
Risico- en kwetsbaarheidanalyse



**MECHELEN
KLIMAATNEUTRAAL**

Documentbeschrijving

Omschrijving

De risico- en kwetsbaarheidsanalyse is de Mechelse versie van de "risk and vulnerability assessment" in het kader van het Mechelse engagement voor het Europese burgemeestersconvenant (beslissing gemeenteraad Mechelen 27 maart 2018). De studie werd intern opgemaakt en gecontroleerd door het studie bureau Sumaqua.

Dankwoord

Dit rapport kwam tot stand door middel van de zeer gewaardeerde bijdrages van verschillende diensten van de stad Mechelen. De stad Mechelen wenst ook alle externe bijdragers te danken. In het bijzonder gaat een woord van dank uit naar de leden van de externe expertenwerkgroep, de Mechelse klimaatbeleidsgroep (inwoners en bedrijven) en de klimaatjongeren. Het enthousiasme, de leergierigheid en de kritische geest van deze laatsten werd zeer gewaardeerd.

Contactpersoon Mechelen

Arnout Ruelens, Mechelen klimaatneutraal.

Redactie en lay-out

Stad Mechelen ism. Sumaqua.

Verantwoordelijke uitgever

Myriam Colle, Grote Markt 21, 2800 Mechelen

Vragen in verband met dit rapport

Mechelen klimaatneutraal

Grote Markt 21

2800 Mechelen

klimaatneutraal@mechelen.be

015 29 24 16

Het rapport is downloadbaar via www.mechelenklimaatneutraal.be

Wijze van citeren

Stad Mechelen (2019). Risico- en kwetsbaarheidsanalyse Mechelen. Stad Mechelen, Mechelen.

Voorwoord

Al in 1899 linkte Thomas Chrowder Chamberlin variaties in de CO₂-concentratie aan veranderingen in het klimaat. In 1909 werd voor de eerste maal de term 'broeikas effect' gebruikt.

In de meer dan 100 jaar die ons scheiden van deze wetenschappelijke bevindingen, is de link tussen de menselijke CO₂-uitstoot en de opwarming van de aarde alleen maar duidelijker geworden. In de wetenschappelijke wereld is er een overweldigende hoeveelheid onderzoeken om dit gegeven te ondersteunen. Ook in de publieke opinie is er een groeiende meerderheid die zich hierbij aansluit.

Toch blijft het een enorme opgave om de spreekwoordelijke tanker van richting te doen veranderen. Een kleine groep mensen blijft de 'ongemakkelijke waarheid' staalhard naast zich neer leggen, maar er zijn eveneens heel wat mensen die hun eigen mogelijke bijdrage aan de oplossing onderschatten of niet weten van welk hout pijlen maken. We lopen dan ook het risico van de fase 'onwetendheid' meteen over te springen naar 'gelatenheid' en 'fatalisme'. Dit is wat we kost wat kost moeten vermijden: de omvang van de klimaatopwarming kan nog teruggedrongen worden en ook de gevolgen ervan kunnen geminimaliseerd worden ... als we allemaal samenwerken.

Ook wanneer de mensheid morgen volledig zou stoppen met CO₂ uit te stoten, heeft het klimaat nog vele decennia nodig om van de huidige verstoring te herstellen. Daarom is het belangrijk om een volledige risico- en kwetsbaarheidsanalyse te maken voor het Mechels grondgebied, zodat we ons kunnen voorbereiden op extreme weersituaties zoals hitte, droogte en overstroming.

Het is goed om voorbereid te zijn, maar kan Mechelen wel iets zinvol doen om de klimaatverandering tegen te gaan, als je weet dat we verantwoordelijk zijn voor 0,004% van de globale CO₂-uitstoot? Absoluut! Elke Mechelaar (of Belg) is verantwoordelijk voor 4 keer zoveel CO₂-uitstoot als bijvoorbeeld een gemiddelde Indiër en zelfs zij zitten nog hoger dan wat nodig is om klimaatverandering terug te dringen. Met andere woorden: enkel als we dit als mensheid oppakken en kijken wat we samen kunnen veranderen, maar ook wat elk van ons apart anders kan doen, dan pas kunnen we vooruitgang boeken.

De Mechelaar is bereid om inspanningen te doen, dat ervaar ik als schepen elke dag en daar ben ik ook zeer dankbaar voor. Deze risico- en kwetsbaarheidsanalyse geeft ons inkijk in de toekomst en helpt iedereen om de juiste keuzes te maken: waar te bouwen, waar te ontharden, waar ruimte te geven aan water / natuur. We moeten ons wapenen om de klimaatverandering op korte termijn op te vangen, maar de koers richting klimaatneutraliteit is ingezet en niet meer te stoppen. De industriële revolutie, die aan de basis lag van de klimaatverandering, begon in onze contreien. Het is aan ons om te tonen dat we ook nu weer voortrekkers kunnen zijn. Voor de gezondheid van onszelf en onze burens, voor een duurzame toekomst en een betere stad, voor Mechelen Klimaatneutraal.

Marina De Bie
Schepen voor klimaat



Managementsamenvatting

I. Inleiding

Mechelen engageert zich sinds 2012 om emissies op te volgen en actie te ondernemen rond klimaatverandering via het Europese Burgemeestersconvenant. Mechelen engageert zich sinds 2018 via het vernieuwde burgemeestersconvenant om ook in te zetten op het in kaart brengen en voorzien (acties) van de mogelijke gevolgen van klimaatverandering op het grondgebied. Voorliggende studie brengt lokale klimaatverandering in kaart. Er wordt onderzocht in welke mate het grondgebied kwetsbaar is voor klimaatverandering. Deze informatie wordt gecombineerd tot 23 concrete gevolgen op het grondgebied.

Deze studie is gebaseerd op indicatoren en dus geen exhaustieve geografische analyse van het grondgebied betreft. Waar mogelijk wordt wel een onderscheid gemaakt tussen het oostelijke, verstedelijkte gedeelte van het grondgebied en het westelijke, meer landelijke gedeelte. Data wordt voornamelijk betrokken van de VMM en SWING (het interne gegevensplatform van Mechelen). De gevolgen van klimaatverandering zijn tot slot erg afhankelijk van de verdere evoluties van emissies van broeikasgassen. In deze studie werd uitgegaan van het RCP 8.5 scenario. Op het eerste zicht is dit een extreem scenario, maar in het verleden bleek dit het best overeen te komen met de werkelijkheid en ook het Vlaamse beleid volgt dit scenario.

II. Lokale klimaatverandering

Extreme hitte: Uit de analyse blijkt dat de gemiddelde jaartemperatuur in België reeds steeg met meer dan 2°C ten overstaan van het begin van de metingen (1850). Er wordt verwacht dat dit effect zich nog verder zal doorzetten en dat tegen 2100, de gemiddelde jaarlijkse temperatuur met meer dan 6°C stijgt in Mechelen. Concreet betekent dit bijvoorbeeld dat het aantal tropische nachten (min. temperatuur zakt niet onder 20°C) stijgt van 1 tot meer dan 20 per jaar in 2030 (en bijna 50 in 2100). Ook het aantal hittegolfdagen stijgt van 5 tot meer dan 13 in 2030 en meer dan 50 in 2100.

Extreme neerslag en stedelijke wateroverlast nemen toe door klimaatverandering. Zo wordt het duidelijk dat zowel het aantal dagen met zware neerslag als de intensiteit (mm per bui) van de extreme neerslag toenemen, vooral in de zomer. Zo is er reeds een verdubbeling van het aantal dagen met zware neerslag in 2030 (van 3,5 naar 7,9). Onder het huidige klimaat komt stedelijke wateroverlast reeds verspreid over het stedelijke gebied voor. Klimaatverandering betekent dat in de toekomst nieuwe gebieden geconfronteerd kunnen worden met stedelijke wateroverlast en dat stedelijke wateroverlast vaker kan voorkomen.

Rivieroverstromingen: Klimaatverandering zorgt voor een toename van neerslag in de winter van 206 mm in 2030 tot 267 mm in 2100. Dit leidt niet alleen voor een verhoging van 4-28% in de piekdebieten in de waterlopen. De neerslag zorgt ook voor een verhoogd aantal en intensiteit van rivieroverstromingen (Dijle, Zenne en Vrouwvliet). Uit de evolutie blijkt dat de overstromingsdiepte van de laagfrequente overstromingen (eens om de 1000 jaar) bijna verdubbelt. Daarnaast groeit het gebied dat kan overstromen bij laagfrequente overstromingen gevoelig aan. Naast de neerslag zorgt ook de getijdenwerking van de Dijle en Zenne voor een bijkomende uitdaging, daar er bij hoogwater niet kan afgewaterd worden via de Dijle en Zenne. Ook zeespiegelstijging zorgt voor een bijkomend risico op rivieroverstromingen. Zo steeg het peil van de getijdenrivier Dijle de afgelopen eeuw met één cm per jaar, een trend die zich kan voortzetten bij een verder stijgende zeespiegel (80-240 cm) in de komende eeuw.

Droogte: Hoewel de dalende trends voor grondwaterpeilen nog niet statistisch significant zijn, leert de ervaring op het terrein wel dat droogte nu reeds concrete gevolgen heeft. Klimaatverandering zorgt voor een verhoogde verdamping (hogere temperaturen) van water en voor een afname van de neerslag in de zomer (ondanks een toename van extreme zomerbuien). Zo daalt de neerslag in augustus van 67 mm (huidig) tot 37 mm (2100). De verdamping stijgt in augustus dan weer van 80 mm (huidig) tot 116 mm (2100). Dit zorgt voor dalende waterbeschikbaarheid op het grondgebied.

Tot slot werden nog **stormen, extreme koude, zeespiegelstijging, bosbranden en grondverschuivingen** beschouwd voor het grondgebied. Deze risico's werden niet weerhouden omdat het risico ofwel weinig relevant is ofwel geen/een positieve invloed ondervindt van klimaatverandering. Waar relevant worden deze risico's nog beperkt verwerkt (bv. zeespiegelstijging bij rivieroverstromingen).

III. Kwetsbaarheid van het grondgebied

Mechelen is op verschillende manieren kwetsbaar voor klimaatverandering. Hieronder wordt enerzijds onderzocht in welke mate de bevolking en economie kwetsbaar is. Anderzijds wordt gekeken naar de fysische kenmerken van het grondgebied. Er is geen gedetailleerde analyse per wijk opgemaakt.

Bevolkingsdichtheid: Mechelen kent met 1329 inwoners per km² een hogere bevolkingsdichtheid dan het Europese gemiddelde (117 inwoners/km²). Deze bevolking is bovendien geconcentreerd in het oostelijke, verstedelijkte deel van de stad. Deze gebieden zijn dus extra kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering.

Bevolkingssamenstelling: Mechelen kent een relatief grote jonge bevolking, al zijn er zeer grote verschillen tussen wijken. Een aantal wijken (vooral rond het centrum en in sommige dorpskernen) met een relatief grote jonge of oude bevolking zijn dus extra kwetsbaar voor klimaatverandering.

Inkomen: In vergelijking met andere centrumsteden is het mediaan netto inkomen van de bevolking hoog (19.395 euro netto/jaar in 2016). Hier wordt Mechelen enkel voorafgegaan door Hasselt en Brugge. Dit inkomen is echter wel verschillende verspreid over het grondgebied. De laagste inkomens zijn gesitueerd in de sociale woonwijken. Deze bevolking is extra kwetsbaar voor klimaatverandering.

Sociale kwetsbaarheid: Op basis van de indicator "aantal indicatorleerlingen" wordt duidelijk dat de sociaal kwetsbare bevolking zich voornamelijk in een aantal wijken in het verstedelijkte gebied bevindt. Deze bevolking is extra kwetsbaar voor klimaatverandering.

Ondernemingen: Ondernemingen bevinden zich vooral in het centrum, het stedelijke gebied en op de bedrijventerreinen. Het betreft voornamelijk micro-ondernemingen en ondernemingen uit de tertiaire sector. Deze concentratie maakt de ondernemingen kwetsbaar voor klimaatverandering (extreme hitte en overstromingen). In het westelijke deel van het grondgebied bevinden zich veel minder ondernemingen en vooral ondernemingen uit de primaire sector, deze zijn extra kwetsbaar voor droogte.

Rivierenland: Mechelen telt 4 belangrijke natuurlijke waterlopen op haar grondgebied: Dijle, Zenne, Vrouwvliet en Barebeek. Deze rivierbekkens zijn merkkelijk lager gelegen dan de rest van het grondgebied. Deze gebieden zijn dan ook extra kwetsbaar voor

overstromingen, zeker in de toekomst. Hierbij springt vooral het gebied tussen De Nekker (Dijle) en de Vrouwvliet in het oog en de dorpskern van Leest (Zenne).

Hoogte: Het grondgebied is relatief laag gelegen (2-12m TAW). Dit maakt het grondgebied extra kwetsbaar voor rivieroverstromingen. Dit betekent ook dat gedeeltes van het stedelijk gebied lager gelegen zijn dan de hoogwater op de Dijle. Een dijkbreuk kan dus een zeer grote impact hebben. Het Zuidoostelijke deel van het grondgebied (Hombeeks plateau) is ook merkkelijk hoger gelegen. Daarnaast valt op dat het zuidelijke gedeelte van het stedelijke gebied hoger gelegen is dan het noordelijke gedeelte.

Bodem: De natuurlijke ondergrond van Mechelen is overwegend zand en leem, met uitzondering rond de waterlopen (klei). Buiten het stedelijke gebied liggen er dus veel kansen voor waterinfiltratie, gezien de waterdoorlatende bodem. Dit gebied wordt nu al getroffen door droogte (landbouw). Daarnaast is er een zeer hoge verhardingsgraad (23,8% van het grondgebied), zeker in het stedelijke gebied. De hoge graad van verharding maakt het gebied extra kwetsbaar voor overstromingen en droogte, daar het water niet kan infiltreren.

