

KEYWORDS

Urban metabolism, mapping, spatial translation

CORRESPONDING AUTHOR / CORRESPONDENTIEADRES

Dimitri.Voordedecker@uantwerpen.be; Hans.Leinfelder@kuleuven.be

Stedelijk metabolisme integreren in de ontwerppraktijk: het belang van een grafische voorstelling

Dimitri Voordedecker & Hans Leinfelder

Integrating urban metabolism in design practice: the importance of a graphical representation

 *Ruimte & Maatschappij*, 10 (3), 60-80
© Garant | ISBN 9789401303282 | maart 2019

ABOUT THE AUTHORS

Dimitri Voordedecker is a PhD-researcher at the University of Antwerp and is specialized in the integration of the urban metabolism concept in urban planning and design. He was the laureate of the VRP graduation award in 2017.

Hans Leinfelder is assistant professor at KU Leuven and is specialized in planning policy. He was the supervisor of Dimitri Voordedecker's master dissertation research.

ABSTRACT

The re-introduction of the concept of 'urban metabolism' has the potential to contribute to sustainable urban development. However, the implementation of this concept in planning and design is not so obvious since the abstract and complex representation of urban metabolic flows (such as waste, water, energy, ...) is difficult to be interpreted by urban planners. Especially in Flanders, the urban metabolism concept still knows minor implementation. This article reveals step-by-step the search for a spatially relevant representation of the urban metabolism concept. This search is illustrated through the optimization of water cycles as urban flows in the city of Leuven. The article does not attempt to illustrate a new approach on water management but focuses on the method in order to apply it to other urban metabolic flows.

OVER DE AUTEURS

Dimitri Voordedecker is een doctoraatsonderzoeker aan de Universiteit Antwerpen, gespecialiseerd in het raakvlak tussen stedelijk metabolisme en ruimtelijk ontwerp. In 2017 was hij de laureaat van de VRP afstudeerprijs¹.

Hans Leinfelder is docent aan de KU Leuven, gespecialiseerd in ruimtelijk beleid. Hij was de promotor van Dimitri Voordedecker's masterproefonderzoek.

SAMENVATTING

De herintroductie van het concept van 'stedelijk metabolisme' in de ruimtelijke planning biedt inzichten die kunnen bijdragen aan nieuwe perspectieven voor duurzame ontwikkelingen. Toch is de toepassing van dit concept in de ruimtelijke planning en het ruimtelijk ontwerp niet vanzelfsprekend. De abstracte en complexe weergave van stedelijke stromen (zoals afval, water, energie,...) is hierbij vaak moeilijk toepassing. Dit artikel vormt een stapsgewijs onderzoek naar een ruimtelijk relevante vertaling van het concept stedelijk metabolisme. Dit onderzoek wordt geillustreerd aan de hand van in kaart brengen van watersystemen als stedelijke stromen in de stad Leuven. Hierbij tracht het artikel geen nieuwe visie op waterbeheer te formuleren, maar blijft de focus behouden op de gebruikte toepassingsmethode van het stedelijk metabolisme, met als doel deze toepasbaar te maken voor andere stedelijke stofstromen.

SLEUTELWOORDEN

Stedelijk metabolisme, grafische voorstelling, ruimtelijke vertaling

¹ Dit artikel is gebaseerd op het masterproefonderzoek 'Stedelijk metabolisme als ruimtelijke ontwerp-tool voor de optimalisatie van watercyci' (Voordedecker, 2017).

Inleiding

1. Inzetten op het stedelijk metabolisme in de ruimtelijke planning

Sinds de start van de 21^{ste} eeuw herleefde het reeds veertig jaar oude concept ‘stedelijk metabolisme’ (zie o.a. Adam et al., 2018; Newman, 1999 en Gandy, 2004). In Vlaanderen en Nederland herlanceerde de Internationale Architectuur Biënnale Rotterdam (IABR) in 2014 het begrip opnieuw voor het brede publiek. Stedelijk metabolisme tracht stofstromen (zoals energie, water, afval, biota,...) in kaart te brengen. Het concept heeft haar recente revival te danken aan haar potentie om complexe stedelijke processen vatbaar te maken, wat tot nieuwe inzichten in de werking van verstedelijkte landschappen kan leiden. Toch blijkt de implementatie van dit concept binnen de ruimtelijke planning niet zo vanzelfsprekend, dit door de moeilijke vertaalbaarheid van kwantitatieve data naar materiaal dat interpreteerbaar en bruikbaar is voor ruimtelijk ontwerpers (grafisch materiaal met een duidelijk ruimtelijke neerslag).

Voorliggend artikel bouwt voort op een voorgaand artikel over de nood aan een ruimtelijk relevante vertaalslag van stedelijk metabolisme (Adam et al., 2017). Hierin kwam een verkennend onderzoek naar de diverse grafische voorstellingswijzen van het stedelijk metabolisme aan bod. Recente internationale publicaties (Zhang et al., 2014; Zhang et al., 2015; Tanikawa & Hashimoto, 2010; Vandeweghe & Kennedy, 2008; Pistoni & Bonin, 2017) beklemtonen de noodzaak van een ruimtelijke weergave van stedelijke stofstromen, om zo het stedelijk metabolisme waarbaar te maken voor ruimtelijk planners. Voorliggend artikel doet verslag van eigen, beperkt onderzoek over de concrete implementatie van het stedelijk metabolisme in het ontwerpproces. Het gaat dieper in op de stapsgewijze vertaling van kwantitatieve data naar bruikbaar materiaal voor stedenbouwkundigen en ruimtelijk ontwerpers. Dit onderzoek bevestigt het belang van de grafische vertaling en ruimtelijke neerslag van de stedelijke stofstromen. Het is hierbij van belang om vooraf te benadrukken dat het onderzoek zich, omwille van haalbaarheid, slechts toespitst op één enkele stofstroom: water. Door in dit artikel de gehanteerde methode te analyseren, wordt het gevoerde onderzoek ook relevant voor toepassing op andere stofstromen.

De ruimtelijke ontwikkelingen van de afgelopen drie eeuwen, zowel in Vlaanderen als op wereldschaal, wijzen op het steeds complexer worden van de verstedelijkte ruimte. Binnen de Vlaamse context is de ontwikkeling van de nevelstad duidelijk waarneembaar (Heynen & Gosseye, 2015), en groeide het percentage bebouwde ruimte van 7,2% in 1976 naar 18,3% in 2000 (Poelmans, 2010). De zogenaamde nevelstad blijft echter zowel op ruimtelijk als op procesmatig vlak moeizaam te valten. Hierdoor blijft de nood bestaan aan analyse- en ontwerpmethoden die nieuwe inzichten kunnen ontwikkelen in deze ruimtelijke situatie. Hiervoor wordt onder meer naar het concept van het stedelijk metabolisme gekeken.

Het stedelijk metabolisme zag reeds veertig jaar geleden het levenslicht toen Wolman het concept introduceerde als analysetool voor een hypothetische Amerikaanse stad. Sindsdien werd slechts een beperkt aantal onderzoeken gevoerd, hoewel het aantal studies sinds de jaren 2000 opnieuw toeneemt (samengevat in Kennedy et al., 2010). Dirk Sijmons (2014), curator van de IABR 2014, benadrukte de potenties van het stedelijk metabolisme in het onderzoek naar de verbinding tussen menselijke en natuurlijke processen in verstedelijkte landschappen. Naast Rotterdam raakten op korte tijd steeds meer steden geïnspireerd door het concept. Ook in België is de recente opkomst van het stedelijk metabolisme waarneembaar. Zowel Brussel (Atelier Brussel & Fabric, 2016) als Antwerpen (Team Vlaams Bouwnmeester, 2018) voerden onderzoek naar het stedelijk metabolisme van de stad. Naast deze puntsgewijze experimenten blijft de opzet van een overkoepelend, kader echter afwezig.

