.3: De indicator 'Quotiënt 05-98', toegepast op zuiveringsgebied 190

4.2.2 Vlaanderen

Voor gans Vlaanderen kunnen ook een aantal verschilkaarten gemaakt worden.

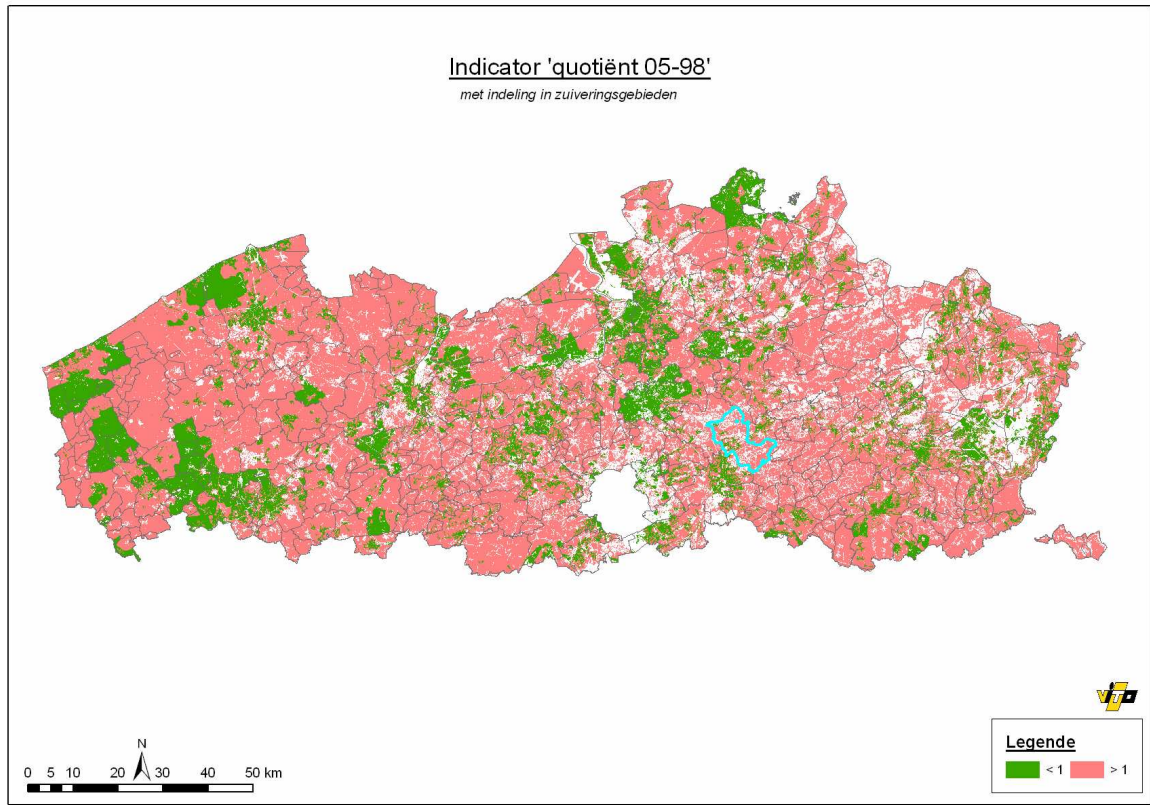
- Bruto emissies toegenomen en netto emissies gedaald

Figuur 4.4 toont de gebieden in Vlaanderen waarvan de bruto emissies van lood gestegen zijn tussen 1998 en 2005 en de netto emissies gedaald. Er zijn hier zeer sterke inspanningen naar zuivering ondernomen om de stijgende emissietrend aan de bron te kunnen doorbreken. Voor het zuiveringsgebied 190 (geselecteerd) zijn de zones te herkennen die op Figuur 4.3 een groene kleur dragen. Voor gans Vlaanderen gaat het om een oppervlakte van 487 km² (3,6%).