Water: Uit een eerste verkenning van het Mechels grondwaterpeil lijkt het freatisch water de laatste decennia steeds dieper te zakken in de zomer. Lokale factoren kunnen hier echter een grote rol spelen (klimatologische omstandigheden en grondwaterwinningen). Daarnaast is het drinkwaterverbruik stabiel met licht dalende piektendensen. De drinkwaterproductie (niet op het grondgebied) komt van grondwaterputten die overwegend gevoed worden door hemelwater. Deze productie is relatief stabiel en de laagste drinkwaterstanden wordt opgetekend in september.

Ruimtegebruik: Het grondgebied van Mechelen is 6.519 ha groot. Hiervan zijn er 1767,3 hectare bebouwde percelen (618 hectare effectief bebouwd). Bijna de helft van alle gebouwen op het grondgebied zijn opgericht voor 1946. Daarnaast is er 1617 hectare bestemd voor cultuurgrond (landbouw). Dit betekent dat bijna de helft van het grondgebied hiermee reeds een bestemming kent. De overige percelen zijn wegen, waterlopen, natuur, bouwgronden,... Mechelen kent 5 erkende natuureservaten en één Vlaams natuureservaat (Robbroek). Dit betekent dat er een erg grote druk op ruimte is op het grondgebied en weinig ruimte voor klimaatmaatregelen.

IV. 23 concrete gevolgen

Gebouwen: Extreme hitte zorgt nu reeds in niet-aangepaste gebouwen voor een verlaagde productiviteit en een aantal gezondheidsrisico's. De droogte bedreigt bovendien mogelijks de stabiliteit van de gebouwen. Het aantal overstroombare gebouwen op het grondgebied zal verviervoudigen en het aantal gevaarlijk overstroombare kwetsbare instellingen zal verdrievoudigen. Hierbij valt op dat vooral het stedelijke gebied kwetsbaar is door het stedelijk hitte-eiland, de hoge bevolkingsdichtheid, de hoge concentratie aan kwetsbare instellingen en de kwetsbare bevolking in de sociale woonwijken.

Transport: De transportinfrastructuur (wegen, waterwegen en spoorwegen) op het grondgebied Mechelen is gevoelig voor hitte (bv. smelten asfalt, uitzetten bruggen,...). In het stedelijk gebied kan het stedelijke hitte-eilandeffect zorgen voor een bijkomende hitte. Door overstromingen is er een bijkomend risico voor de stabiliteit van de wegen. Het kanaal Leuven-Dijle loopt risico omwille van toegenomen plantengroei, defecte infrastructuur, waterpeil en recreatiedruk.

Energie: De voornaamste impact van klimaatverandering op energie ligt in de kwetsbaarheid van het elektriciteits- en aardgasnet voor overstromingen. Hierbij is vooral het stedelijke gebied extra kwetsbaar. Gezien de hoge afhankelijkheid van elektriciteit en aardgas hebben storingen op het net een grote impact.

Water: Klimaatverandering heeft een impact op de (drink)waterinfrastructuur (druk op de riolering) en de waterkwaliteit van het oppervlaktewater. De waterkwaliteit leidt ook onder de extreme hitte en de geleidelijke verhoging van de temperatuur (algenbloei). Anderzijds zorgt de droogte voor een verminderde waterbeschikbaarheid. Hier lijken vooral de (landbouw)bedrijven getroffen te worden. Op korte termijn lijkt de drinkwaterkwantiteit weinig bedreigd, maar de mogelijke impact is zeer hoog.

Afval: Klimaatverandering lijkt slechts een zeer beperkte invloed te hebben op de afvalverzameling en – verwerking op het grondgebied. De warmte beïnvloedt de afval ophaling (thermisch comfort afvalophalers).

Ruimtelijke planning: Naast de extreme hitte in de stad, zijn vooral overstromingen erg belangrijk om rekening mee te houden bij ruimtelijke ordening. De huidige woonuitbreidingsgebieden liggen overwegend niet in overstromingsgevoelig gebied, met uitzondering van het woonuitbreidingsgebieden te Nekkerspoel.

Land- en bosbouw: Het risico op schade aan de landbouw door droogte is breed verspreid over het grondgebied. Het risico op schade door overstromingen lijkt beperkt tot een aantal graslanden. Er kan ook een verlening van het groeiseizoen optreden.

Natuur en biodiversiteit: Het stedelijk groen staat erg onder druk door droogte en extreme hitte. De aard van de natuurreervaten (natte gebieden) lijken wel weerbaar te zijn tegen extreme hitte, droogte en overstromingen, al is hier onvoldoende informatie over beschikbaar. Dit neemt niet weg dat de natuur en biodiversiteit onder druk staan door soorten die migreren omwille van klimaatverandering.

Gezondheid: Hitte vormt de grootste bedreiging voor de volksgezondheid door klimaatverandering. Niet alleen is er oversterfte tijdens hittegolven bij kwetsbare groepen (vooral ouderen), de bevolking ondervindt ook diverse gezondheidsklachten door hitte. Daarnaast vormen overstromingen op lange termijn ook een risico voor de volksgezondheid door het potentieel gecontamineerde slib.

Civiele bescherming en noodgevallen: Het is onduidelijk wat de impact van extreme hitte op de gezondheidsdiensten is. Overstromingen voor een onmiddellijke vraag naar de verschillende hulpdiensten.

Toerisme: Klimaatverandering kan de vraag van toerisme en de druk van toerisme op het grondgebied doen toenemen. Bovendien kan in periodes van extreme hitte er een grote druk ontstaan op blauwe en groene recreatiegebieden. Deze gebieden lopen in deze periode extra risico op blauwalg, overstromingen en brand. In de winter 'beperkt' het risico zich tot overstromingen.

Economie: Ondernemingen ondervinden hinder door een daling van de arbeidsproductiviteit door hitte en door het risico op overstromingen in de bedrijfsgebouwen.

Inhoudstafel

1.	Inleiding	1-10
2.	Methodologie	2-12
3.	Lokale klimaatverandering.....	3-16
A.	Inleiding	3-16
B.	Extreme hitte en koude.....	3-16
C.	Extreme neerslag en stedelijke overstromingen	3-18
D.	Rivieroverstromingen.....	3-26
E.	Zeespiegelstijging en verzilting	3-34
F.	Droogte	3-37
G.	Storm	3-39
H.	Grondverschuiving	3-40
I.	Bosbranden	3-41
J.	Andere risico's	3-42
K.	Conclusie	3-42
4.	Kwetsbaarheden Mechelen	4-44
A.	Definitie CoM	4-44
B.	Socio-economische kwetsbaarheid	4-44
C.	Fysische kwetsbaarheid	4-61
D.	Conclusie	4-80
5.	Klimaatimpact	5-83
A.	Inleiding	5-83
B.	Gebouwen.....	5-83
C.	Transport.....	5-92
D.	Energie	5-97
E.	Water	5-101
F.	Afval.....	5-103
G.	Ruimtelijke planning.....	5-104
H.	Land- en bosbouw.....	5-108
I.	Natuur en biodiversiteit.....	5-110
J.	Gezondheid	5-114
K.	Civiele bescherming en noodgevallen.....	5-119
L.	Toerisme.....	5-120
M.	Economie.....	5-122
N.	Conclusie klimaatimpact.....	5-123
6.	Conclusie	6-126
7.	Glossarium	7-127
8.	Referenties.....	8-128
9.	Figuren en tabellen.....	9-131

Inleiding



1. Inleiding

Deze risico- en kwetsbaarheidsanalyse wordt opgemaakt binnen het kader van het burgemeestersconvenant. De hele analyse werkt dan ook toe naar het door Europa vooropgesteld rapporteringssjabloon voor de risico- en kwetsbaarheidsanalyse. De door Europa vooropgestelde definities worden ingevuld aan de hand van analyses met de lokale data en terreinervaringen. Deze leiden tot een inschatting van de verschillende risico's.

De analyse is opgedeeld in drie delen. In het eerste deel wordt er onderzocht in welke mate de klimaatverandering zorgt voor een gewijzigd klimaat in Mechelen aan de hand van 9 voor gedefinieerde klimaatrisico's. Voor elk risico wordt gekeken hoe vaak deze nu reeds voorkomen in Mechelen, en hoe dit zal evalueren onder klimaatverandering. Voorliggende analyse beschouwt hierbij verschillende tijdshorizonten: 2030, 2050 en 2100.

In het tweede gedeelte wordt onderzocht in welke mate het grondgebied van Mechelen kwetsbaar is voor klimaatverandering. Hier wordt enerzijds gekeken naar de Mechelse samenleving aan de hand van een socio-economische analyse, alsook naar fysieke kenmerken (waterlopen, hoogte, bodemsamenstelling, biodiversiteit, landbouwpraktijken ruimtelijke ordening, enzoverder). Deze aspecten bepalen immers de mogelijke impacts van klimaatverandering.

In het derde deel komen de twee voorgaande delen samen. Er wordt onderzocht in welke mate de voorspelde klimaatverandering een impact zal hebben op verschillende sectoren op het grondgebied. Hierbij wordt voor 11 sectoren onderzocht welke impact klimaatverandering op hen heeft. Er wordt bepaald of dit een ernstige impact is en op welke termijn deze zich kan voordoen. Hierbij wordt verondersteld dat er in tussentijd geen "klimaatadaptieve" maatregelen worden getroffen.



Figuur 1: Overzicht risico- en kwetsbaarheidsanalyse Mechelen

Methodologie



2. Methodologie

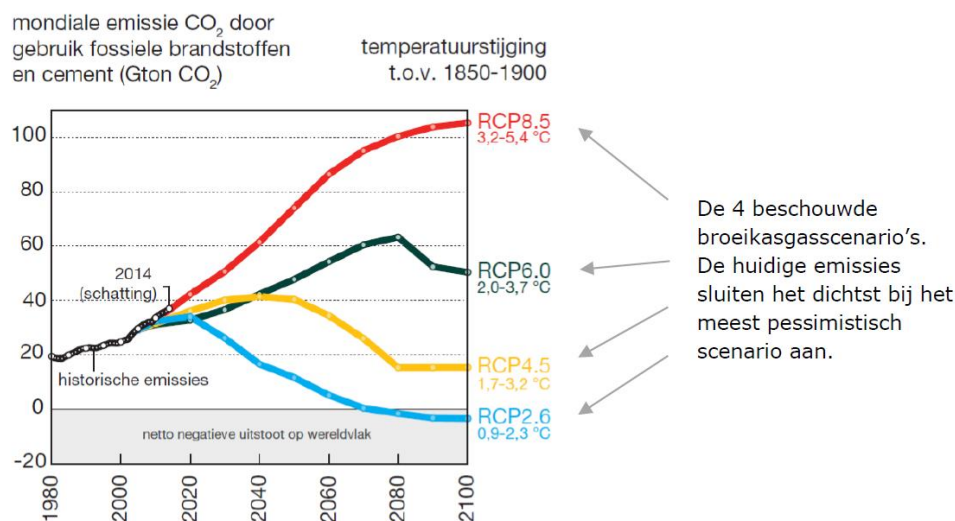
I. Scope

Voorliggende analyse betreft een "indicator based risk and vulnerability assessment". Dit betekent dat deze analyse niet beoogt om een volledige geografische analyse van het grondgebied Mechelen te maken vanuit een aantal onderscheiden deelzones. Deze analyse is voor wat betreft overstromingen en water wel te vinden in het hemelwaterplan van Mechelen (SweCo, 2019). Voorliggende analyse beoogt wel om de belangrijkste elementen van klimaatverandering te onderzoeken voor het grondgebied Mechelen op basis van een aantal indicatoren. Waar mogelijk wordt een onderscheid gemaakt tussen het oostelijke, verstedelijkte deel van het grondgebied en het westelijke landelijke gedeelte van het grondgebied. In het gedeelte over de kwetsbaarheid van Mechelen worden bovendien een aantal parameters op wijk of niveau van de statische sector onderzocht. Het betreft hier echter slechts een eerste exploratie.

II. Bronnen en data

De beschikbare data werden voornamelijk betrokken van het dataplatform van de centrumsteden (SWING), het Klimaatportaal Vlaanderen (VMM), diverse datasets van de Vlaamse Overheid (o.a. Geopunt en de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV)), Het MIRA klimaatrapport 2015 en bestaande risico- en kwetsbaarheidsanalyses (België, Vlaanderen, provincie Antwerpen, Gent, Brugge, Lier en Bonheiden). Deze data werden aangevuld met ervaringen op het terrein en het Hemelwaterplan van Mechelen (Sweco, 2019).

Data omtrent klimaatverandering is inherent onzeker. Niemand kan immers met zekerheid voorspellen hoe het toekomstig klimaat zal evolueren. De evolutie van het klimaat zelf is sterk afhankelijk van de (mondiale) uitstoot van broeikasgassen. Daarom schuift het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) verschillende scenario's naar voren die elk een andere uitstoot van broeikasgassen in de toekomst voorstellen, de zogenaamde "Representative Concentration Pathways" (zie ook **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**). Hoe hoger de uitstoot van broeikasgassen is, hoe sterker de toekomstige stijging van de temperatuur (en andere "klimaat effecten" zoals het voorkomen van extreme neerslag) zal zijn.