2. Optimalisatie van de toepassingsmethode van het stedelijk metabolisme voor ruimtelijke planning

Hedendaagse onderzoeken ontrent het stedelijk metabolisme volgen vaak een geïjkaardige methodologie. Er wordt gestart met een data-analyse die vertaald wordt naar Sankey-diagrammen of stroombewegingen. Deze diagrammen worden vervolgens voor een bepaalde plek grafisch voorgesteld met aandacht voor de ruimtelijke component: snedes, axometriën of kaartmateriaal. De betrokken plek is meestal niet het resultaat van een ruimtelijke analyse van de stofstromen, maar wordt vrij

intuitief of willekeurig gekozen. Tenslotte wordt het materiaal gebruikt om ontwerpvoorstellen uit te werken. Het vertalen van data naar een bruikbare grafische weergave met een ruimtelijke component vormt een essentiële stap. Het zoeken naar grafische voorstellingswijzen tracht de kloof te verkleinen tussen de kwantitatieve analyse enerzijds en de specifieke, meer kwalitatieve eisen van het ruimtelijk ontwerp anderzijds.

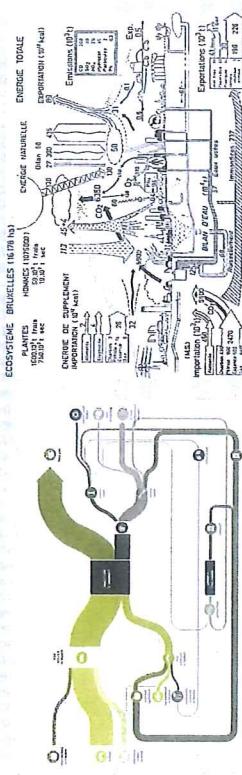
In het eigen onderzoek over watercyccli (Voordeckers, 2017) werd stapsgewijs getracht deze kloof te overbruggen door een sterke focus te leggen op de grafische voorstellingswijzen en de ruimtelijke neerslag van stedelijke stofstromen. Het onderzoek focus op Leuven, een stad met een jarenlange haat-liefde relatie tot de rivier de Dijle. Al meer dan 120 jaar wordt er geworsteld om de overstromingsproblematiek onder controle te krijgen (Geirts & Stevens, 2016). In 2006 werden zo, stroomopwaarts van de stad, twee gecontroleerde overstromingsgebieden gerealiseerd (GOG Dode Bemde en GOG Eindhoven). Deze ingrepen blijken vandaag net voldoende om de waterovervloed bij zware regenval te bufferen. Met klimaatverandering in het achterhoofd zijn bijkomende maatregelen nodig. Het benaderen van het watersysteem als een stedelijk metabolisme systeem biedt een groot potentieel om nieuwe inzichten te verwerven in het Leuvense watersysteem, en op deze wijze te zoeken naar maatregelen die de vertrouwde probleemgerichte aanpak overstijgen.

Het onderzoek vangt aan met het vertalen van data naar stroomdiagrammen (2.1). Deze fase is zeer technisch en biedt weinig aanknopingspunten voor ruimtelijke planning. De resultaten van deze fase wijken dan ook weinig af van deze die worden bekomen door de gekende modellering van hydrologische processen (De Smedt & Batelaan, 2007). De stroomdiagrammen worden vervolgens omgezet naar grafisch kaartmateriaal met een ruimtelijke neerslag (2.2). Deze tweede fase resulteert in een duidelijk ruimtelijke neerslag van voorgaande analyse, waardoor de bruikbaarheid voor ruimtelijke planners vergroot. Zo draagt deze fase uiteindelijk bij tot het localiseren en uitwerken van optimalisatie-concepten voor specifieke locaties (2.3). Hierna worden deze fasen achtereenvolgens besproken. Per fase wordt eerst het algemeen principe van de fase besproken in het omkaderde deel). Deze principes worden vervolgens toegepast op de case study Leuven.

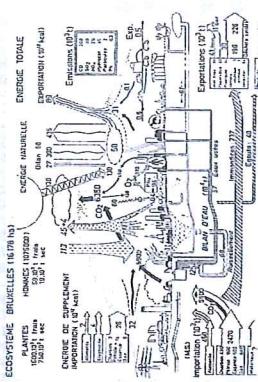
2.1 Van data naar stroomdiagram

Sankey-diagrammen

Sinds het ontstaan van het stedelijk metabolisme wordt er geëxperimenteerd met diverse grafische voorstellingswijzen. Vandaag wordt het stedelijk metabolisme meestal grafisch weergegeven door middel van een Sankey-diagram of stroomdiagram (figuren 1 en 2). Een Sankey-diagram is een visualisatie-instrument voor stofstromen, waarbij verschillende stromen aan elkaar gelinkt worden en waarbij de breedte van iedere stroom proportioneel is met de grootte of kwantiteit (Matzange, 2015). Deze voorstelling is vaak analytisch sterk, maar bezit een abstractie en een a-ruimtelijk karakter die voor weinigen (ook ruimtelijk planners) bevattelijk is.



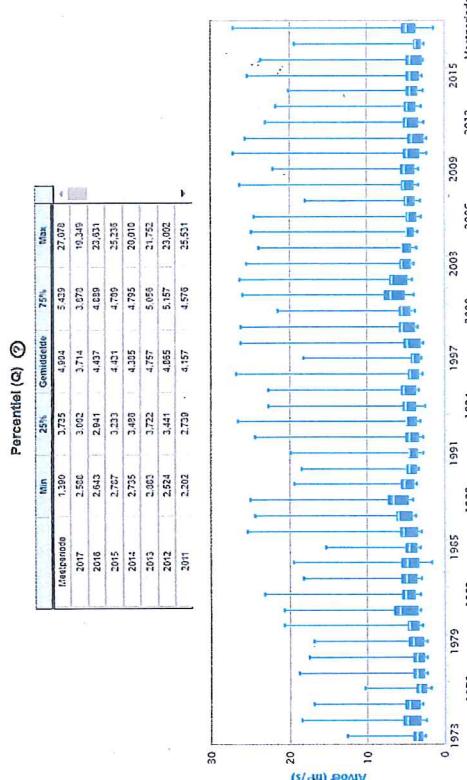
FIGUUR 1. Het stedelijk metabolisme van Brussel in het begin van de jaren 1970 (Duvignaud & Deneyer-De Smet, 1977)



FIGUUR 2. Sankey-diagram van de stofstroom organisch afval in Brussel (Atelier Brussels & FABRIC, 2016)

In het kader van het onderzoek werden de watercyccli in Leuven op eenzelfde manier in beeld gebracht. Van het watersysteem werden zowel de stedelijke component (o.a. drinkwatervoorziening, proceswater, afvalwater,...) als de natuurlijke component (rivier, afstromend hemelwater, overstromingsgebieden,...) geanalyseerd. Data van de Vlaamse Milieumaatschappij (VMM) en de Waterschap vormden de kwantitatieve input voor de grootteordens van de stofstromen (fig. 2), maar deze vertelden verder weinig over de ruimtelijke impact of systemische werking.