Figuur 4.4: Verschilkaart Vlaanderen: gestegen bruto emissies en gedaalde netto emissies

- De indicator ‘Quotiënt 05-98’ toegepast op gans Vlaanderen



Figuur 4.5: De indicator ‘quotiënt 05-98’, toegepast voor gans Vlaanderen

De groene gebieden kennen een verbetering in het zuiveringsrendement tussen 1998 en 2005, de rode een verslechtering en de witte zones zijn status-quo gebleven.

Qua oppervlakte bestrijken de groene gebieden 2263 km² (17% van Vlaanderen) en de rode 8729 km² (64%). De shape-file die deze verschilkaart genereert bevindt zich in bijlage 5.

4.3 Conclusies

Uit de scenario- en verschilanalyse kan besloten worden dat bepaalde variabelen wel degelijk belangrijke consequenties hebben op de modelresultaten en dus als gevoelig gelden. De BEW horen daar alvast bij. Minstens even belangrijk is de conclusie dat het model toelaat om de consequenties van ingrepen, impliciet aan scenario's, te volgen doorheen het stofstroomschema. Voor de evaluatie en afstemming van potentiële beleidsmaatregelen is dat primordiaal. Tenslotte kan uit de uitgevoerde analyses besloten worden dat het model de robuustheidstest doorstaat: het reageert met andere woorden zoals men dat logisch mag verwachten en toont effecten in o.a. het stofstroomschema waar men die moet zien. De waarden liggen daarbij in de verwachte bandbreedtes en kunnen door terugredenering ook samengesteld worden.

5 BESLUITEN EN STAPPEN VOOR VERDER ONDERZOEK

5.1 De analyse van de EVV en de EF

In de studie van 2006 werd door het WTCB een inventaris opgesteld met betrekking tot bouwonderdelen die courant gebruikt worden in de gebouwen in Vlaanderen. Daaruit werd vastgesteld dat zink, koper, lood en aluminium de belangrijkste verontreinigende metalen zijn die door contact met water in het oppervlaktewater terecht kunnen komen.

Om een inschatting te maken van de precieze hoeveelheden van elk van de vier metalen die vrijkomen uit bouwonderdelen in de gebouwschil, werd vooral gebruik gemaakt van cijfers uit de literatuur. Deze laatste zijn vaak ingewonnen uit studies die gebruik maken van (te) eenvoudige proefopstellingen: vlakke metalen plaatjes blootgesteld aan de weerelementen. De realiteit van complexe bouwonderdelen zoals goten en afvoerbuizen is bijgevolg onvoldoende weergegeven. Vaak zijn de experimenten zelf (te) summier gerapporteerd. Om dit euvel deels te verhelpen heeft WTCB in aanvulling op de studies een eigen beperkt meetprogramma opgezet. Metingen werden o.a. uitgevoerd op de concentratie metalen in de dakafvoer alsook de restdikte van zinken dakgoten.

Ook voor sanitaire leidingen werden er emissies afgeleid, waarbij getracht werd rekening te houden met een gemiddeld waterverbruik en een onderscheid in materiaalgebruik al naargelang de regio in Vlaanderen: meer koper in Antwerpen en meer verzinkt staal erbuiten. De afleiding van de emissies bleef echter beperkt tot woningen, kantoorgebouwen en scholen. Bovendien zijn de schattingen eerder aan de ruwe kant omdat ze uitgaan van 'gemiddelde gebouwen' en/of erg kleine steekproeven. De conclusie van WTCB terzake is dan ook dat meer uitgebreide meetcampagnes waarin meer types gebouwen op meer locaties in Vlaanderen van nabij onderzocht worden, aanleiding zouden zijn tot betere inschattingen van de emissiefactoren specifiek voor Vlaanderen.

Het bepalen van emissieverklarende variabelen gebruikmakende van enquêtes onder bouwprofessionals is enkel goed bruikbaar gebleken voor woningen, appartementsgebouwen en bijgebouwen. Desalniettemin bestaat de overtuiging dat de methode tot een vrij goede benadering heeft geleid voor deze bouwtypes. Voor de andere types is de verscheidenheid zo groot dat het moeilijk wordt om over een gemiddeld gebouw te spreken, zeker voor de categorie 'andere gebouwen' die gebouwen groepeerd met totaal verschillende functie, vorm en omvang. Als gevolg zijn de geschatte emissies waarschijnlijk eerder onnauwkeurig. Een beter opdeling in subgroepen, en, een meetcampagne waarin meer gebouwen van elke subgroep op een meer grondige wijze worden geanalyseerd is hier aangewezen om tot meer nauwkeurige cijfers te komen.