Figuur 2: Wereldwijde CO₂ uitstoot per RCP scenario, samen met de historische waarden tot 2014 (bron: (Sumaqua, 2019))

Deze risico- en kwetsbaarheidsanalyse gaat uit van het "Representative Concentration Pathway" (RCP) 8.5 scenario van het International Panel on Climate Change (IPCC) voor de toekomstige uitstoot voor broeikasgassen (tenzij anders vermeld). Dit is een extreem scenario's voor klimaatverandering, maar we volgen hier de redenering die ook voor het klimaatadaptatieplan van Brugge naar voor wordt geschoven:

"Uit de beschrijving in bovenstaande paragraaf kan men stellen dat RCP8.5 een extreem scenario is. Echter, wanneer men de historische waarden van CO₂ uitstoot naast de toekomstscenario's legt, lijkt dit extreem scenario helemaal niet onrealistisch. In tegendeel, het is nu wel al duidelijk dat de recente mondiale emissies van broeikasgassen bijna naadloos aansluiten op het meest extreme scenario (RCP8.5)." (Sumaqua, 2019)

Bovendien getuigt het van goed bestuur om ook met dergelijke meer extreme scenario's rekening te houden. De grootte van sommige impacts is immers dusdanig groot dat, zelfs als de kans op voorkomen van dergelijke impacts beperkter is, het beleid toch een strategie moet ontwikkelen die Mechelen weerbaar maakt tegen deze impacts. Het beleid vangt deze onzekerheden op door te streven naar een "no-regret aanpak": een strategische visie en concreet actieplan die effectief blijken in élk scenario, waarbij maatregelen gradueel uitgerold kunnen worden in functie van de werkelijke klimaatverandering. Om die latere uitrol evenwel mogelijk te maken, is nu reeds dergelijke strategische visie nodig. Een voorbeeld hiervan is het reserveren van ruimte om later maatregelen te implementeren indien nodig.

III. Evaluatie

De conclusie van de verschillende onderdelen worden steeds geformuleerd in het door Europa geformuleerde sjabloon. Hierbij worden 4 types evaluaties gemaakt (drop-down menu's).

Huidig risico

Vooreerst wordt er geëvalueerd in welke mate een bepaald risico zich momenteel manifesteert. Een risico wordt hierbij gedefinieerd als de waarschijnlijkheid van schadelijke gevolgen of verliezen vanuit een sociaal, economisch of milieuoogpunt. De grootte van de schadelijke gevolgen wordt niet beschouwd onder risico, maar wel onder de "graad van ernst" die apart bestudeerd wordt (zie verder). Het Burgemeestersconvenant geeft hier de mogelijkheden "laag-midden-hoog-niet gekend". Er wordt echter niet bepaald hoe de verschillend niveaus onderscheiden worden. In deze studie wordt er daarom gewerkt met volgende definities:

- Laag: Het risico stelt zich (bijna) niet
- Midden: Het risico stelt zich reeds maar doet zich niet jaarlijks voor.
- Hoog: Het risico stelt zich en doet zich jaarlijks voor

Afname/toename intensiteiten frequentie

Ten tweede wordt geëvalueerd of de frequentie en intensiteit van dit risico toeneemt of afneemt. Frequentie en intensiteit worden per risico verschillend ingevuld. Hierbij zijn de keuzemogelijkheden: stijging/daling/geen verandering/niet gekend. Deze zijn vanzelfsprekend en behoeven geen verdere definitie.

Waarschijnlijkheid klimaatimpact

Ten derde wordt er onderzocht hoe waarschijnlijk het is dat een bepaalde klimaatimpact (gevolg van klimaatverandering) zich voordoet. Hierbij worden vier niveaus onderscheiden: onwaarschijnlijk/mogelijk/waarschijnlijk/niet gekend. Het burgemeestersconvenant voorziet hiervoor geen definitie, daarom wordt volgende definitie naar voor geschoven in dit document:

- Onwaarschijnlijk: Er wordt ingeschat dat dit zich niet voor zal doen.
- Mogelijk: Er wordt ingeschat dat dit zich kan voordoen, maar dit is niet zeker
- Waarschijnlijk: Deze impact manifesteert zich reeds of er zijn reeds concrete aanwijzingen voor.

Ten vierde wordt er nagegaan in welke mate een klimaatimpact "ernstig" is. Hier worden opnieuw vier niveaus gegeven zonder definitie: laag/midden/hoog/niet gekend. Hier worden volgende definities aan gekoppeld:

- laag: De impact is voelbaar in/ heeft een impact op het dagelijkse leven van een deel van de bevolking of bedreigt natuurwaarden op een klein gedeelte van het grondgebied.
- Matig: De impact is voelbaar in/ heeft een impact op het dagelijkse leven van het merendeel van de bevolking of bedreigt natuurwaarden op een groot gedeelte van het grondgebied.
- Hoog: De impact is voelbaar in/ heeft een impact op het dagelijkse leven van de gehele bevolking of is levensbedreigend voor een gedeelte van de bevolking of bedreigt natuurwaarden op het gehele grondgebied.

Termijn

Tot slot wordt beoordeeld op welke termijn het risico of de impact toeneemt of afneemt. Hierbij biedt het burgemeestersconvenant wel een definitie van de termijnen. Hoewel het voorspellen wanneer een risico toeneemt erg moeilijk is, wordt hier toch steeds een poging toe gedaan. Er wordt gewerkt met 4 keuzemogelijkheden:

- Huidig: 2019
- Korte termijn: 0-5 jaar
- Middenlange termijn: 6-15 jaar
- Lange termijn: meer dan 15 jaar

IV. Juridische waarde document

Uit bovenstaande methodologie blijkt duidelijk dat er bij het voorspellen van lokale klimaatverandering en de impact hiervan zeer grote onzekerheden spelen. Niet enkel is de toekomstige uitstoot van broeikasgassen niet gekend, er is ook geen informatie over maatregelen die de verschillende actoren zullen nemen enz. Het is zeer belangrijk dit voor ogen te houden bij het lezen van voorliggend document. Gezien deze hoge onzekerheid en het statuut van dit document kunnen aan dit document ook geen rechten of plichten ontleend worden. Het betreft hier enkel een verkennende analyse gemaakt in het kader van een vrijwillig engagement bij Europa. Deze analyse heeft dan ook geen verdere juridische waarde en is dus ook niet **juridisch** bindend voor de stad of andere actoren. Het lokale bestuur kan niet worden aangesproken op basis van de analyses en conclusies uit dit rapport. Het lokale bestuur kan niet worden aangesproken op basis van de analyses en conclusies uit dit rapport..

Lokale klimaatverandering



3. Lokale klimaatverandering

A. Inleiding

In dit eerste gedeelte wordt onderzocht in welke mate de globale klimaatverandering zich doorzet in Mechelen. Hierbij wordt vertrokken vanuit het sjabloon van het burgemeestersconvenant. Dit wordt ingevuld aan de hand van de data beschikbaar in het klimaatportaal van de VMM, aangevuld met data uit de adaptatieplannen van Vlaanderen, de provincie en in mindere mate van andere steden en gemeenten.

B. Extreme hitte en koude

I. Definitie Covenant of Mayors

Hitte: De temperatuur boven het 90^e percentiel van de dagelijkse maximum temperatuur.

Koude: De temperatuur onder het 90^e percentiel van de dagelijkse minimum temperatuur.

II. Lokale gegevens

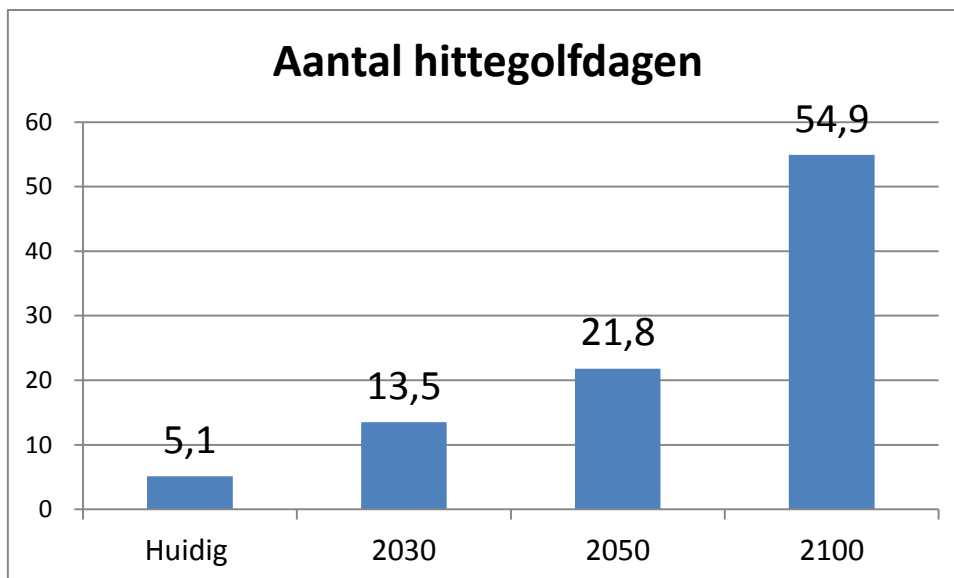
In Vlaamse (VMM, 2015; KMI) rapportage wordt gewerkt met verschillende types dagen om temperatuurextremen in kaart te brengen. Daarnaast wordt ook gewerkt met hittegolfdagen.

- Vorstdagen: dagen waarop de minimumtemperatuur onder 0°C ligt
- Zomerse dagen: dagen waarop de maximumtemperatuur 25°C of meer bedraagt
- Tropische dagen: dagen waarop de maximumtemperatuur 30°C of meer bedraagt
- Tropische nachten: nachten waarop de minimumtemperatuur 20 °C of meer bedraagt
- Hittegolf: minstens 5 opeenvolgende dagen een maximumtemperatuur van minstens 25 °C halen, waarbij op minstens drie dagen een maximumtemperatuur van 30 °C.

In onderstaande tabel wordt het huidig aantal van deze verschillende type dagen en de prognose onder het "Hoog impact"-scenario weergegeven.

Temperatuur Mechelen	Huidig	2030	2050	2075	2100
Aantal tropische dagen	4,4	17,5	20,5	25,5	38,6
Aantal tropische nachten	1,0	21,9	27,9	35,9	49,6
Aantal vorstdagen	38,3	33,7	26,1	15,7	9,2
Aantal hittegolfdagen per jaar	5,1	13,5	21,8	/	54,9
Gemiddelde temperatuur (°C) per jaar	10,1	12,3	13,4	14,8	16,2
Gemiddelde temperatuur (°C) winter	3,1	5,1	6,1	7,3	8,5
Gemiddelde temperatuur (°C) zomer	17,2	20,2	21,6	23,5	25,3
Gemiddelde maandtemperatuur (°C) augustus	17,7	/	/	/	26,8
Gemiddelde maandtemperatuur (°C) januari	2,4	/	/	/	7,9

Tabel 1: Temperatuur Mechelen (bron: VMM, 2019)



Figuur 3: Aantal hittegolfdagen per jaar (bron: (VMM, Klimaatportaal) – eigen bewerking)

Analyse van de temperatuurreksen van het KMI toont aan dat de temperatuur nu reeds met meer dan 2°C is gestegen sinds 1850. Daarmee zit Vlaanderen een stuk boven de mondiale temperatuurstijging. Uit het MIRA klimaatrapport blijkt bovendien dat er nu reeds significant meer tropische dagen zijn in Ukkel dan in 1968 (1 extra dag per 17 jaar) en dat zowel de lengte (aantal dagen tijdens hittegolven in een jaar), het gewicht (de mate waarin de temperatuur boven 25°C stijgt), en de intensiteit (verhouding gewicht – lengte) van de hittegolven een oplopende trend vertoont, die enkel voor de lengte van de hittegolven significant blijkt te zijn (VMM, MIRA climate report 2015, 2015).

Schattingen van het IPCC geven een te verwachten mondiale temperatuurstoename van 3,2°C tot 5,4°C tegen het jaar 2100 in het klimaatscenario RCP8.5 (dat ook in deze risico- en kwetsbaarheidsanalyse beschouwd wordt). Uit bovenstaande tabel blijkt dat Mechelen met een mogelijke stijging van 6,1°C ten opzichte van het huidig klimaat opnieuw meer getroffen kan worden dan het mondiale gemiddelde.

III. Evaluatie risico

Extreme koude

Uit bovenstaande data blijkt dat het risico op extreme koude momenteel zeer beperkt is en afneemt naar aanleiding van de klimaatverandering. Extreme koude heeft bovendien momenteel slechts zeer beperkte (gezondheids)gevolgen in Vlaanderen. Het huidige risico wordt dus ingeschaald als laag en de prognoses zijn dat het risico en de intensiteit nog zullen verminderen. Dit risico wordt dus niet verder opgenomen in de risicoanalyse.

Extreme hitte

In de afgelopen eeuw zijn zowel de frequentie als de intensiteit van hittegolven in Vlaanderen significant toegenomen. Het huidige risico wordt dus ingeschaald als gemiddeld.

Er wordt een stijging in gemiddelde jaartemperatuur verwacht voor Mechelen (zowel op korte termijn als op middellange en lange termijn). Elke gemiddelde maandtemperatuur

stijgt, al zijn hier verschillen merkbaar tussen de verschillende maanden. De sterkste stijging manifesteert zich in de zomermaanden. Deze stijgende temperatuur vertaalt zich in de zomer in hittegolven. Reeds in 2030 (middellange termijn) zien we een toename van het aantal hittegolven en hittegolfdagen. Bovendien verhoogt de intensiteit van deze periodes van extreme hitte. Dit blijkt uit het toegenomen aantal tropische dagen, tropische nachten en de lengte van de zomerse hittegolven. De stijging van de intensiteit en frequentie van het risico wordt ingeschaald op korte termijn, gezien het hoge aantal tropische dagen in de laatste 5 jaar (De Boosere, 2019)

Climate Hazard Type	Current hazard risk level	Expected change in intensity	Expected change in frequency	Timeframe	Risk-related indicators
<u>Extreme Heat</u>	Moderate	Increase	Increase	Current	Aantal hittegolfgraaddagen
<u>Extreme Cold</u>	Low	Decrease	Decrease	Short-term	Aantal vorstdagen

Tabel 2: Temperatuur SECAP template

C. Extreme neerslag en stedelijke overstromingen

I. Definitie Covenant of Mayors

Voorliggende risicoanalyse beschouwt extreme neerslag en stedelijke overstromingen tezamen. Onder stedelijke (pluviale) overstromingen worden overstromingen verstaan die voorkomen na korte hevige buien ten gevolge van oppervlakkige afstroming. Een typisch voorbeeld is wateroverlast in een stedelijke omgeving na een kort maar hevig zomeronweder wanneer de riolering het water niet kan slikken.