In de meeste hedendaagse projecten duiken kaarten en stroomdiagrammen plots op, zonder dat de lezer te weten komt hoe deze zijn opgebouwd. Hierin ligt dan ook de sterke van het artikel: er wordt getracht gedetailleerd en stapsgewijs in kaart te brengen hoe het stedelijk metabolisme toegepast kan worden, om zo ook de toepasbaarheid



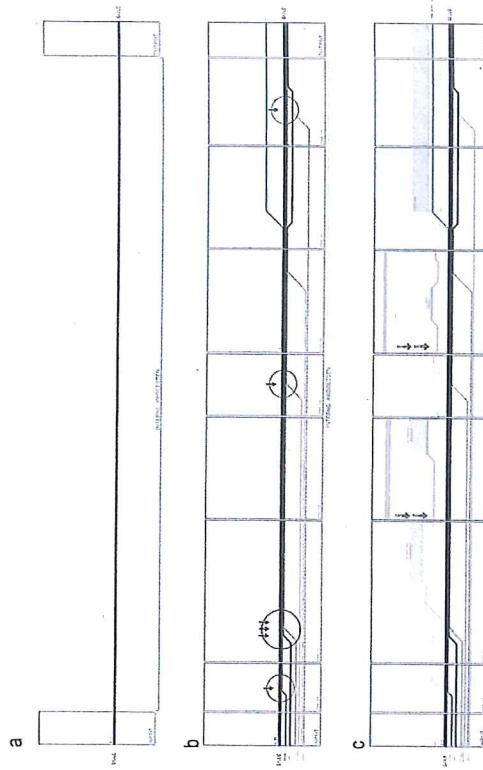
FIGUUR 3. Data meetstation Sint-Joris-Weert/Dijle (L08_098): Percentielen van stromedebieten van de Dijle. (opgehaald van www.watertinfo.be)

mogelijk te vergroten. De vertalingen van de data naar een stroomdiagram wordt vervolgens stapsgewijs weergegeven in drie fasen (zie figuur 4). In een eerste fase werden de drie basiselementen weergegeven, zichtbaar in figuur 4a: (1) de inputzone met alle elementen die input geven aan het systeem, (2) een zone voor interne processen waarbij verschillende stromen samenkomen en elkaar beïnvloeden, en (3) de outputzone die toont welke stromen resulteren in een output uit het systeem. Om een ruimtelijke factor toe te voegen aan het Sankey-diagram werd de primaire stroom centraal gesteld als basiselement (weergegeven in het zwart in het stroomdiagram). Deze wordt, voor het natuurlijke watersysteem, gevormd door de Dijle, die een oorspronkelijk stroomdebit van gemiddeld 4 m³/s bezit (La Rivière, 2006). Zoals zichtbaar in figuur 4 zorgt deze basisstroom voor een input in het systeem, heeft ze eveneens een basisrol voor het koppelen van de interne processen en resulteert ze ook in een output van het systeem.

Vervolgens werd de verdere input van het systeem in beeld gebracht. Figuur 4b geeft de input van de zijrivieren en beken binnen het systeem van de Dijle weer. Aan de inputzone (links) van het diagram bevinden zich de verschillende zijrivieren en beken met hun stroomdebit.² De totale input van zijrivieren en beken bedraagt 3.9 m³

² Nethen (0.9 naар 4.4 m³/s), Laan (1.6 naар 5.7 m³/s), IJse (0.4 naар 6.5 m³/s), Vaalbeek (0.1 naар 0.9 m³/s), Molenbeek (0.3 naар 2.4 m³/s), Voer (0.4 naар 3.8 m³/s) en Leibeeck (0.2 naар 2 m³/s).

per seconde, wat ongeveer gelijk is aan het gemiddelde stroomdebit van de Dijle (4 m³/s). Binnen de natuurlijke watercyclus is ook de input van afstromend hemelwater van belang. Voor de afbakening en berekening van de afstromingsgebieden werd gebruik gemaakt van de afstromingskaart (beschikbaar op geopunt). De zoning van afstromingsgebieden werd vervolgens mee aangeduid op het stroomdiagram door middel van kaders die per zone de afbakening weergeven (zie figuur 4b).

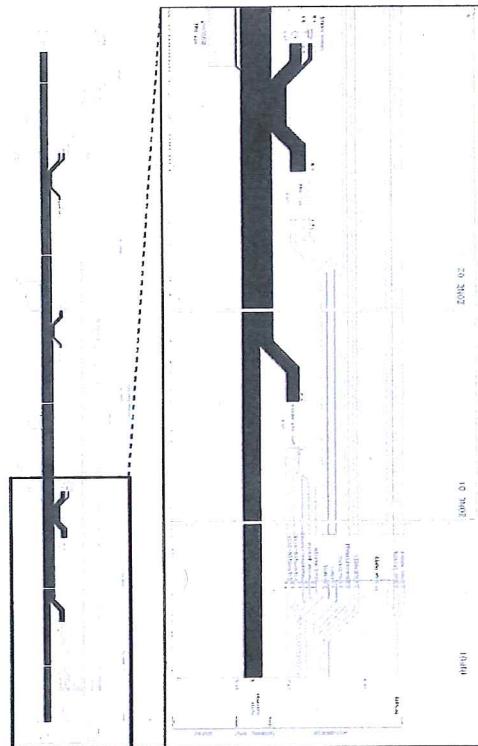


FIGUUR 4. Opbouw van het Sankey-diagram voor het natuurlijk watersysteem in Leuven met: (a) weergave basisstroom (Dijle) en bijhorend debiet, (b) toevloeiing afstromingsgebieden, zijrivieren en bijhorende debieten en (c) toevloeiing piekdebieten, gecontroleerde overstroomingsgebieden en hun buffervolume.

² Nethen (0.9 naар 4.4 m³/s), Laan (1.6 naар 5.7 m³/s), IJse (0.4 naар 6.5 m³/s), Vaalbeek (0.1 naар 0.9 m³/s), Molenbeek (0.3 naар 2.4 m³/s), Voer (0.4 naар 3.8 m³/s) en Leibeeck (0.2 naар 2 m³/s).

Deze sterke vergroting benadrukt de invloed van neerslag op het gehele natuurlijke watersysteem. In zones twee en drie wordt het doorstroomdegebiet van de Dijle door middel van knijpconstructies teruggeschroefd naar 19 m³/s. Het overtollige water wordt gebufferd in de gecontroleerde overstromingsgebieden (GOG). Doode Beemde en Eghenhoven. Het GOG Doode Beemde heeft een totale buffercapaciteit van ongeveer 2.165.000 m³ en het GOG van Eghenhoven ongeveer 800.000 m³ (Integraal waterbeleid, 2013). Wanneer de buffercapaciteit overschreden wordt, wordt een groter stroomgebied door Leuven gelaten. Dit is tot op heden nog niet voorgekomen. Figuur 4c geeft tot slot het volledige Sankey-diagram van de natuurlijke watercyclus weer. De impact van hemelwater is duidelijk afleesbaar in het diagram. Deze input kan leiden tot een vervijfoudiging van het gemiddelde stroomdegebiet van de Dijle.

Hetzelfde principe werd vervolgens ook toegepast voor de stedelijke watercyclus. Hier vormde het drinkwaternetwerk de basisdrager, waarbij verschillende waterproductiecentra (WPC) input geven aan het systeem⁴. Binnen Leuven wordt er in totaal (WPC HAC + WPC Herent + WPC Vlierbeek) 12.600 m³/dag aan drinkwater geproduceerd. Aangezien de totale drinkwatervraag in Leuven 20.000 m³/dag bedraagt, vervijfoudigen van het gemiddelde stroomdegebiet van de Dijle.



FIGUUR 5. Stroomdiagram van de stedelijke watercyclus in Leuven (Voordedekers, 2017)

betekent dit dus dat 7.400 m³/dag geïmporteerd wordt vanuit Wallonië. (H. Hulpiau, persoonlijke communicatie, 8 maart, 2017). De verschillende zones in het stroomdiagram (fig. 5) representeren de registreronzones⁵ van ieder WPC. Het waterverbruik per registrerzone werd ingeschat, waarbij het totale verbruik van 20.000 m³/dag hoofdzakelijk wordt bepaald door huishoudens (3/4) en industrie (1/4) (H. Hulpiau, persoonlijke communicatie, 8 maart 2017). Binnen zone 2 wordt zo bijvoorbeeld 7.900 m³/d aan afvalwater geproduceerd. Het afvalwater wordt vervolgens getransporteerd naar rioolwaterzuiveringsinstallaties (RWZI Leuven en RWZI Bierbeek), die samen een debiet van 24.100 m³/dag aan gezien water leveren in de Dijle.