Tenslotte is ook een verbetering in de resultaten te verwachten indien de schattingen uitgaande van literatuur en meetcampagnes nauwkeuriger zouden afgewogen worden tegen cijfers die verkregen kunnen worden uit de verkoop van bouwonderdelen, zoniet van hoeveelheden zink, koper, lood en aluminium op de Vlaamse bouwmarkt. De studie heeft hiermee een aanvang gemaakt, maar op deze piste kan verder doorgewerkt worden. Ook analyses m.b.t. de hoeveelheid metaalafval bij de plaatsing, het percentage geplaatst metaal dat niet blootgesteld wordt, de werkelijke levensduur van metalen bouwonderdelen, etc. zijn

weinig aan bod kunnen komen in de studie. Voor dit laatste zou terug een enquête bij bouwprofessionals overwogen kunnen worden.

5.2 Het GIS-model

Bij aanvang van de studie in 2006 werd een methodologie en een bijbehorend GIS-model uitgedokterd dat algemeen inzetbaar zou kunnen zijn voor de analyse van emissies naar het oppervlaktewater van verschillende verontreinigende stoffen (hier: metalen) en voor verschillende sectoren (hier: de sector huisvesting en perceelsinrichting). De resultaten van de studie toonden aan dat althans voor de sector ‘huisvesting en perceelsinrichting’ en voor metalen de methodologie werkt en dat het GIS-model wel degelijk geïmplementeerd kon worden op een standaard platform (PC-platform onder Windows en ArcGIS).

De methode put haar generiek karakter voor een deel aan een opbouw van het model in drie lagen: een eerste laag waarin de bron van de pollutanten wordt gekarteerd, een tweede laag waarin het transport van de pollutanten van de bron tot het oppervlaktewater wordt afgehandeld en tenslotte een derde laag waarin de boekhouding van de stofstromen wordt uitgedijfd en waarin ook syntheses gemaakt worden voor verschillende geografische entiteiten, met name voor de kleinste geografisch eenheden. Ofschoon laag 1 per bron een geëigende studie vereist, zoals de in dit rapport kort beschreven studie van WTCB, zijn de lagen 2 en 3 redelijk generiek en dus van toepassingen op een groter aantal bronnen. Verder werkt de methode op basis van data die bij VMM of andere Vlaamse agentschappen op regelmatige wijze opgebouwd en onderhouden worden. Met name wordt hier verwezen naar de informatie met betrekking tot de rioolstrengen, de zuiveringszones en de RWZI's.

Het model levert data aan die compatibel zijn met de invoer en uitvoer van de Emissie Inventaris Water en het Excel EIW-model dat bij VMM in gebruik is. Het EIW-model beoogt een volledig en synthetisch beeld te schetsen van de emissies naar het oppervlaktewater afkomstig van alle sectoren. Ten opzichte van het EIW-model geeft het GIS-model een aanvullend en duidelijker beeld op de geografische spreiding van de bruto en netto emissies per sector evenals de routes van de stofstromen. De aanpak biedt bijgevolg een duidelijke meerwaarde voor onderzoek naar gebiedspecifieke maatregelen. Indien de GIS-methodologie in aangepaste vorm toegepast zou kunnen worden op alle sectoren die ook in de EIW zijn opgenomen zou men in staat moeten zijn om een totaalbeeld te schetsen van de gedetailleerde geografische spreiding van de bronnen van de emissies en de stofstromen naar het oppervlaktewater. Dit laatste blijft echter te bewijzen in de toekomst.