Rivieroverstromingen (fluviale overstromingen) worden in sectie D afzonderlijk beschouwd, omdat de oorzaak ook verschillend is. Rivieroverstromingen ontstaan immers veelal na langere periodes van (veel) neerslag, in tegenstelling tot de kortstondige maar zeer hevige neerslag die leiden tot stedelijke (pluviale) overstromingen.

II. Lokale gegevens

Als indicatoren wordt enerzijds gewerkt met data rond extreme neerslagbuien, en anderzijds met data rond stedelijke wateroverlast. Beide worden hieronder toegelicht.

Neerslagstatistieken m.b.t. extreme neerslag

Ten gevolge van klimaatverandering zullen de neerslagpatronen grondig veranderen. Hierbij moet een onderscheid gemaakt worden tussen veranderingen van kortstondige extreme neerslagbuien enerzijds, en neerslaghoeveelheden over langere periodes anderzijds. Beide leiden immers tot andere klimaatimpacts. Extreme kortstondige neerslagbuien leiden bijvoorbeeld tot stedelijke wateroverlast, terwijl veranderingen van neerslaghoeveelheden over langere periodes kunnen leiden tot rivieroverstromingen of droogte.

Deze sectie bespreekt de veranderingen van extreme maar kortdurende neerslagbuien. De veranderingen worden in kaart gebracht aan de hand van indicatoren op Vlaams niveau (VMM, MIRA climate report 2015, 2015) en deze voor Mechelen (VMM, Klimaatportaal). Veranderingen in neerslag over langere periodes worden besproken in sectie D – "Rivieroverstromingen" en sectie F – "Droogte", aangezien die veranderingen gerelateerd zijn aan deze impacts.

Uit het MIRA klimaatrapport 2015 (VMM, MIRA climate report 2015, 2015) blijkt dat het gemiddeld aantal dagen met zware neerslag (min. 20 mm/dag) per jaar reeds verdubbelde sinds het begin van de jaren '50 (van 3 naar 6 dagen). Deze tendens is echter nog niet opgepikt voor Mechelen in het VMM klimaatportaal (VMM, Klimaatportaal). Het MIRA klimaatrapport 2015 voorspelt dat de extreme dagneerslagintensiteiten in de winter enkel zullen toenemen voor de minder frequente (terugkeerperiode) extremen. In de zomer zien de onderzoekers een toename van de dagneerslagintensiteit in extremen. De intensiteit van de neerslag zal dus stijgen, vooral in de zomer (hevigere zomerbuien). Ook voor de binnenstad van Brugge wordt een vergelijkbaar effect verwacht. Hier spreekt men van een toename van 30-50% (winter-zomer) voor extreme dagneerslag met een terugkeerperiode van 20 jaar (Sumaqua, 2019). Dergelijke piekregens kunnen voor meer stedelijke wateroverlast zorgen. Dit aspect wordt verderop in deze sectie behandeld.

over 100 jaar						
	1 jaar	2 jaar	5 jaar	10 jaar	20 jaar	30 jaar
hoog	+38 %	+43 %	+62 %	+66 %	+109 %	+138 %
midden	-2 %	+4 %	+8 %	+13 %	+9 %	+9 %
laag	-42 %	-29 %	-25 %	-25 %	-33 %	-41 %
over 50 jaar						
	1 jaar	2 jaar	5 jaar	10 jaar	20 jaar	30 jaar
hoog	+19 %	+22 %	+31 %	+33 %	+55 %	+69 %
midden	-1 %	+2 %	+4 %	+7 %	+5 %	+5 %
laag	-21 %	-15 %	-13 %	-13 %	-17 %	-21 %
over 30 jaar						
	1 jaar	2 jaar	5 jaar	10 jaar	20 jaar	30 jaar
hoog	+11 %	+13 %	+19 %	+20 %	+33 %	+41 %
midden	-1 %	+1 %	+2 %	+4 %	+3 %	+3 %
laag	-13 %	-9 %	-8 %	-8 %	-10 %	-12 %

Bron: KU Leuven in MIRA Onderzoeksrapport 'Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen' (2015)

Figuur 4: Klimaatscenario's voor de verandering in neerslagintensiteit voor verschillende terugkeerperioden (Ukkel) (bron: (VMM, MIRA climate report 2015, 2015))

Uit het klimaatportaal van de VMM (VMM, Klimaatportaal) blijkt dat zowel het aantal dagen met zware neerslag als de intensiteit van de buien met een terugkeerperiode van één jaar en 20 jaar toenemen.

Extreme neerslag Mechelen	Huidig	2030	2050	2075	2100
Aantal dagen met zware neerslag (meer dan 20 mm. /dag)	3,5	7,9	10,1	12,9	15,6
Extreme neerslag eens per jaar (mm per bui)	31,3	33,5	35,1	37,6	42,9
Extreme neerslag eens per 20 jaar (mm per bui)	62,6	70,8	76,4	86,4	105,8

Tabel 3: Extreme neerslag Mechelen (bron: (VMM, Klimaatportaal)

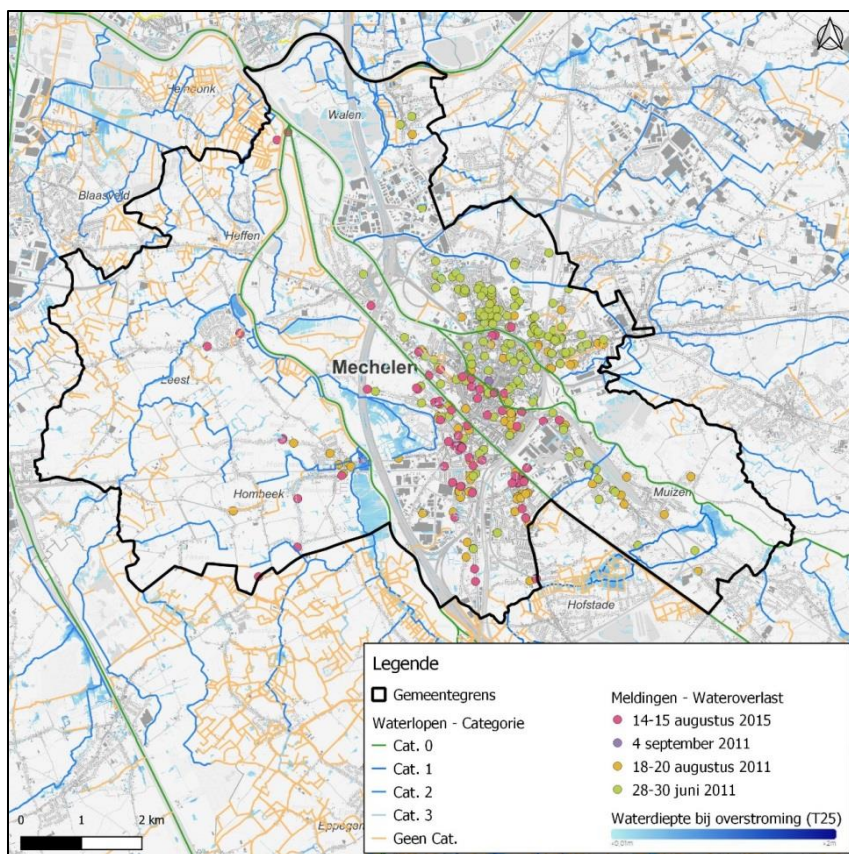
Stedelijke (pluviale) wateroverlast

Huidig klimaat

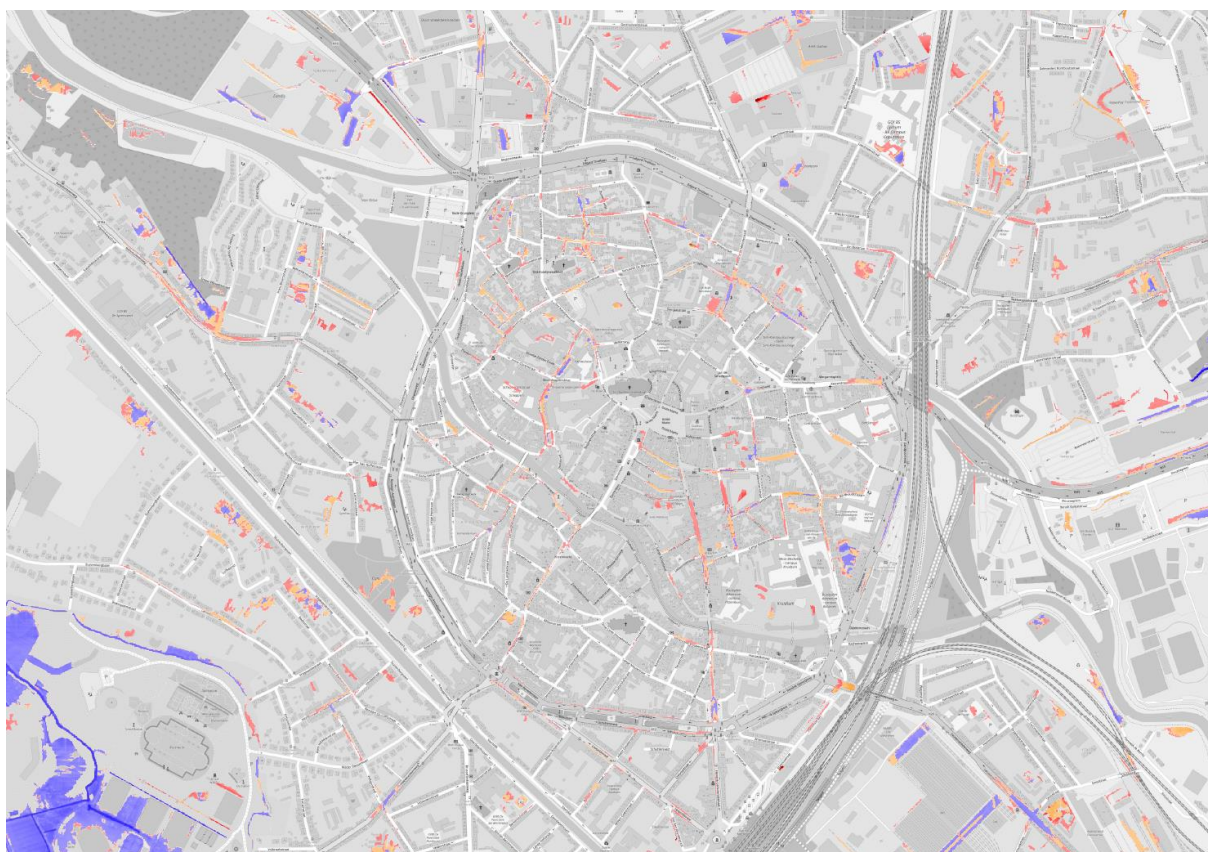
Meer extreme neerslag resulteert in meer stedelijke (pluviale) wateroverlast. Om deze impact te bestuderen wordt gebruik gemaakt van de pluviale overstromingskaart voor Vlaanderen (de zogenaamde VLAGG-kaart), aangevuld met bijkomende simulaties met meer gedetailleerde rioleringsmodellen. Deze analyse is ook gebaseerd op de gegevens uit het Hemelwaterplan van Mechelen, dat momenteel in opmaak is (Sweco, 2019).

De pluviale overstromingskaart van Vlaanderen (VLAGG-kaart) toont de afstroming van water over het maaiveld en identificeert stroompaden en locaties waar water accumuleert. De pluviale overstromingskaart werd vereenvoudigd gemodelleerd gebruik makend van de T25 composietbui. Dit is een synthetische bui die gemiddeld eens per 25 jaar voorkomt. Deze pluviale overstromingskaart is ook beschikbaar voor andere composietbuizen met verschillende terugkeerperiodes (T10, T100, T1000), maar de T25 composietbui leunt het dichtst aan bij de T20 composietbui die vandaag gebruikt wordt om rioleringsstelsels te dimensioneren (Code van goede praktijk voor het ontwerpen van rioleringen). Daarom wordt vooral gefocust op deze terugkeerperiode.

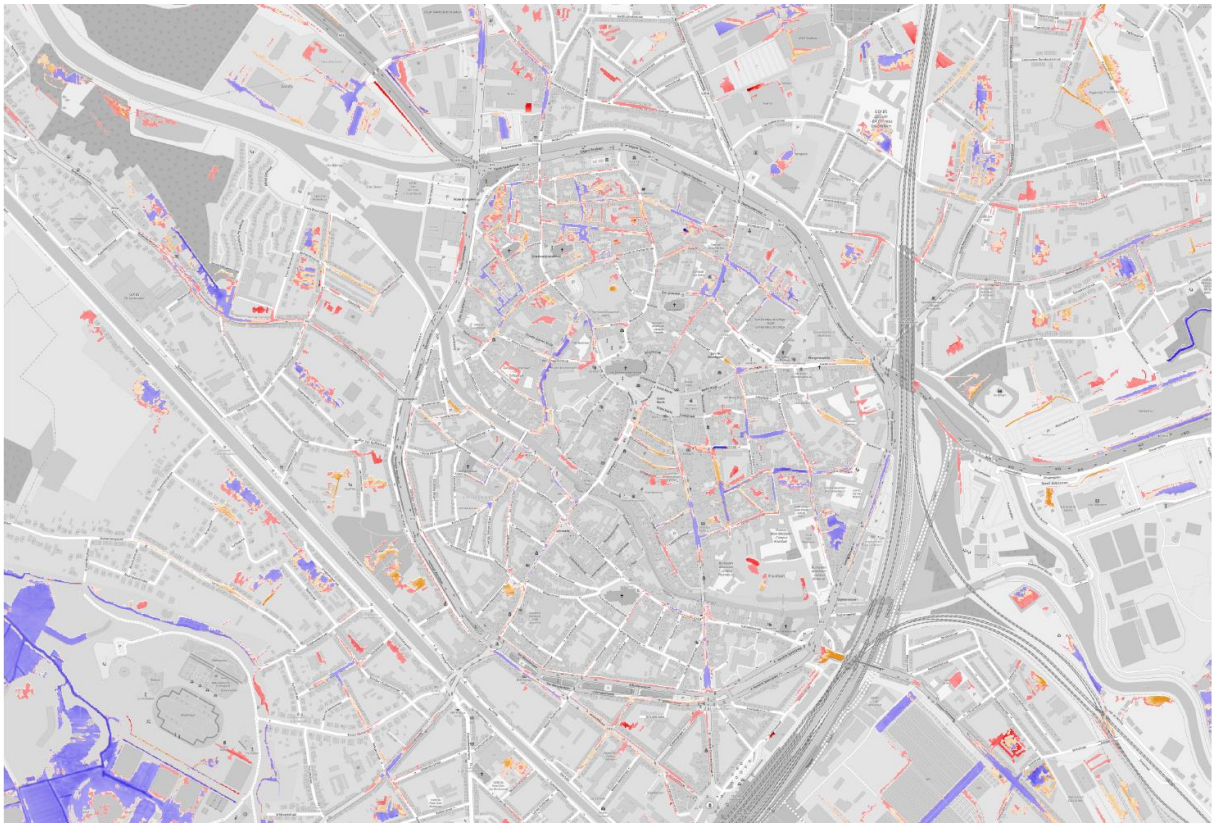
Figuur 5 toont de VLAGG-kaart voor Mechelen in het huidig klimaat voor een de T25 composietbui. Daarnaast zijn ook de interventies van de brandweer aangegeven voor verschillende historische stormen. Hieruit is te concluderen dat er de afgelopen 10 jaar minstens 4 stormen zijn overgetrokken (allen in de zomer) die geleid hebben tot wijdverspreide wateroverlast. De wateroverlastinterventies van de brandweer zijn niet zozeer geconcentreerd in 1 bepaalde regio, maar verspreid over het ganse bebouwde gebied. Eventueel is een licht verhoogde concentratie aan meldingen te zien in het noordelijk bebouwd gebied. Dit kan ofwel veroorzaakt worden door een meer kwetsbaar systeem (bijvoorbeeld door een te beperkte opvang- en afvoercapaciteit), of doordat in die regio een zwaardere storm overtrok. Dit is niet af te leiden op basis van deze data.