De stroomdiagrammen geven een eerste impressie van de grootteorde en systemische werking van beide watercyclici. Toch bezitten ze nog een grote complexiteit en vormen ze slechts een abstracte weergave van de verschillende stromen. Bij de stroomdiagrammen moet eveneens opgemerkt worden dat deze, door het beperkte tijdsbestek van het onderzoek, niet afgeloeft werden met hydrografische modelleringen en deze ook niet trachten te evenaren. In het kader van dit artikel is nauwkeurigheid echter minder van belang, aangezien de klemtouw ligt op het vertalen van data naar een relevante voorstellingswijze. Om het geanalyseerde materiaal bruikbaar te maken voor ruimtelijk ontwerp diende een ruimtelijke factor toegevoegd te worden. In de analyse gebeurde dit door gebruik te maken van verschillende zones (afstromingszones van hemelwater in de natuurlijke watercyclus en registratiezones van waterproductiecentra in de stedelijke watercyclus). Toch bleef de ruimtelijke link abstract.

2.2 Van stroomdiagram naar ruimtelijke vertaling

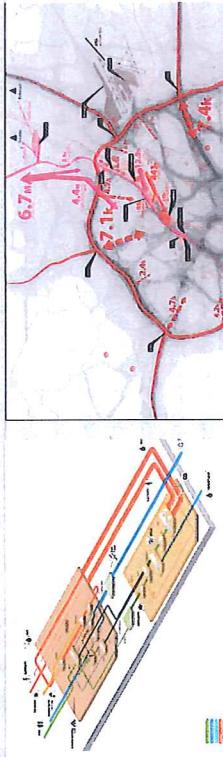
Ruimtelijke weergave van het stedelijk metabolisme

Holmes & Pincetl (2012) stellen dat, om de abstractheid te overbruggen, een ruimtelijk relevante vertaling onontbeerlijk is waarbij de stedelijke stofstromen gekoppeld worden aan ruimtelijke dragers. Ontwerp- en onderzoeks bureaus zoals Superuse Studios en .Fabric zetten vandaag reeds in op de ruimtelijke vertaalslag van de complexe stroomdiagrammen. Hierbij wordt steeds getracht een ruimtelijke component te koppelen aan de kwantitatieve informatie uit de stroomdiagrammen via kaartmateriaal, snedes en 3D-visualisaties. In 2013 testte Superuse Studios nieuwe visualisatietechnieken uit die de processen, volumes en organisa-

⁴ (WPC) 'Het Broek' van 5800 m³/dag, WPC HAC van 8800 m³/dag, WPC Herent van 1900 m³/dag en WPC Vlierbeek van 1900 m³/dag.

⁵ Bebouwde zone waaraan het WPC drinkwater levert.

tie van bedrijven illustreren⁶. Zelfs met een 3D component in het stroomdiagram blijft het een zeer abstracte weergave.

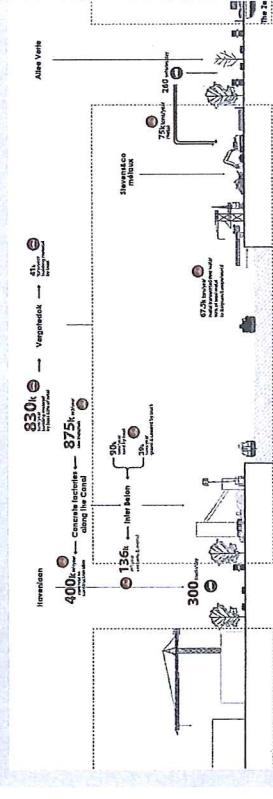


FIGUUR 6. 3D-visualisatie van een stroomdiagram (Superuse Studios, 2013)



FIGUUR 7. Bouwafval van Brussel, in kaart (Atelier Brussels & .FABRIC, 2016)

FIGUUR 8. Stedelijk metabolisme van Rotterdam, in kaart. (.FABRIC, 2014)



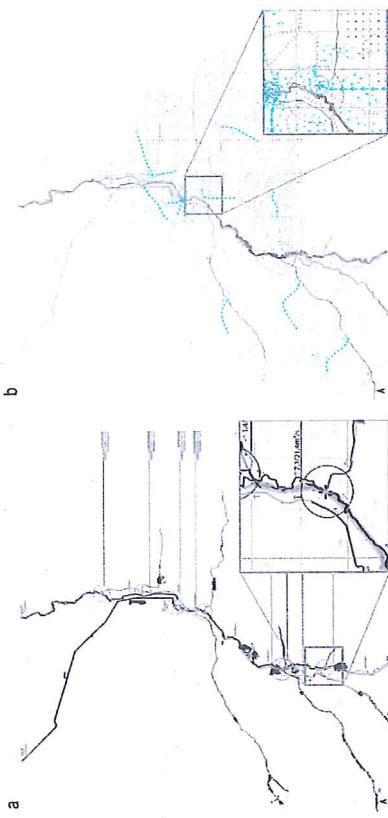
FIGUUR 9. Stofstroom bouwafval in Brussel, in snede (Atelier Brussels & .FABRIC, 2016).

In het onderzoek voor Leuven werden de stroomdiagrammen in een volgende fase vertaald naar kaarten die zowel de ruimtelijke als de kwantitatieve impact van de verschillende watercyclici in beeld brengen door de strömen te koppelen aan ruimtelijke dragers. De vertaling van de stroomdiagrammen gebeurde stapsgewijs in drie lagen. Voor het natuurlijke watersysteem zijn dit: (1) het rivierenstelsel (figuur 10a), (2) het hemelwatersysteem (figuur 10b) en het buffersysteem (zichtbaar op samenvattend kaart figuur 11). Deze lagen werden vervolgens samengevoegd tot één kaart van de natuurlijke watercyclicus (figuur 11).

FIGUUR 10a geeft de stromenkaart voor het rivierenstelsel weer. De ruimtelijke structuur van de rivieren werd aangegeven in het zwart. De verschillende debieten per rivier werden aangegeven door de onderliggende parallelle grijze lijnen, die per lijn een debiet van $1 \text{ m}^3/\text{s}$ representeren. De volle lijnen geven het gemiddelde debiet aan, de stippeellijnen het maximale debiet. Om de leesbaarheid van de debieten van de Dijle te verhogen, werd op bepaalde plekken naast de waterloop het effectieve debiet genoteerd. De toevvoerpunten van de zijrivieren naar de Dijle werden aangeduid met cirkels. De diameter van de cirkels is in overeenstemming met het toegevoerde debiet. Op deze wijze wordt ruimtelijk waarneembaar dat de toegevoerde debieten in het bovenstroomse gedeelte van de Dijle (door de Nethen, Laan en IJse) groter zijn dan deze in het stroomafwaartse gedeelte. De gemiddelde tovoerdedebieten en de piekdebieten per tovoerpunt worden aan de zijkant van de kaart weergegeven. Tot slot werd de stroomrichting van de waterlopen door middel van pijlen in kaart gebracht.

De stromenkaart van het hemelwatersysteem wordt vervolgens weergegeven in figuur 10b. De afbakening van de afstromingsgebieden (stippellijn) is van cruciaal belang voor het bepalen van de afstromende hoeveelheid hemelwater. Het infiltratiegevoelig gebied binnen de afstromingsgebieden werd weergegeven door middel van arcering. Opvallend is dat deze zich uitsluitend aan de rechterzijde van de Dijle bevinden. Op de kaart werd eveneens het afstromend hemelwater na regenval aangegeven, voor het referentiemonent 15 januari 2016. Door middel van pijlen werd het afstromingspatroon van het hemelwater in kaart gebracht. Opvallend is dat het samenstromen van hemelwater in een aantal grote straten de afstroming richting Dijle versterkt (samenkomen van pijlen). De stroomvorming resulteert in een puntsgewijs toefvoer op verschillende locaties in het rivierenstelsel, weergegeven met cirkels. De diameter van iedere cirkel is representatief voor de grootte van het toegevoerde hemelwaterdebit.

⁶ Cydifier Research, door Superuse Studios in samenwerking met A. Brambilla, C. de Koning en N. Nelson.