De flexibiliteit van het model werd deels gedemonstreerd toen laat in het uitvoeringstraject van de studie in 2006 werd voorgesteld om de afvoer van metalen via het hemelwater en deze via het sanitaire water afzonderlijk te modelleren. De rekenkern van het model bleek voldoende generiek van opzet om antwoorden te leveren op deze nieuwe vraag.

De voorliggende studie stelde zich tot doel om, naast een actualisatie van de data voor 2005, de mogelijkheden van het model voor trendanalyse en scenarioanalyse af te tasten. De historische ontwikkelingen in de netto emissies voor de periode 1998-2002-2005 werden van nabij geanalyseerd. De oefening scheidt geen volledig zuiver beeld van de werkelijke ontwikkelingen in de periode bij gebrek aan volledige en accurate datasets voor de drie jaren. Zo wordt, bijvoorbeeld, bij VMM momenteel nog niet geïnvesteerd in het onderhouden van

datasets die de toestand van de rioolstrengen en de zuiveringszones uit het verleden in beeld brengen. Hergebruik van data van de ene periode voor de andere of eenvoudige extrapolaties waren bijgevolg noodzakelijk. Desalniettemin blijkt uit de modelresultaten dat er wel degelijk een reductie is in de belasting van het oppervlaktewater voor alle drie de metalen: het percentage verwijdering stijgt systematisch voor de drie metalen van 1998 tot 2005. De toename in de verwijdering is groter in de periode 1998-2002 dan in 2002-2005. Een en ander verklaart zich met name door het vergroten van de zuiveringszone A ten opzichte van de zuiveringszone B. Bovendien verhoogt ook de efficiëntie van de RWZI's in de loop van de tijd. Indien er minder slib uitspoelt, zullen ook minder metalen het effluent verlaten. Deze technische vooruitgang was meer uitgesproken in de eerste periode (1998-2002) dan in de tweede (2002-2005).

Scenario's kan men formuleren in termen van de aantallen gebouwen, hun spreiding, de bruto emissiewaarden (BEW) van de onderscheiden metalen, de omvang van de zuiveringsgebieden en de zuiveringszones, de efficiëntie van de RWZI's en/of IBA's, etc. Scenario's worden in de praktijk gedefinieerd door de invoergegevens van het model aan te passen, ze in scenario-pakketen te bundelen, door te rekenen en de bekomen resultaten te vergelijken en te analyseren op kaart- of in tabelvorm. In de studie zijn als voorbeeld een aantal scenario's opgesteld en doorgerekend die onmiddellijke beleidsrelevantie hebben. Met name is gekeken naar de effecten van het bannen van lood in de gebouwen. Scenario's ook, die de gevoeligheid van bepaalde aannames op de modelresultaten willen testen, met name de percentages overstort of de zuiveringsrendementen van de IBA's. De resultaten van de scenario-analyse geven duidelijk te kennen dat het model geschikt is voor het uitvoeren van deze taken. Effecten van scenario's zijn zichtbaar op kaart, evenals per knooppunt in tabelvorm. Algemeen valt te concluderen uit de analyses dat het model de resultaten en deelresultaten levert die men logischerwijze ook mag verwachten. Met ander woorden, het model doet waarvoor het gebouwd is op een correcte wijze.

Het bovengestelde mag echter geenszins verhullen dat de methode en het GIS-model voor verbetering vatbaar zijn en dat extra calibratie en validatie daar niet vreemd aan zijn. In een vervolg op dit project is het aangewezen dat er voor elke stap van het model grondig nagekeken wordt of de gebruikte datalagen inderdaad volledig voldoen aan de gestelde kwaliteitseisen en/of er betere en/of meer recente data beschikbaar zijn en/of snel ter beschikking kunnen komen. De bestaande versie van het model kan daarin behulpzaam zijn doordat het inzicht kan verschaffen met betrekking tot de precieze eisen die gesteld worden aan de data. Reeds tijdens het project zelf, en in functie van het model, is er door VMM gewerkt aan kwaliteitsverbetering van datalagen. Bijvoorbeeld is een discussie op gang gebracht met betrekking tot de geografische begrenzing van de zuiveringszones en alternatieve manieren om hiermee om te gaan in het model zelf, maar ook op andere plaatsen in de VMM.