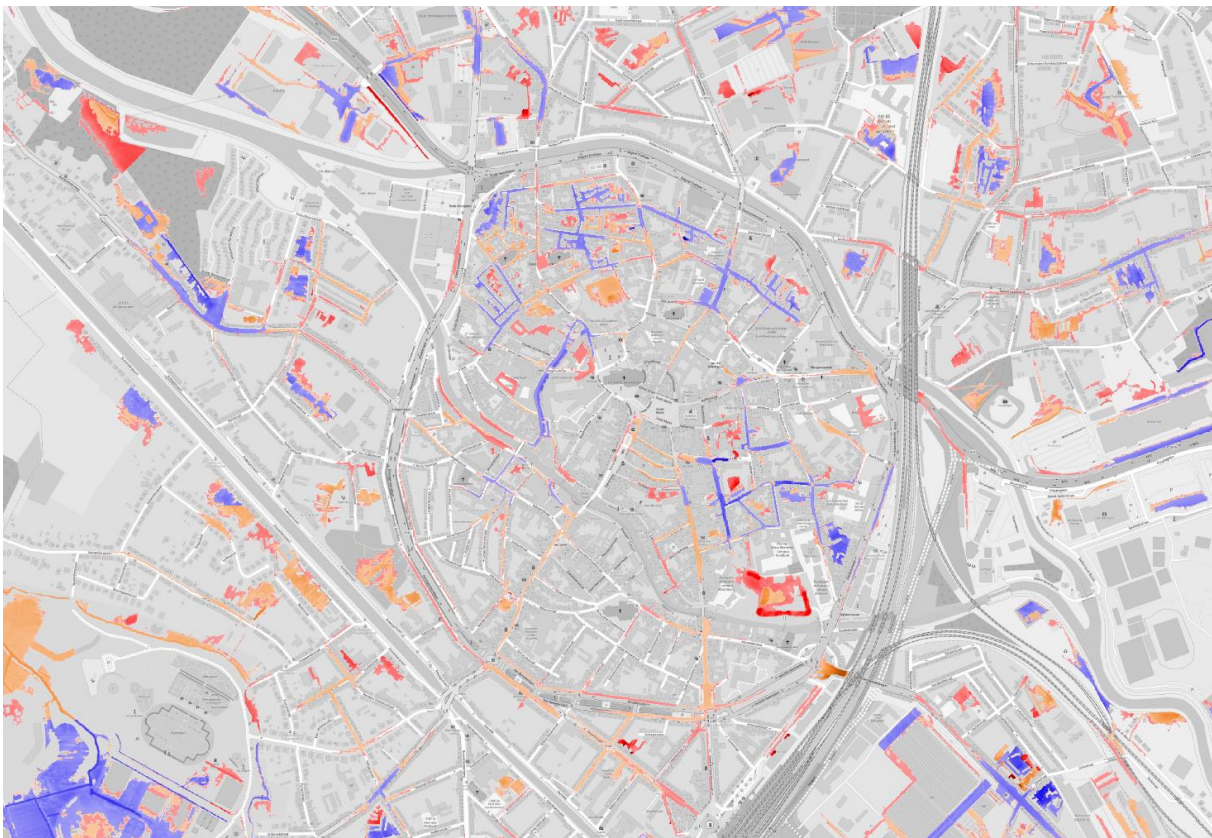
Figuur 5: Waterdiepte bij overstroming in het huidig klimaat voor een T25-composietbui zoals opgenomen in de VLAGG-kaart. Ook historische meldingen van wateroverlast zijn aangeduid (bron: (Sweco, 2019).



Figuur 6: Aangroei overstrooming centrum op basis van VLAGG kaart bij T10 bui



Figuur 7: Aangroei overstromingen centrum op basis van VLAGG kaart bij T25 bui

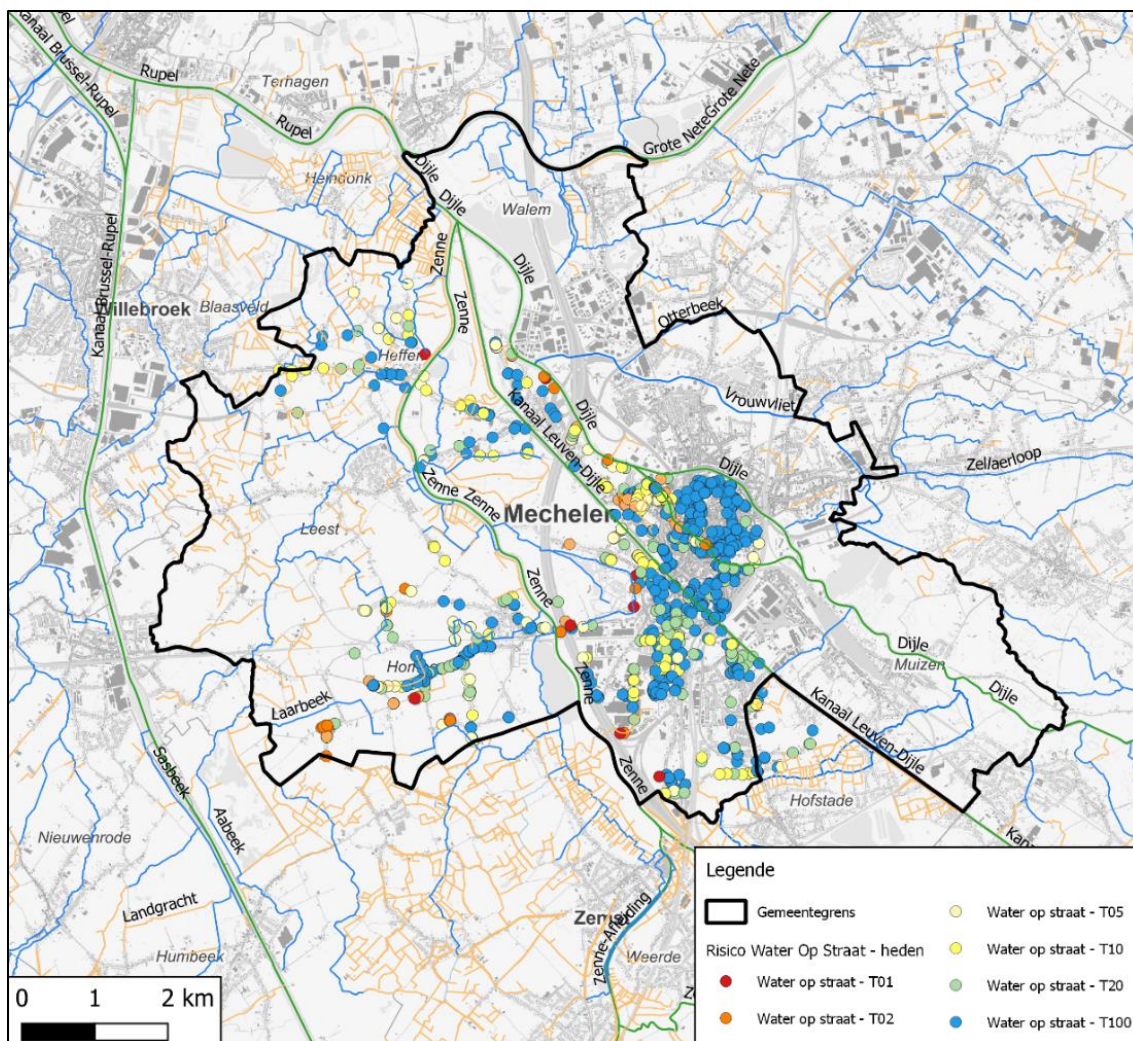


Figuur 8: Aangroei overstrooming centrum op basis van VLAGG kaart bij T100 bui

Naast de VLAGG-kaarten werden ook simulaties uitgevoerd met het rioleringsmodel (Hydronautmodel). In tegenstelling tot de VLAGG-kaarten bevat dit rioleringsmodel een uitgebreid en zeer gedetailleerd inventaris van alle rioleringsinfrastructuur. De huidige Hydronautmodellen van Mechelen zijn van het 1D-1D type, wat betekent dat enkel wateroverlast *vanuit* de riolering gesimuleerd kan worden. Met andere woorden, de oppervlakkige afstroming die tot wateroverlast leidt en gesimuleerd wordt door de VLAGG-kaarten, wordt niet beschouwd door de rioleringsmodellen. De rioleringsmodellen veronderstellen dat de afwatering van de verharding tot in de riolering kan lopen, en vervolgens water vanuit de riolering op straat terecht kan komen. Daarom is het complementair gebruik van beide modellen en kaarten aangewezen.

Aangezien het rioleringsmodel van Mechelen-Noord tijdens deze analyse niet beschikbaar was, werd voor Mechelen-Noord de wateroverlast vanuit riolering niet meegenomen. Voor deze zone werd bijgevolg enkel de VLAGG-kaart gebruikt. Bij de opmaak van deze kaarten zijn echter wel reeds aannames gebeurd om de afvoer en capaciteit van rioleringen (weliswaar vereenvoudigd) in rekening te brengen.

Figuur 9 toont de locaties waar water op straat ontstaat bij simulatie van het rioleringsmodel met composietbuizen met verschillende terugkeerperiodes (T1 tot T100) onder het huidige klimaat. Een T1 composietbui stelt een bui voor die gemiddeld eens per jaar voorkomt, terwijl een T100 bui een meer extreme storm voorstelt die slechts eens per eeuw gebeurt. Vanzelfsprekend zullen deze terugkeerperiodes veranderen ten gevolge van klimaatverandering. Op deze figuur is te zien dat water op straat opnieuw wijdverspreid voorkomt over het ganse bebouwde gebied. Er moet vooral gefocust worden op de locaties die bij lagere terugkeerperiodes (T1-T20) water op straat vertonen. Die locaties zullen immers vaker overstroomd worden dan de zones met hogere terugkeerperiode. Deze meer kritieke locaties komen ook verspreid over het ganse bebouwde gebied voor.