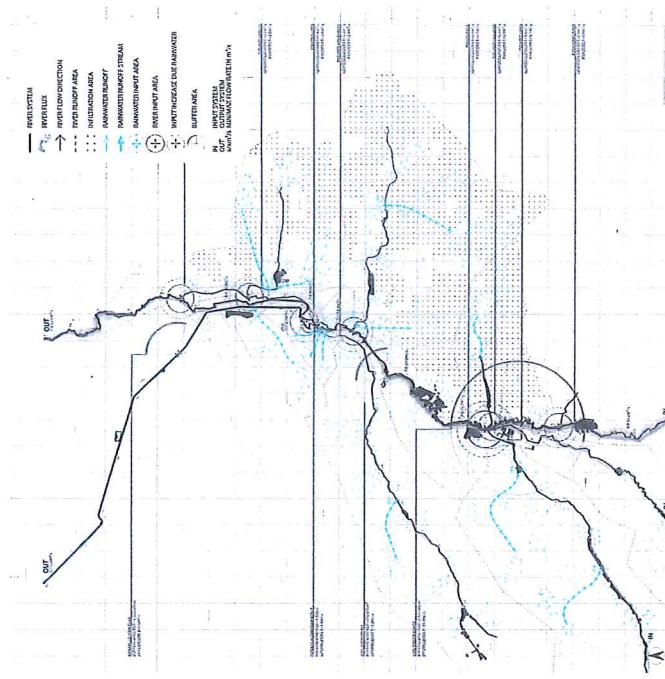


FIGUUR 10. Gelaagde opbouw van de ruimtelijke voorstelling van het natuurlijke watersysteem in Leuven met: (a) het riviersysteem en bijhorende debieten en (b) het afstromingsysteem en bijhorende debieten (Voordieckers, 2017)

De laag wordt gevormd door de verschillende buffervolumes binnen de natuurlijke watercyclus (zichtbaar in samenvattende kaart figuur 11). Het toelaten van de uitzetting van de Dijle zonder de bebouwde ruimte te schaden, wordt gerealiseerd door de twee gecontroleerde overstromingsgebieden Dode Beemde en Eindhoven. Binnen het stadscentrum is er een kleinschalige interne buffercapaciteit door de Dijleterrassen. Voorbij de stedelijke kern van Leuven vormt het kanaal Leuven-Dijle een extra buffervolume. Wanneer hoge piekdebieten het stadscentrum van Leuven verlaten, kan een maximaal debiet van $6 \text{ m}^3/\text{s}$ afgevoerd worden via dit kanaal, met in totaal een maximale buffercapaciteit van ongeveer $1.000.000 \text{ m}^3$ water. De bufferzones werden weergegeven op de kaart door middel van cirkels. Ook hier is de grootte van iedere cirkel representatief voor de grootte van het gebufferde volume. De rand van de cirkels (donkere verdikking) toont eveneens het aandeel van de betrokken bufferzone in het totale bufferende vermogen van het onderzoeksgebied. Zo wordt onder andere zichtbaar dat het GOG Dode Beemde meer dan de helft van het totale bufferende vermogen van de regio omvat.

Tot slot werden de drie kaartlagen samengebracht tot een totaalbeeld van de natuurlijke watercyclus (figuur 11). Het samenvoegen van de stroomdiagrammen en het kaartmateriaal toont duidelijk het belang aan van het bovenstroome gedeelte van de Dijle. Binnen deze zone ontstaat de grootste input in het systeem en is eveneens het grootste bufferende vermogen aanwezig. Verder legt de kaart een aantal belangrijke knooppunten ruimtelijk vast. De inputzones van het hemelwater vormen hier unieke

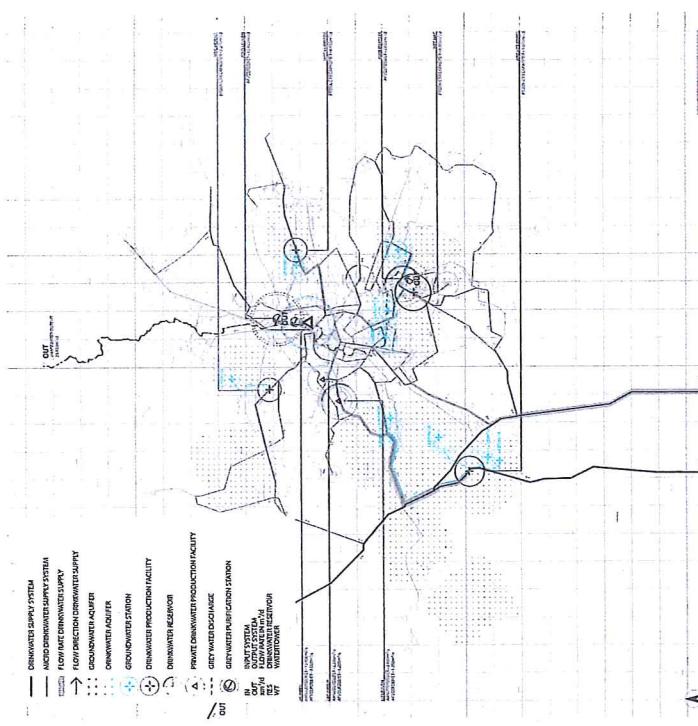
elementen. Deze waren niet zichtbaar in de stroomdiagrammen, maar vormen wel belangrijke en locatiespecifieke punten voor de input in het systeem. De uiteindelijke stroomkaart geeft een totaalbeeld van de natuurlijke watercyclus en haar ruimtelijke neerslag.



FIGUUR 11. Ruimtelijke voorstelling van het stedelijk metabolisme van de natuurlijke watercyclus. (Voordieckers, 2017)

Vervolgens werd dezelfde methodiek toegepast voor de stedelijke watercyclus. Hierbij werden de kaartlagen opgebouwd uit: (1) het tovoersysteem van het drinkwater, (2) het afvoersysteem van het afvalwater en (3) de bedrijven en instanties met een grootschalig waterverbruik. Voor de verdere toelichting van deze kaartlagen wordt verwezen naar Voordieckers (2017).

Het opgemaakte kaartmateriaal ondersteunt het zoeken naar overlappende ruimtelijke patronen uit beide watercyclus. Een van de grootste ruimtelijke overlopzones situeert zich in het zuidwestelijke deel van Leuven. Binnen de natuurlijke watercyclus bevindt zich hier het grootste bufferende vermogen (zie figuur 11). Deze zone vormt eveneens de grootste externe inputzone binnen de stedelijke watercyclus (zie figuur 12). De locatie behoort zo een belangrijk focusgebied waarin de eerder aangehaalde problemen ('watersnood in de natuurlijke watercyclus en tekort aan waterinput in de stedelijke watercyclus) ruimtelijk overlappen. De geobserveerde tegenstelling, of beter de complementariteit, tussen de problemen vormde een aanzet voor het zoeken naar een koppeling tussen beide systemen op deze locatie.

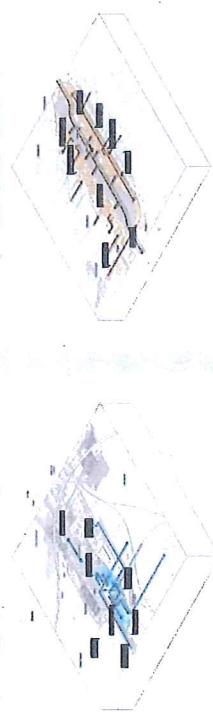


FIGUUR 12. Kaart van de stedelijke watercyclus in Leuven (Voordeckers, 2017)

Verder viel in beide systemen de aanwezigheid van een aantal kleinschalige en verspreide inputzones op. Binnen de natuurlijke watercyclus worden deze zones gevormd door de gebieden waar hemelwater puntsgewijs samenkomt in het systeem. Binnen de stedelijke watercyclus is eveneens een patroon van puntsgewijs inputzones waarneembaar, namelijk de verschillende pomppunten die grondwater aan de waterproductiecentra leveren. Hier leek een koppeling tussen beide systemen, ook op ruimtelijk vlak, opnieuw een evidentie.