Een verdere vraag die zich stelt is die van de uitbreidbaarheid van de aanpak naar alle andere sectoren en andere verontreinigende stoffen die momenteel deel uitmaken van de EIW. In een andere studie wordt hieraan momenteel gewerkt. Daarop vooruitlopend kan gesteld worden dat het model uitgebreid zou kunnen worden met een aantal deelmodellen die op een vrij generieke wijze kunnen omgaan met:

- stoffen die vrijkomen uit puntbronnen, zoals kwik in de tandartspraktijken;

- stoffen die vrijkomen op netwerken en lijnelementen, zoals metalen uit autobanden op het wegennetwerk;
- transport van water en de erin opgeloste stoffen als gevolg van run-off;
- transport van water en de erin opgeloste stoffen als gevolg van drainage;
- transport van water en de erin opgeloste stoffen via het grondwater.

Per gemodelleerde bron is verder een grondige studie vereist die de emissiefactoren en de emissieverklarende factoren zo zorgvuldig mogelijk tracht in te schatten.

Om een goede aansluiting te verzekeren op het bestaande model kan het aangewezen zijn om deze deelmodellen te ontwikkelen op een resolutie die nauw aansluit bij de 60 x 60 m van het huidige model. Bedoelde uitbreidingen zijn niet eenvoudig. Er bestaan voldoende voorbeelden van modelformuleringen die toegepast kunnen worden, maar de moeilijkheid zal vooral schuilgaan in het vullen van de modelrelaties en modelparameters met de juiste data en dus in de calibratie van de deelmodellen. Een iteratieve aanpak, waarbij het model met steeds meer specifieke en betere data wordt gevoed is hier aangewezen.

Uiteraard wordt het onomstotelijke bewijs van de uitbreidbaarheid pas geleverd door het toepassen van het resulterende model zelf. Maar, de methode biedt naar opzet voldoende flexibiliteit om deze test met succes te doorstaan.

Tenslotte is het zinvol om de gebruiksvriendelijkheid van het bestaande model op te voeren. Voorliggende studie heeft in slechts beperkte mate het model van de studie uit 2006 aangepast op gebruiksvriendelijkheid. De toestand momenteel is die van een operationeel prototype dat vooral bestaat uit een aantal procedures die in ketenverband één na één worden doorgerekend. Gebruiksvriendelijkheid is hierbij nauwelijks aan de orde geweest: de budgettaire ruimte was daartoe ontoereikend en verder waren de bouwers van het model ook meteen de gebruikers waardoor gebruiksvriendelijkheid minder belangrijk is. Het model blijft daardoor redelijk ontransparant in het gebruik. Gewerkt kan dus worden aan het verminderen van het aantal procedures, ze te optimaliseren naar snelheid en geheugengebruik, ze te voorzien van een gebruiksvriendelijke gebruikersinterface, eventueel zelfs het model te hercoderen in een geëigende en in het GIS ingebouwde softwaremodule. Vooraleer er echter beslist wordt om over te gaan tot deze stap is het noodzakelijk om te weten wat het precieze toekomstige gebruik van het model zal worden en wie de gebruikers zullen zijn: wat is hun inhoudelijk inzicht in de materie en wat is hun technische kennis van GIS-georiënteerde modellen en ArcGIS in het bijzonder.

REFERENTIES

G. Engelen, L. Van Esch, L. Janssen, M. Van Holderbeke, J. Provoost, K. De Cuyper en K. Dinne, Kwantificering en verfijning van het aandeel van de diffuse bronnen op de emissies naar oppervlaktewater en in het stedelijk (gerioleerd) gebied. Deel: emissies van metalen te wijten aan corrosie van bouwmaterialen, Vito-rapport 2006/IMS/R/397, Mol, December 2006.

Gallego J. and Peedell, 2001. Using CORINE land cover to map population density. In: Towards agri-environmental indicators, integrating statistical and administrative data with land cover information, European Environment Agency, Topic Report 6, p.94-105.

Liu X., 2004. Dasyetric Mapping with image texture. *ASPRS annual conference proceedings*, Denver, Colorado.