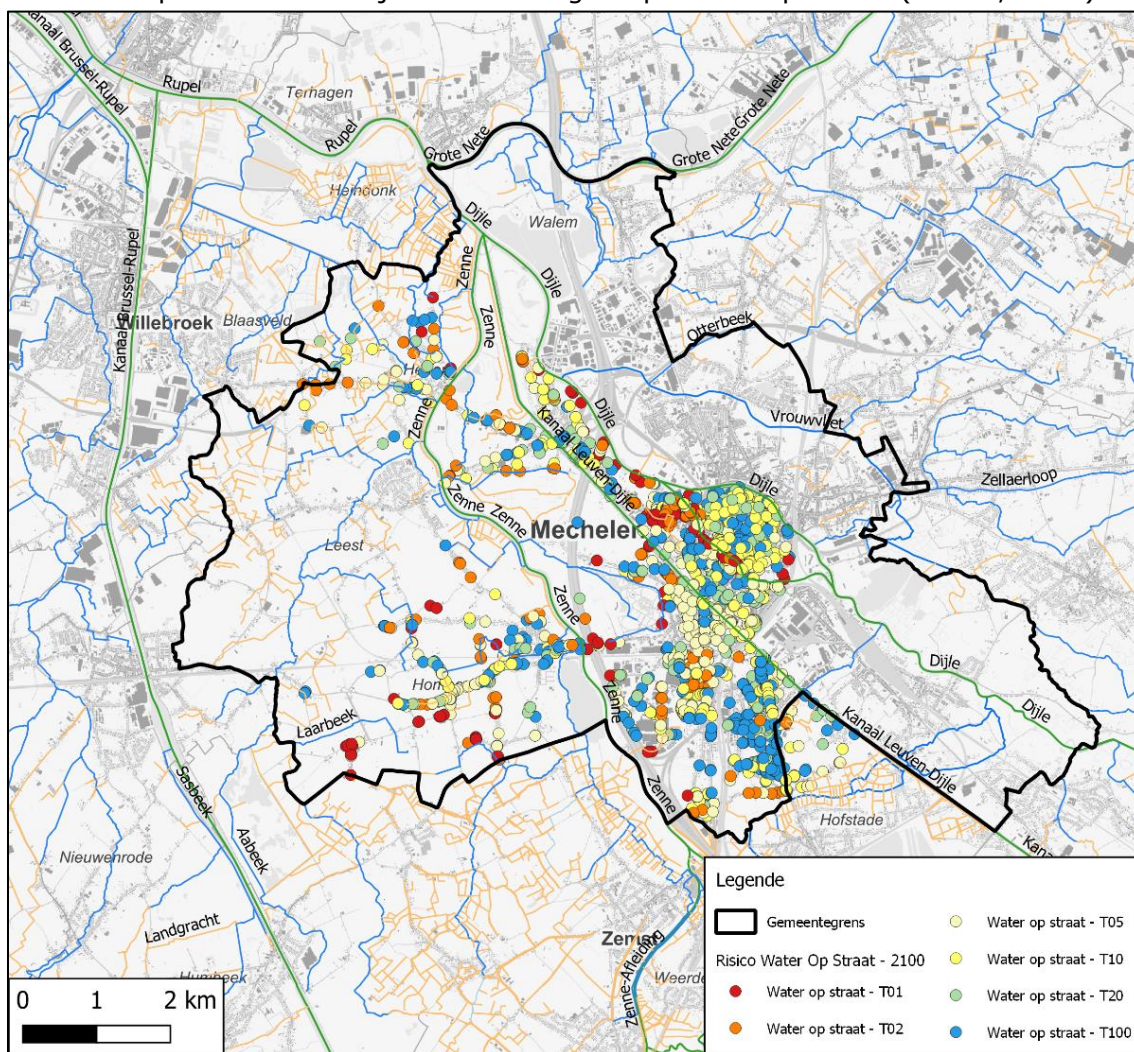
Figuur 9: Water op straat voor de verschillende composietbuizen onder het huidige klimaat (gemiddeld waterpeil). (bron: (Sweco, 2019))

Aangezien water op straat niet altijd wateroverlast betekent, is het van belang om ook rekening te houden met het landgebruik in overstromingsgevoelige gebieden. Hiermee wordt de "impact" van een overstroming bedoeld. Zo zal 'water op straat' op plaatsen waar er minder bebouwing is niet noodzakelijk wateroverlast veroorzaken. Daarom worden landgebruiksgegevens, zoals de locatie van huizen, gebouwen en kwetsbare instellingen, gecombineerd met de VLAGG-kaarten. Een combinatie met de riolerings simulaties is niet mogelijk, aangezien de riolerings simulaties puntlocaties teruggeven en geen kaarten.

Toekomst

De extreme neerslag zal ook zijn weerslag hebben op het rioleringsstelsel. Riolen zullen onder de huidige dimensionering jaarlijks in plaats van tweejaarlijks overlopen in 2100. Er ontstaat dus een nood van 15-35% meer bergingscapaciteit om de huidige frequentie van overstorten (eenmaal om de twee jaar) niet te laten oplopen tot tweemaal per jaar. Voor de doorkijk naar wateroverlast in de toekomst werd het model van Mechelen-Zuid doorgerekend met de klimaatbuizen 2100 – High Summer scenario. Op deze manier kon de wateroverlast vanuit de riolerings simulaties bekeken worden. Figuur 10 toont de resultaten van deze simulaties. De resultaten uit het model na doorrekening van de klimaatbuizen tonen

aan dat dat er een heel aantal nieuwe locaties zijn waar water op straat zal optreden en dat water op straat reeds bij kleinere terugkeerperiodes optreedt. (Sweco, 2019)



Figuur 10: Water op straat bij doorrekenen rioolmodel voor de verschillende klimaatbuien (2100, gemiddeld waterpeil op de ontvangende waterlopen). (bron: (Sweco, 2019))

III. Evaluatie risico

Uit bovenstaande bovenlokale en lokale gegevens wordt afgeleid dat het risico van extreme neerslag en stedelijke wateroverlast momenteel nog "gemiddeld" is: de laatste decennia is wel reeds een sterke stijging van wateroverlast in een stedelijke omgeving waargenomen, met onder andere 4 stormen in de afgelopen 10 jaar die wijdverspreide schade hebben veroorzaakt.

De prognoses zijn echter dat zowel de frequentie (aantal extreme buien) als de gevolgen (de overstroomde oppervlakte) van extreme neerslag sterk zullen toenemen. Deze toename van extreme neerslag zet zich reeds door, maar is een traag proces. De termijn waarop dit risico verontrust wekkend verhoogt, wordt op 6-15 jaar ingeschaald, gezien de trage stijging.

Climate Hazard Type	Current hazard risk level	Expected change in intensity	Expected change in frequency	Timeframe	Risk-related indicators
Extreme Precipitation	Moderate	Increase	Increase	Medium-term	*Aantal dagen met zware neerslag *Extreme neerslag eens per (20) jaar (mm per bui) *Aantal meldingen brandweer

Tabel 4: Extreme neerslag SECAP template

D. Rivieroverstromingen

I. Definitie Covenant of Mayors

De gebruikte definitie van overstromingen wijkt iets af van deze van het Covenant of Mayors. Het Covenant of Mayors beschouwt typisch zowel rivieroverstromingen als pluviale en kustoverstromingen tezamen. Voorliggende studie bekijkt rivier- en stedelijke (pluviale) overstromingen echter afzonderlijk, aangezien hun oorzaak ook verschillend is. Voor pluviale overstromingen wordt verwezen naar paragraaf C – “Extreme neerslag en stedelijke overstromingen”.

II. Lokaal beschikbare gegevens

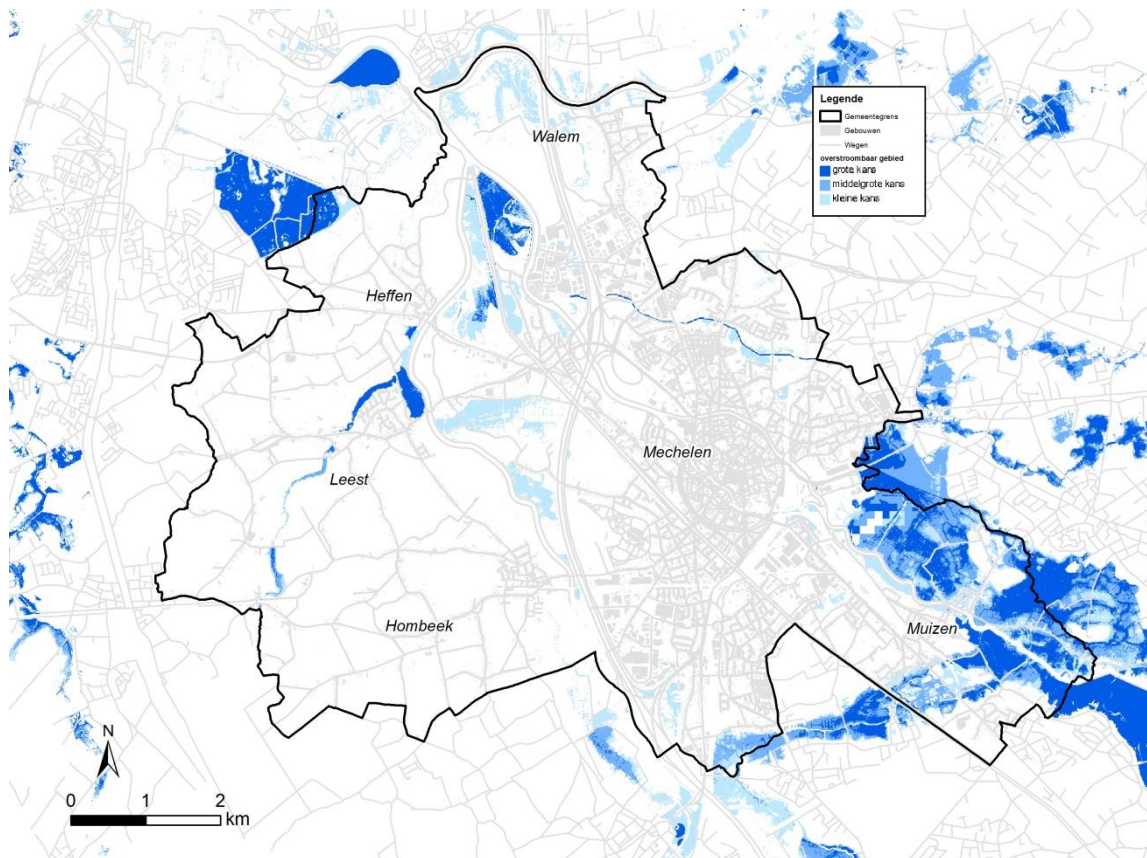
Naast veranderingen in het voorkomen van extreme kortstondige buien (zie sectie C – “Extreme neerslag en stedelijke overstromingen”) zullen ook neerslagpatronen over langere periodes veranderen. Het MIRA klimaatrapport geeft aan dat winters natter worden, en zomers droger. De relevante neerslaggegevens voor Mechelen zijn samengevat in onderstaande tabel. Hieruit blijkt dat de gemiddelde winterneerslag (het hydrologisch winterseizoen loopt van oktober t.e.m. maart) toe kan nemen van circa 207 mm tot mogelijks 267 mm in het jaar 2100, terwijl de potentiële verdamping in de winter toeneemt van 33 mm tot slechts 43 mm. Deze te verwachten toename in netto neerslag zorgt voor een “vernatting” van het landschap, en verhoogt de kans op rivieroverstromingen. Deze sectie bespreekt het voorkomen van dergelijke rivieroverstromingen in Mechelen voor het huidig en toekomstig klimaat.

Neerslag in Mechelen	Huidig	2030	2050	2075	2100
Aantal droge dagen per jaar	174,6	197,3	209,5	225,2	238,6
Lengte droge periode (dagen)	24,8	36,7	42,7	50,2	57,7
Aantal dagen per jaar met neerslag	190,4	167,7	155,5	139,8	126,4
Neerslagtotaal (mm) per jaar	764,9	818,4	864,3	933,1	965,3
Neerslagtotaal (mm) winter	206,9	209,5	221,1	240,5	266,8
Neerslagtotaal (mm) zomer	193,8	171,6	156,2	131,1	119,4
Totale jaarlijkse verdamping (mm)	547,0	587,0	620,0	669,0	690,0
Potentiële verdamping winter (mm)	32,5	35,4	37,7	41,2	43,1
Potentiële verdamping zomer (mm)	257,3	272,7	285,6	306,2	316,2

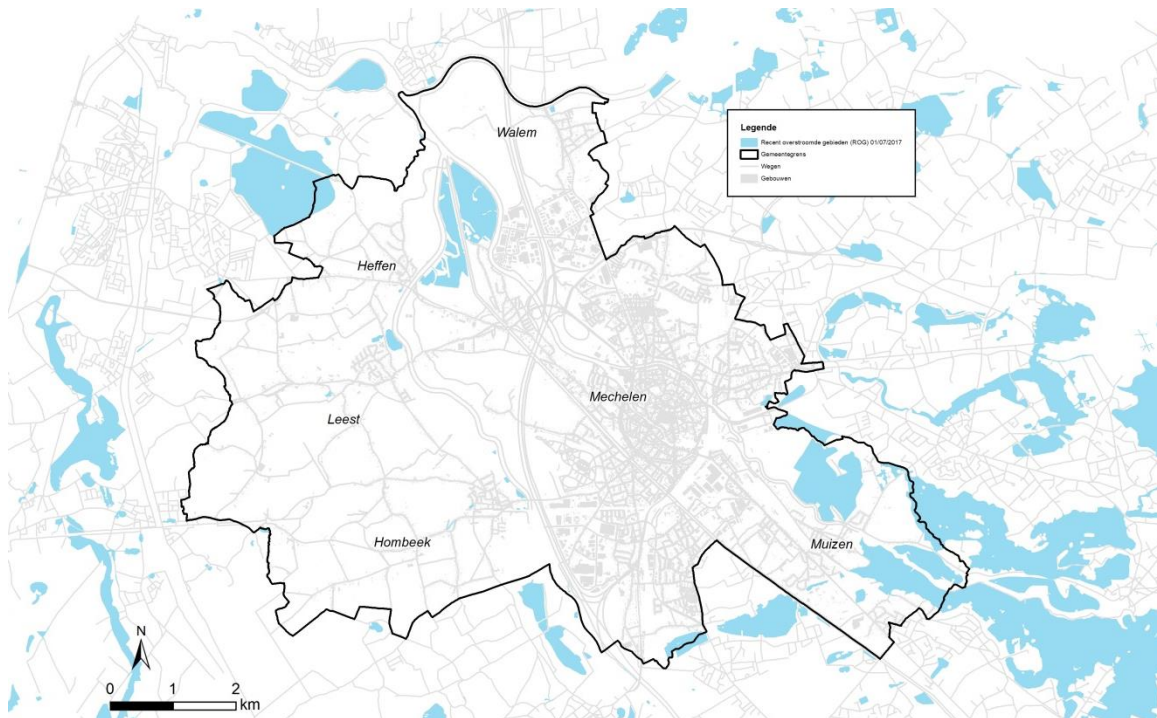
Tabel 5: Neerslag in Mechelen (bron: (VMM, Klimaatportaal))