2.3 Formuleren van ruimtelijke optimalisatieconcepten voor ontwerpvoorstellen

Recente studies⁷ tonen dat de ontwerpvoorstellen die uitgaan van een optimaleitie van het stedelijk metabolisme, vrij technisch van aard blijven omdat ze voortkomen uit een zoektocht naar een systeem-georiënteerde optimalisatie. De geformuleerde concepten milken hoofdzakelijk op de optimalisatie van het systeem, maar houden minder rekening met de ruimtelijke impact.



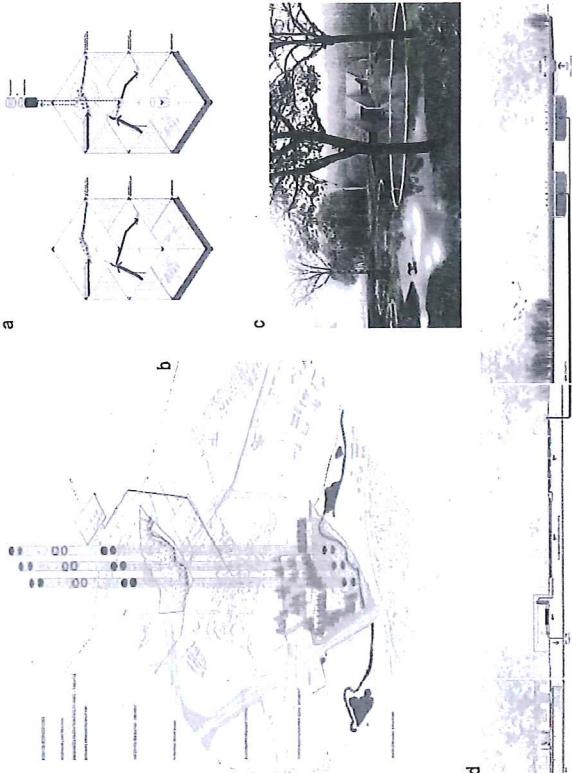
FIGUUR 13. Optimalisatieconcepten voor het stedelijk metabolisme van Brussel (Atelier Brussels & FABRIC, 2016)

In het onderzoek voor Leuven trachten twee optimalisatieconcepten de natuurlijke en stedelijke watercyclus te verbinden tot een geoptimaliseerd geheel. Het toevoegen van een ruimtelijke component in de analyse van het watersysteem als stedelijk metabolisme systeem resulteerde in betere inzichten in de ruimtelijke manifestatie van stedelijk

⁷ Rotterdam 2014 (Gemeente Rotterdam, IABR, FABRIC, JCFO & TNO), Brussel 2016 (Atelier Brussels & FABRIC; Brussels Metabolism) en Albanië 2016 (Atelier Albania & FABRIC; The Metabolism of Albania)

lijke processen. Hierdoor werd het makelijker om specifieke locaties te selecteren. Toch mag hieruit niet geconcludeerd worden dat het toevogen van de ruimtelijke component rechtstreeks resulteerde in een goede ruimtelijke inpassing van de ontwerpvoorstellen. Hiervoor blijft de ruimtelijke component nog altijd te onderbelicht.

Binnen het onderzoek werd daarom vervolgens een poging ondernomen om de ruimtelijke impact van de voorgestelde ingrepen in beeld te brengen aan de hand van collages en snedes (fig.14). Hierdoor werd de aandacht getrokken naar de mogelijk grote ruimtelijke impact van bepaalde ontwerpvoorstellen. Deze voorstelling geeft een eerste, weliswaar zeer summiere aanzet tot de optimalisatie van het concept 'stedelijk metabolisme' voor de ontwerppraktijk. De relatie tussen het stedelijk metabolisme en zijn ruimtelijke impact wordt verder toegelicht in Voordeckers (2018).



FIGUUR 14: Ruimtelijke uitwerking van het ontwerpvoorstel 'The water battery' met: (a) de weergave van het optimalisatieconcept, (b) de technische en ruimtelijke uitwerking van het optimalisatieconcept, (c) een ruimtelijke impressie van het ontwerpvoorstel en (d) het voorstel en zijn werking voorgesteld in sneed (Voordeckers, 2017 en 2018)

3. Optimalisatie van het concept stedelijk metabolisme voor verdere integratie in de ontwerppraktijk

Het gevoerde onderzoek toont dat de grafische en ruimtelijke voorstelling van fundamenteel belang is om de ruimtelijke factor te integreren in het stedelijk metabolisme, en zo de bruikbaarheid van het concept voor ontwerpvoordeinden te vergroten. In de analysefase vormt de ruimtelijke neerslag van stofstromen naar 'kaartmateriaal' een fundamenteel gegeven om de ruimtelijke impact ervan te kunnen vatten. Binnen deze fase is het eveneens belangrijk te begrijpen dat de ruimtelijke weergave van stofstromen de ruimtelijke analyse niet vervangt. Deze analyse dient nog steeds gevoerd te worden om een ruimtelijk gefundeerde implementatie van de later geformuleerde ontwerpvoorstellen te garanderen. Verder blijkt de ruimtelijke weergave essentieel voor het ruimtelijk bepalen van potentiele gebieden voor optimalisatie. Algemeen kan gesteld worden dat stroomdiagrammen een inzicht ontwikkelen over 'hoe' stofstromen geoptimaliseerd kunnen worden. De ruimtelijke vertaalslag gaat echter een stap verder en geeft eveneens aan 'waar' deze geoptimaliseerd kunnen worden.

Nadat de locaties voor optimalisatie bepaald zijn, kunnen optimalisatieconcepten geformuleerd worden. Binnen deze fase blijkt de ruimtelijke neerslag opnieuw fundamenteel, hoewel deze vaak onderbelicht wordt in recente projecten die gebruik maken van het stedelijk metabolisme. Verschillende weergavemethodes (o.a. collages en maquettes) kunnen nochtans helpen om de ruimtelijke impact van specifieke ontwerpvoorstellen te variëren. Belangrijk is dat in deze fase niet louter ruimtelijke potenties getoond worden, maar dat de ingrepen gekoppeld worden aan de creatieve van een ruimtelijke meerwaarde die gefundeerd is op een ruimtelijke analyse.

Zowel in het eigen onderzoek als bij recente projecten worden gelijkaardige visualisatiemethodes gebruikt. Binnen de analysefase wordt er meestal gebruik gemaakt van stroomdiagrammen. Deze weergave heeft reeds zijn bruikbaarheid bewezen in het ontwikkelen van eerste inzichten in de grootteordes en procesmatige werking van stofstromen. Het koppelen van ruimtelijke elementen aan deze stroomdiagrammen kan reeds een eerste ruimtelijke indicatie geven. Vervolgens worden in de analysefase de stroomdiagrammen vertaald naar een weergave met een ruimtelijke component. Hierbij komen hoofdzakelijk twee voorstellingswijzen in beeld: kaarten en snedes. Het is duidelijk dat deze voorstellingswijzen op een eenvoudige en overzichtelijke wijze de ruimtelijke neerslag van stofstromen weergeven. Het gebruik van kaartmateriaal heeft de potentie om zeer snel locaties voor optimalisatie ruimtelijk vast te pinnen. Bij de verdere uitwerking van de optimalisatieconcepten worden dan weer

andere visualisatiemethoden gehanteerd. Hierbij wordt een onderscheid gemaakt tussen het duiden van de technische werking en de ruimtelijk impact van de ontwerpvoorstellen. Voor het duiden van de technische werking wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van axonometrische projecties die overzichtelijk processen weergeven, eveneens een eerste ruimtelijke impact illustreren. Om de ruimtelijke impact te illustreren wordt meestal gebruik gemaakt van maquettes en/of collages. Zij geven zeer duidelijk de ruimtelijke impact weer, maar vertellen dan weer weinig over de procesmatige optimalisatie. Als tussenoptie worden ook snedes gebruikt. Deze hebben de potentie om zowel de procesmatige als de ruimtelijke impact te illustreren, maar zijn hierin beperkt door hun vlaakke projectie. Door de beperkingen en voordelen van de verschillende voorstellingswijzen, wordt er meestal gezocht naar een combinatie tussen verschillende technieken. Deze combinatie is meestal afhankelijk van het type en de schaal van het project.