Mennis J., 2003. Generating Surface Models of Population Using Dasyetric Mapping. *The Professional Geographer*, 55(1), p.31-42.

Op 't Eyndt T., Van Valckenborgh J., Sanders J. (2002) Het Bodembedekkings- en bodemgebruiksbestand Vlaanderen 2002, Agentschap voor Geografische Informatie Vlaanderen.

Syncera Water B.V., 2006. Handleiding Emissie-inventaris Water.

Syncera Water B.V., 2005. Emissie-Inventaris Water.

AFKORTINGEN

BEW	Bruto emissie Waarde
EF	EmissieFactor
EIW	Emissie-Inventaris Water
EVV	Emissie Verklarende Variabele
GIS	Geografisch InformatieSysteem
IBA	Individuele Behandelingsinstallatie Afvalwater
RWA	RegenWaterAfvoer
RWZI	RioolWaterZuiveringsInstallatie
VHA	Vlaamse Hydrografische Atlas
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VMM	Vlaamse MilieuMaatschappij
WTCB	Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
zzA	ZuiveringsZone A
zzB	ZuiveringsZone B
zzC	ZuiveringsZone C
zzOW	ZuiveringsZone OppervlakteWater

BEGRIPPEN

Bruto emissie: geeft de hoeveelheid metaal weer die jaarlijks gegenereerd wordt per cel (opsplitsing afvoer hemelwater of sanitair water). Er wordt hier een abstractie gemaakt van de verschillende gebouwtypes.

Bruto emissiewaarde: geeft per gebouwtype voor de twee types van afvoer (hemelwater of sanitair water) aan hoeveel metaal er jaarlijks vrijkomt

Dasymetrische kartering:

Het is een techniek voor ruimtelijke interpolatie die toelaat om gegevens die beschikbaar zijn voor grotere administratieve eenheden te verdelen naar kleinere geografische eenheden met een hogere homogeniteit op basis van een steunkaart. De steunkaart bevat informatie die relevant is om te komen tot een meer accurate geografische verdeling van het gegeven. Men leidt met andere woorden de karakteristieke, meest geëigende lokalisatie van het gegeven af uit de steunkaart terwijl de hoeveelheden die toe te wijzen zijn gehaald worden uit databases per grotere administratief geografische eenheid. In plaats van een uniforme spreiding of dichtheid van gebouwen over het grondgebied van de administratieve eenheid (zoals in een typische choroplethenkaart) verkrijgt men dus een spreiding over de meest relevante locaties.

Emissiefactor: geeft de emissie van een bepaalde stof weer per tijdseenheid en per bron. (naar Syncera, 2005)

Emissieverklarende variabele: is een variabele die per (diffuse) bron wordt vastgesteld. De EVV geeft zo goed mogelijk de bron van de emissie weer. Hierbij wordt rekening gehouden met de beschikbaarheid van informatie om een bron te kunnen kwantificeren. (naar Syncera, 2005)

Netto emissie: geeft de hoeveelheid metaal weer die jaarlijks afgevoerd wordt naar het oppervlaktewater (opsplitsing afvoer hemelwater of sanitair water). Dit is de bruto emissie verminderd met de verwijdering die plaatsvindt in de IBA's/septische putten en de RWZI's.

BIJLAGE

DVD met:

Bijlage 1: shape-files per metaal en per jaar

koper_1998	koper_2002	koper_2005
lood_1998	lood_2002	lood_2005
zink_1998	zink_2002	zink_2005

Bijlage 2: bruto emissiewaarden.xls

Bijlage 3: Emissietabellen per metaal en per jaar

KGE_98_Cu	KGE_02_Cu	KGE_05_Cu
KGE_98_Pb	KGE_02_Pb	KGE_05_Pb
KGE_98_Zn	KGE_02_Zn	KGE_05_Zn

Bijlage 4: Scenario's.xls

Bijlage 5: De indicator 'quotient 05-98' toegepast op Vlaanderen: quotient.shp (met gepaste legende in ArcMap- project quotient.mxd)