Huidig klimaat

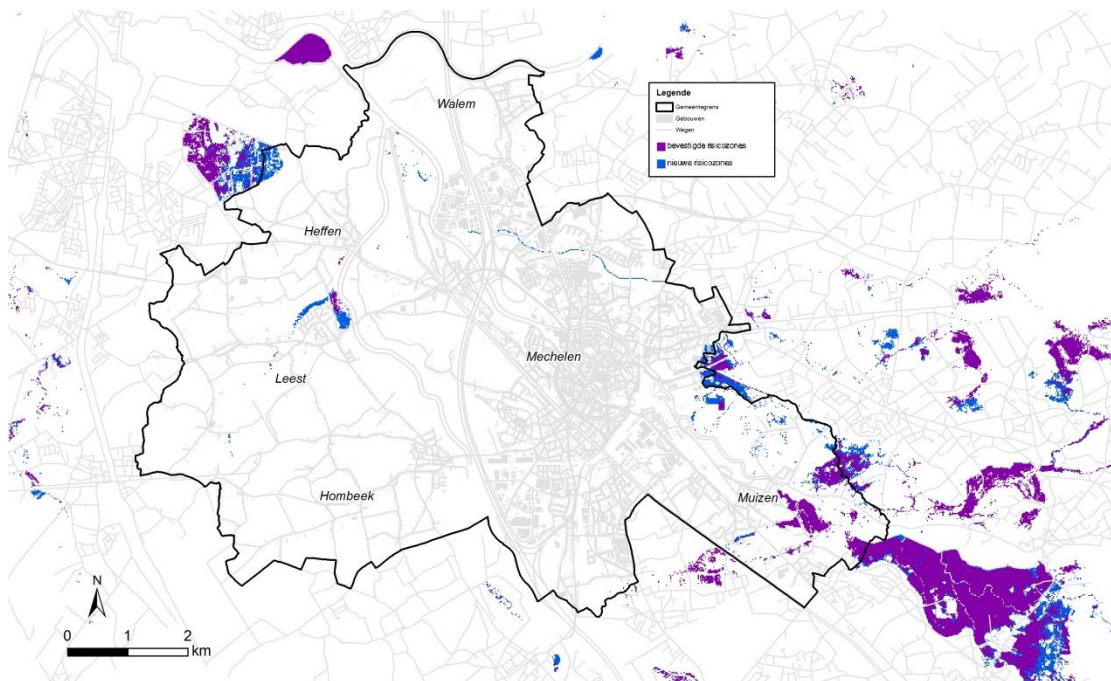
Om een zicht te krijgen op de kans op overstromingen vandaag, worden verschillende bronnen gecombineerd: de kaarten van de watertoets (o.a. overstromingsgevoelige gebieden, risicozones en recent overstroomde gebieden), en informatie uit het Hemelwaterplan van Mechelen dat momenteel in opmaak is (Sweco, 2019).



Figuur 11: Overstroombare gebieden Mechelen (bron: (VMM))



Figuur 12: Recent overstromde gebieden (Bron: (VMM))

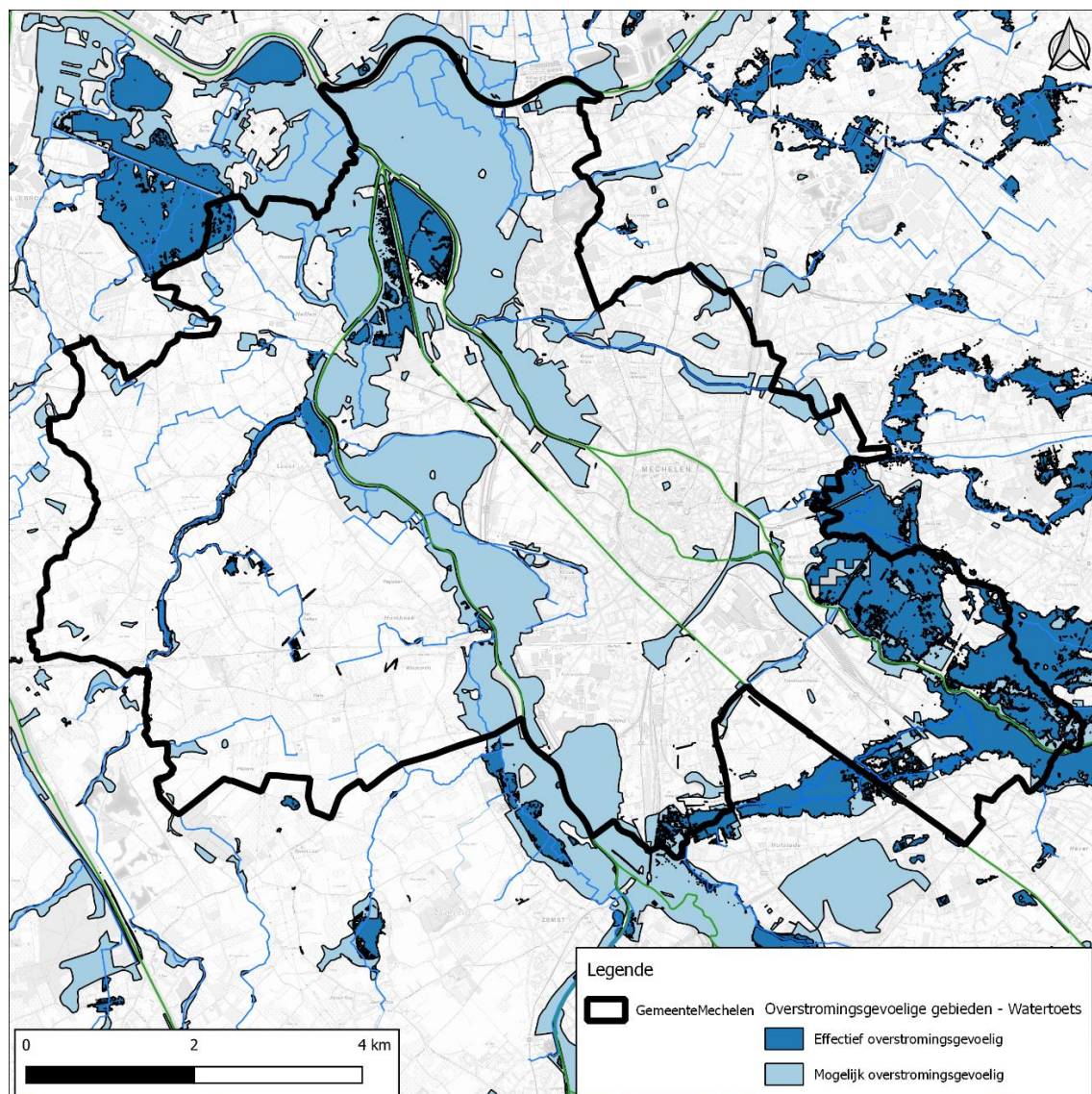


Figuur 13: Nieuwe en bevestigde risicozones overstromingen (Bron: (VMM))

De watertoetskaart van de overstromingsgevoelige gebieden toont de effectief en de mogelijks overstromingsgevoelige gebieden in Mechelen. Op de kaart zijn de effectief overstromingsgevoelige gebieden de zones waar in het verleden overstromingen werden vastgesteld (een aan het DHM gecorrigeerde versie van de zogenaamde ROG of recent overstromde gebieden), alsook de gemodelleerde overstromingsgebieden langsheen onbevaarbare en bevaarbare waterlopen die gemiddeld gezien eens per eeuw overstromen in het huidig klimaat. De mogelijk overstromingsgevoelige gebieden zijn een

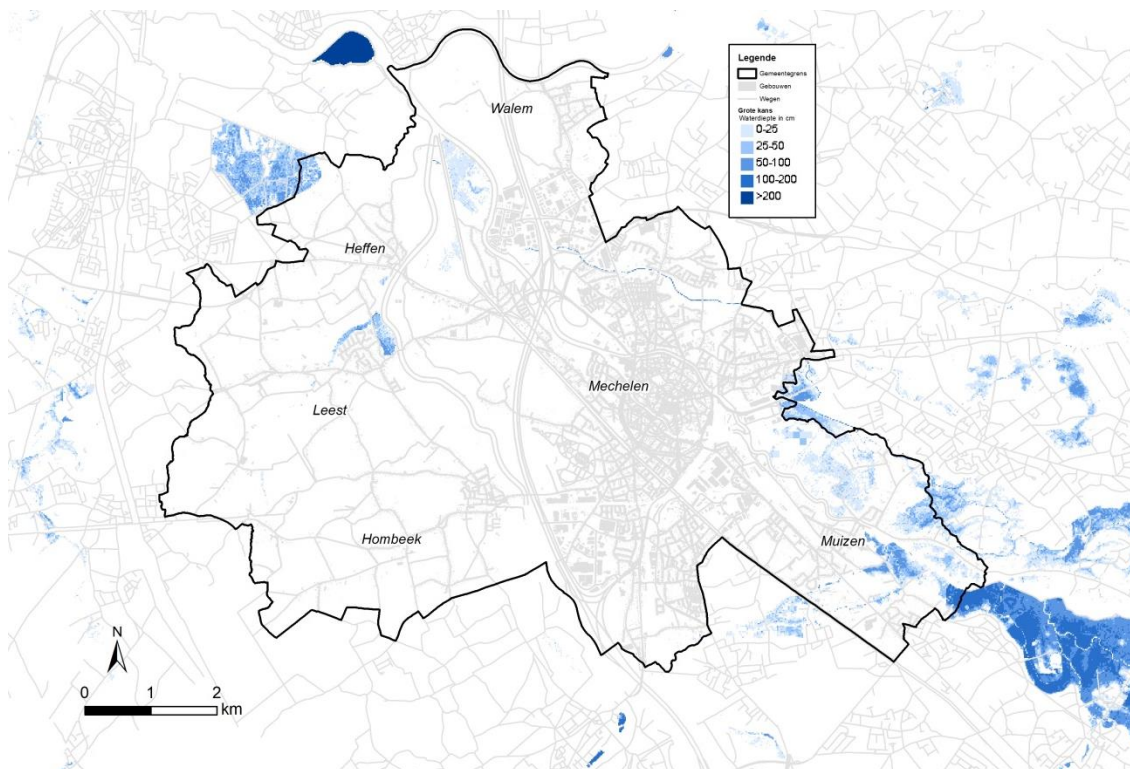
selectie van de van nature overstroombare gebieden (NOGs) alsook de mijnverzakkingsgebieden en de sigmazones.

Figuur 14 toont de overstromingsgevoelige gebieden, met onderscheid tussen de "effectief" en "mogelijke" gebieden. Effectief overstromingsgevoelige gebieden komen voornamelijk voor net opwaarts de samenvloeiing van de Dijle, Zenne en Kanaal Leuven-Dijle, langsheen de Aabeek en in de zone gelegen tussen de Dijle en Vrouwvliet ten zuiden van de Platte Beek. De effectieve overstromingsgevoelige gebieden zijn kritischer, dan de "mogelijks" overstromingsgevoelige gebieden die dan ook veel verspreider en groter voorkomen.

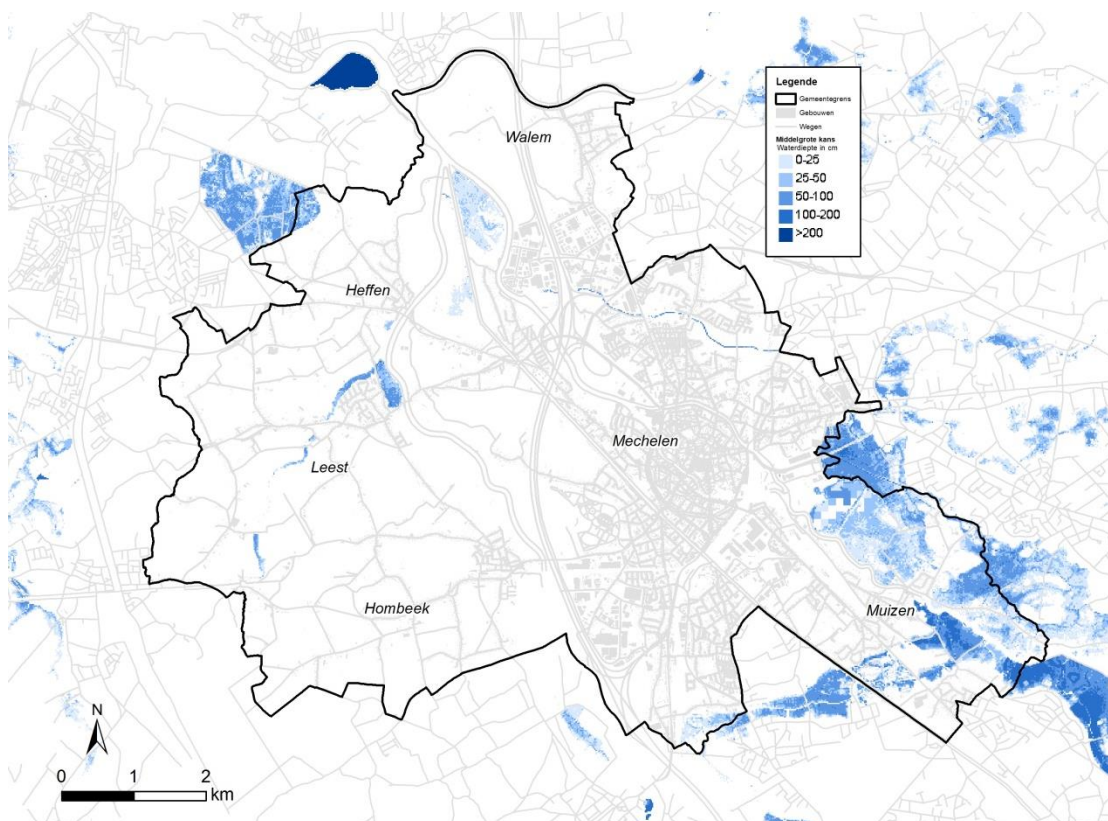


Figuur 14: Watertoetskaart Mechelen met "mogelijk" en "effectief" overstromingsgevoelige gebieden (Bron: (Sweco, 2019))