De verschillende weergavemethodes hebben ieder hun eigen potentie om het stedelijk metabolisme op verschillende manieren in beeld te brengen en bieden zo de mogelijkheid om communicatie met betrokken actoren en eveneens een niet-experten doelpubliek aan te gaan. Het verder inzetten op de visualisatiemethodes is van belang om de bruikbaarheid van het stedelijk metabolisme als instrument voor ruimtelijke planning te blijven vergroten. Het overzichtelijk weergeven van de verschillende onderzoeks- en ontwerffasen in dit artikel toont een duidelijk coherente ontwerpmethodiek, maar legt eveneens een aantal werkpunten voor de implementatie van het stedelijk metabolisme bloot. Zo is waarneembaar dat de analysefase zeer technisch van aard is, en hierdoor afwilt van het gekende werkveld van ruimtelijk ontwerpers. Niet enkel voor de stofstroom water, maar ook voor energie, afval, biota,... komen aan de analysefase complexe hoeveelheden data te pas. Het zoeken naar samenwerkingsnet experten uit de desbetreffende velden is dus van groot belang om tot een correcte analyse te komen. Verder ontbreekt bij het finaliseren van de meeste projecten een concrete toetsing met andere ruimtelijke aspecten. Hierbij focussen de projecten enkel op de optimalisatie van stedelijke stofstromen, en weinig op de creatieve van een ruimtelijk toegeroegde waarde. Aan het proces ontbreekt dus nog een fundamentele laatste stap: de toetsing aan een uitgebreid ruimtelijk kader. Verder fundamenteel onderzoek naar de concrete implementatie van het concept binnen de ruimtelijke planning en het ruimtelijk ontwerp is zeker nodig.

Bibliografie

- Adam, P., Jacobs, Y., Voordeckers, D. & Leinfelder, H. (2017). De nood aan een ruimtelijk relevante vertaalslag van stedelijk metabolisme. *Ruimte & Maatschappij*, 9 (1), 19-37.
- Atelier Albania & FABRIC (2016). The Metabolism of Albania. Opgehaald van <https://www.behance.net/gallery/40389307/The-Metabolism-of-Albania> op 25 maart 2017.
- Atelier Brussels & FABRIC (2016). Brussels Metabolism. Opgehaald van <http://www.fabrications.nl/projects/BrusselsMetabolism/> op 11 december 2016.
- De Smedt, F. & Bateelaan, O. (2007). *Géintegreerde modellering van hydrografische processen op rivierbekkenschaal*. Retrieved from <http://www.vnb.ac.be/WetSap/publications/G%EF%BF%BDntegreerde%20modellering.pdf>
- Duvignaud, P. & Demeyer-De Smet, S. (1977). L'ecosystème urbain bruxellois. In: Duvignaud, P. & Kestemont, P. (eds.). *Productivite en Belgique. Travaux de la Section Belge du Programme Biologique International*. Brussel-Paris: Editions Duculot.
- Gandy, M. (2004). Rethinking urban metabolism: Water, space and the modern city. City, <http://www.geog.ac.uk/cuk/about-the-department/people/academics/mathew-gandy/files/pdf2.pdf>.
- Gemeente Rotterdam, IABR, FABRIC, Environmental Assessment Agency, Havenbedrijf Rotterdam (2013). Heat and CO₂ – Rotterdam. Opgehaald van <http://www.fabrications.nl/portfolio-item/urbanmetabolism-channelingenergywaste/> op 10 maart 2017.
- Gemeente Rotterdam, IABR, FABRIC, JCFO & TNO (2014). *Stedelijk Metabolisme, duurzame ontwikkeling van Rotterdam*. Rotterdam: Mediacenter Rotterdam.
- Gerrits, Y. & Stevens, J. (2016). 8 gesprekken: Stad Leuven, gesprek met Elien van de Putte, Ilse Premereur, Sara Claeys, Joke Buyls, Muriel Degelin, Tim Asperges en Daan van Tassel. Afdeeling Ruimtelijk en Duurzaamheidsbeleid, in: De Bruyn, J. & Dehullu, E. (Red.) De Dijle aan het woord, stadsdebat Leuven, pp.32-35 (Mechelen: Public Space)
- Heynen, H. & Goseye, J. (2015). The welfare state in Flanders: de-polarization and the nebulous city, in: Swenarton, M., Avermaete, T. & Van Den Heuvel, D. (Red.) Architecture and the welfare state, pp. 51-67 (Abbingdon-Oxon: Routledge)
- Holmes, T. & Pincet, S. (2012). Urban metabolism literature review. UCLA Institute of the Environment, Los Angeles.
- Integraal Waterbeleid (2013). Het bekkenbeheerplan van het Dijle-Zennebekken (2008-2013), integraal waterbeleid in de praktijk. VMM, Leuven
- Kennedy, C., Pincet, S. & Bunje, P. (2010). The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental Pollution*, 159 (8-9), 1965-1973.
- La Rivière, J. (2006). De Dijle in Leuven, een vloek en een zegen. Vlaamse Milieumatschappij, Erfodegem.
- Matagne, S. (2015). Sankey Diagrams. Opgehaald van <http://blogs.sas.com/content/graphics/specializing/2015/03/21/sankey-diagrams/> op 20 februari 2017.
- Newman, P. (1999). Sustainability and cities: Extending the metabolism model. *Landscape and Urban Planning*, (44), 219-226.
- Pistori, R., & Bonin, S. (2017). Urban metabolism planning and designing approaches between quantitative analysis and urban landscape. *City, Territory and Architecture*, 4(20).
- Poelman, L. (2010). Waar moet water naartoe? Opgehaald van nieuws.kuleuven.be/node/8885 op 16 January 2017.

- Simons, D. (2014). Walking up in the Anthropocene, in: Brugmans, G. & Strien, J. (Red.) IABR-2014-Urban By Nature, pp. 13-20 (Rotterdam: IABR).
- Superuse Studios (2013). Cyclifier Research. Opgehaald van <http://superuse-studios.com/index.php/2012/04/3d-sankey-diagrams/?lang=nl> op 10 maart 2017.
- Tanikawa, H., & Hashimoto, S. (2010). Urban stock over time: spatial material stock analysis using 4d-GIS. *Building Research & Information*, 37(5-6), 483-502.
- Team Vlaams Bouwmeester (zonder datum). Circulaire stad. Opgehaald van www.vlaamsbouwmeester.be/nl/instrumenten/pilootprojecten/antwerpencirculaire-stad-van-morgen op 14 juni 2017.
- Terrenis, I., Haesevoets, A., & Niijts, M. (2011). Hoe omgaan met overstromingen van de Dijle in Leuven? Philippe D'Hondt, VMM, Leuven.
- Vande Weghe, J. R., & Kennedy, C. (2008). A Spatial Analysis of Residential Greenhouse Gas Emissions in the Toronto Census Metropolitan Area. *Journal of Industrial Ecology*, 11(2), 133-144.
- Voordeckers, D. (2017). Stedelijk metabolisme als ontwerptool voor de optimalisatie van watercycli (niet gepubliceerde masterproef). KU Leuven, Faculteit Architectuur, Gent.
- Voordeckers, D. (2018). Het stedelijke metabolisme als tool voor het ontwerp en beheer van watercycli. *Ruimte*, 37, 70-75.
- Wolman, A. (1965). The metabolism of cities. *Scientific American*, 213(3), 179-190.
- Zhang, Y., Linlin, X., & Weinig, X. (2014). Analyzing spatial patterns of urban carbon metabolism: A case study in Beijing, China. *Landscape and Urban Planning*, 130, 184-200.
- Zhang, Y., Yang, Z., & Yu, X. (2015). Urban Metabolism: A Review of Current Knowledge and Directions for Future Study. *Environmental Science and Technology*, 49(19), 11247-11263.

AANWIJZINGEN VOOR AUTORES/INSTRUCTION FOR AUTHORS

Ruimte & Maatschappij (R&M) is het enige wetenschappelijke tijdschrift, binnen de ruimtelijke wetenschappen in het Nederlandse taalgebied. Het wil een podium bieden aan bijdragen vanuit verschillende disciplines, waaronder de geografie, planologie, stedenbouwkunde, sociologie en de (ruimtelijke) economie. R&M is een Vlaams-Nederlandstalig tijdschrift. Dit betekent dat de auteurs bij het schrijven rekening moeten houden met het gegeven dat de lezer niet voldoende op de hoogte is van de beleidspraktijk (en het jargon) in zijn land. Het tijdschrift publiceert zowel wetenschappelijke artikelen als bijdragen die gericht zijn op de (beleids)praktijk. Artikelen hebben tussen de 6.000 en 7.000 woorden; teksten voor katernen en theorieën dienen naar de hoofdredactie te worden gezonden. De redactie is ook geïnteresseerd in voorstellen voor katernen en themenummers. Het is wenselijk daarvoor van tevoren contact op te nemen. Alle artikelen worden door twee referenten beoordeeld. Zodra het artikel voor publicatie is aangevraagd, dient de auteur de tekst elektronisch aan te leveren. Het te gebruiken teksteerverwerkingsprogramma moet MS Word zijn. Ook de grafieken, tabellen en figuren dienen in de tekst opgenomen te worden (eveneens apart in MS Excel 5.0 of hoger) en moeten kunnen worden bewerkt.

PRAKTIISCHE RICHTLIJNNEN/PRACTICAL GUIDELINES

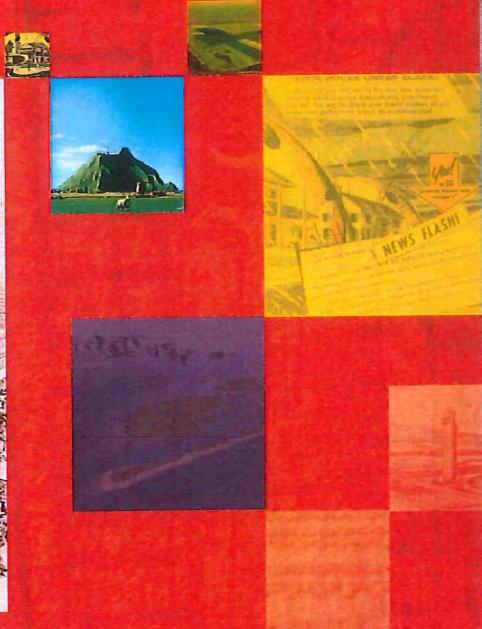
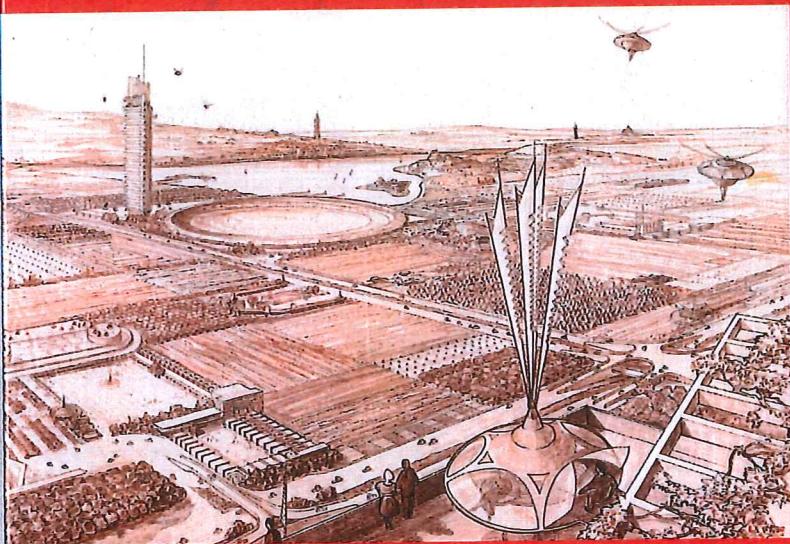
- Dankbetuigingen komen in een eerste, ongenummerde voetnoot (sterntoot). De daaropvolgende voetnoten dienen de gehele tekst door opeenvolgend te zijn genummerd.
 - Elk artikel heeft een Nederlandstalige en Engelstalige titel, bevat een korte Nederlandstalige en Engelstalige samenvatting en Nederlandstalige en Engelstalige sleutelwoorden.
 - Het artikel zal in goed Nederlands gesteld zijn. Aanbieding van het manuscript impliceert dat het niet (ook niet in gewijzigde vorm) aan enig ander Nederlands tijdschrift voor publicatie is aangeboden.
 - Artikelen dienen een consequente indeling te hebben: Titels en subtitles nummeren tot bv. 3 decimalen. Inleiding en Conclusie worden niet mee genummerd.
 - Ook tabellen en figuren dienen door het artikel heen opeenvolgend te worden genummerd. Zowel een tabel als figuur moet zijn voorzien van een kop. Tabellen en figuren die in een ander programma zijn aangemaakt, moeten als een aparte file worden ingedierd.
 - De nummereringen zijn in Arabische cijfers.
 - Verwijzing in de tekst naar andere literatuur gebeurt als volgt: Barro en Gordon (1982). Zodra het een verwijzing naar een specifieke passage betreft: Barro en Gordon (1983, p. 115). Is de verwijzing in een tekst tussen haakjes opgenomen, dan is de vorm van de verwijzing (c.). Barro & Gordon, 1983, p. 115, ...).
 - De literatuurverwijzingen moeten voldoen aan APA normen.
- De volledige lijst met literatuurverwijzingen staat in alfabetische volgorde aan het einde van het artikel en voldoet aan de volgende vormvereisten.
- Artikel in tijdschrift
Barro, R. & Gordon, D. (1983). Rules, discretion and reputation in a model of monetary policy. *Journal of Monetary Economics*, 12 (6), 101-121.
 - Artikel in een krant
Bernard, P. Het verstand is toegeomen. *Knack*, 16-22 juli, 18-19.
 - Een boek
Blanchard, O.J. & Fisher, S. (1989). *Lectures on Macroeconomics*. Cambridge/London: MIT.
 - Bij een bijdrage in een boek
Solomon, R. (1991). Changing perspectives on the international monetary system. In J.A. Frenkel & M. Goldstein (Red.). *International financial policy: Essays in honor of Jacques Polak*. Washington: IMF, 67-77.
 - Indien het een onderzoeksrapport betreft:
Helliwell, J. (1992). *International growth linkages: evidence from Asia and the OECD*, National Bureau of Economic Research Working Paper 4245, Washington (D.C.).
 - In het geval van een mondelinge bron, bv. een lezing:
Holeyman, A. *Design of actually piles. Belgian practice*. lezing, Brussel, ERTCS Seminar, 18 april 1997.
 - In het geval van een elektronische bron
Danckert, M. (1997, 20 januari). Mental gehandicapte heeft recht op een eigen leven. *De Standaard*, nr. (nr.), p-p. geraadpleegd op (daatum) via <http://www.vrt.be/dsdrifhan.html>.
 - Unicef, *About the convention*. Geraadpleegd op 26 februari 1998 via <http://www.unicef.org/crc/conven.htm>

3

Jaargang 10
maart 2019

Ruimte & Maatschappij

Vlaams-Nederlands tijdschrift
voor ruimtelijke vraagstukken



Verschijnt driemaandelijks
in september, december, maart en juni

Garant