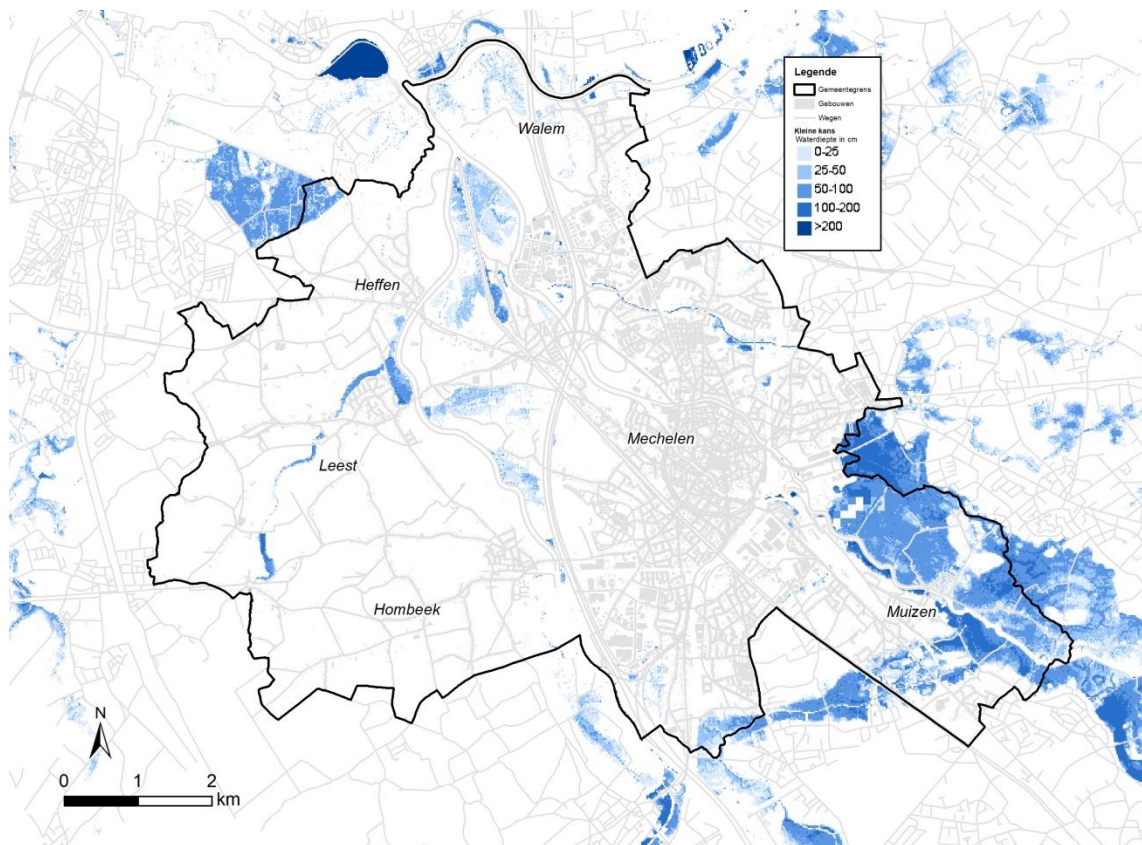
Om de ernst van de overstromingen in te schatten, wordt gebruik gemaakt van de overstromingsdiepte. Hiervoor wordt er voor elk type overstroming een dieptekaart weergegeven. Hieruit blijkt dat de overstromingsdiepte toeneemt naargelang de kans op de overstroming afneemt. Bij overstromingen met een grote kans gaat het overwegend over waterdieptes van 0-25 cm. Bij overstromingen met een kleine kans gaat het overwegend om waterdieptes tussen 1-2 meter



Figuur 15: Waterdiepte bij overstroming met grote kans (T10) (Bron: (VMM))



Figuur 16: Waterdiepte bij overstroming met middelgrote kans (T100) (Bron: (VMM))



Figuur 17: Waterdiepte bij overstroming met kleine kans (T1000) Bron: (VMM)

De intensiteit kunnen we enkel afleiden uit de waterdiepte, aangezien informatie over de stijgsnelheid en stroomsnelheden niet gekend is. De VMM (VMM, Klimaatportaal) werkt met drie types overstromingen:

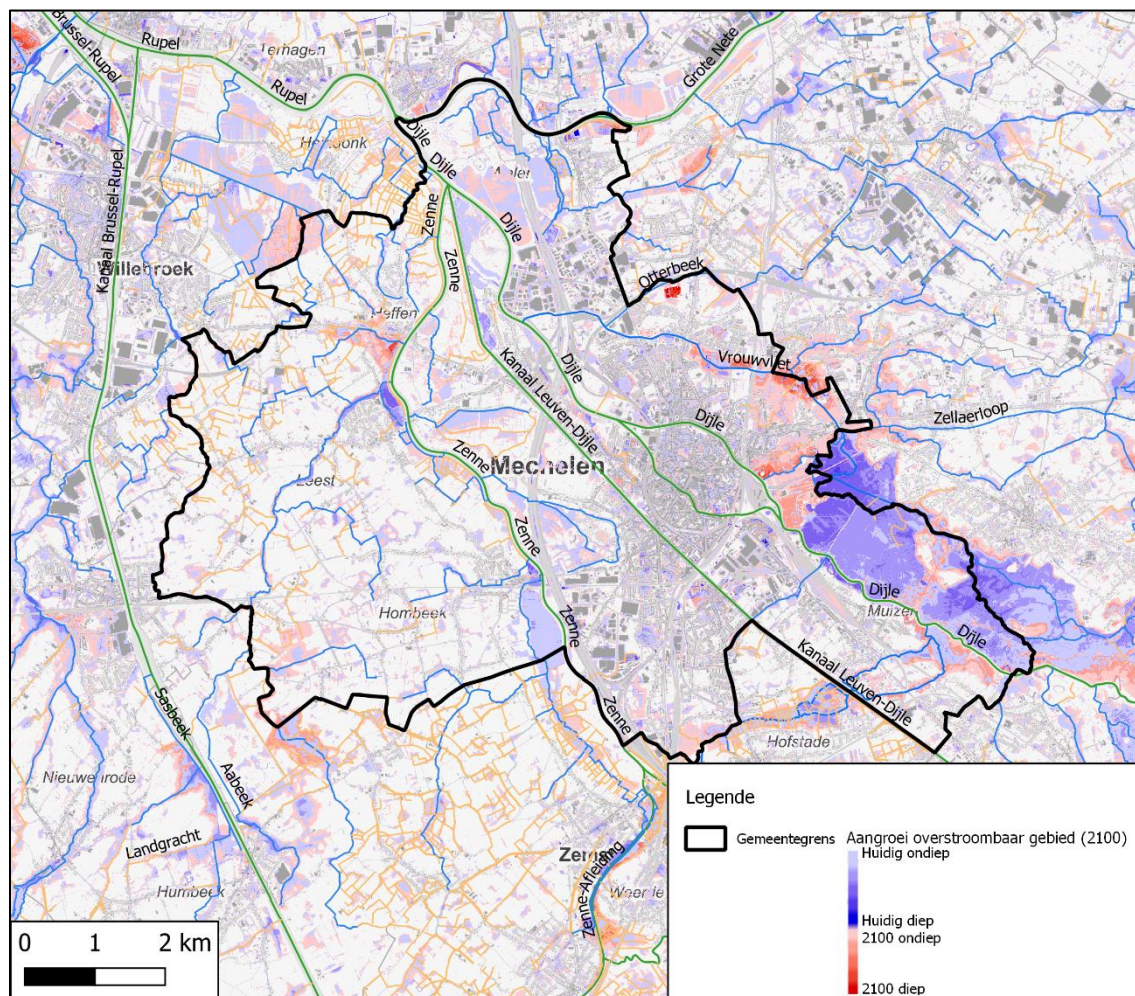
- Beperkte overstromingen (0-30 cm)
- Behoorlijke overstromingen (30-70 cm)
- Gevaarlijke overstromingen (+70 cm)

Hieruit blijkt dat de intensiteit sterk kan fluctueren, maar zich voornamelijk situeert in beperkte overstromingen (0-25 cm). Dit komt overeen met de ervaring op het terrein waaruit blijkt dat de wateroverlast zich de voorbije twee decennia vooral heeft beperkt tot beperkte overstromingen (0-25 cm). Toekomst

Klimaatverandering heeft invloed op de frequentie en intensiteit van overstromingen. Meer specifiek verhogen de veranderende neerslag en de zeespiegelstijging de frequentie en intensiteit van de overstromingen.

Klimaatverandering zorgt voor een stijgende jaarlijkse neerslag, geconcentreerd in de winter. Dit kan leiden tot tijdelijk verhoogde grondwatertafels en verhoogde debieten in de rivieren (4-28% tegen 2100 voor Vlaanderen), wat het risico op rivieroverstromingen (fluviale overstromingen) verhoogt. Deze verhoogde en intensievere neerslag leidt tot een verhoogd risico op overstromingen vanuit de rivieren in de winter (fluviale overstromingen) en een verhoogd risico op overstromingen door regen (pluviale overstromingen) in de zomer (zie ook paragraaf C – “Extreme neerslag en stedelijke overstromingen”).

Figuur 18 toont de toename in overstroombaar gebied voor het huidige en het toekomstige klimaat voor een bijzonder uitzonderlijke storm met herhalingsjijd 1000 jaar, tezamen met een ruwe indicatie van de te verwachten overstromingsdiepte.



Figuur 18: De aangroei van overstroombaar gebied bij een T1000 bui onder een hoog impact scenario voor 2100 [3]. (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

De rode zones in de figuur tonen duidelijk dat er bijkomende gebieden zullen overstromen onder een hoog impact scenario voor 2100. Ook de overstromingsdiepte zal toenemen. Dit zal nog versterkt worden door de toenemende verharding. De bijkomende risicozones bevinden zich voornamelijk in de nabijheid van de Vrouwvliet, de Zenne en het meest opwaartse deel van de Dijle. Ook de ziekenhuissite van AZ Sint-Maarten, aan de Otterbeek) valt op als een rode vlek op de kaart en kan in de toekomst door klimaatverandering problemen van wateroverlast ondervinden.

De uitbreiding van de risicozone, toename van overstromingsdiepte en hogere frequentie van het voorkomen van overstroming door klimaatverandering vertalen zich in een stijging van het aantal gevaarlijk overstroombare gebouwen en kwetsbare instellingen.

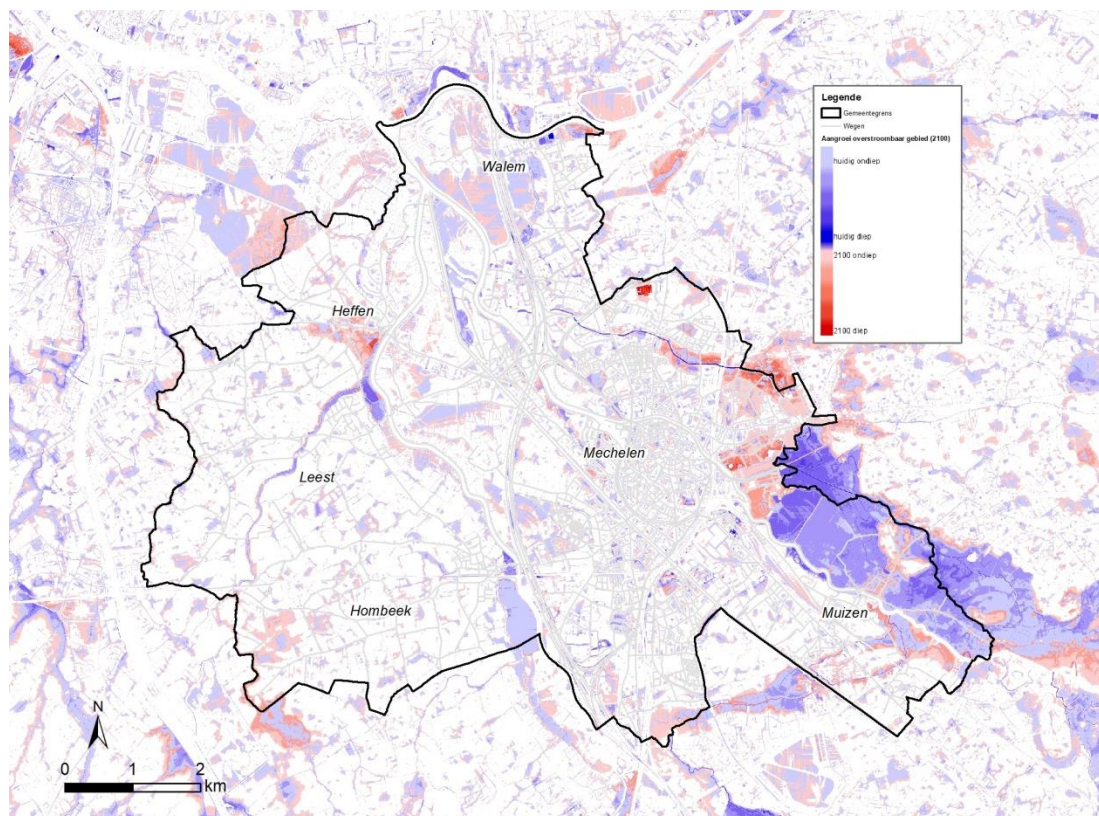
Naast de verandering in neerslag heeft ook de stijgende zeespiegel een invloed op het overstromingsgevaar in Mechelen, daar Mechelen deel uitmaakt van het Schelde-estuarium. Zo geeft VMM (VMM, Klimaatportaal) aan dat er een verband is tussen de atmosferische circulatiepatronen die aan de basis liggen van extreme neerslag in het binnenland en extreem stormopzet langs de kust. Vooral bij sterke noordwestenwind kan

er een zeer extreme stormopzet ontstaan, met als gevolg een uitzonderlijk hoge neerslag in het binnenland. Dit kan betekenen dat een hoge nood aan uitwatering van de Dijle en de Zenne (ten gevolgen van hoge neerslag) wordt verhinderd door een extreem hoogtij. Deze hogere bovendebieten moeten dan gebufferd worden. Uit een studie blijkt dat een zeespiegelstijging van 60 cm de terugkeerperiode van een overstroming tussen Gent en Vlissingen vermindert van 350 jaar naar 25 jaar tegen 2100. (VMM, MIRA climate report 2015, 2015). Bovendien blijkt de zeespiegelstijging zich ook voort te zetten op de getijdenrivieren. Het waterpeil op de Dijle steeg de afgelopen 100 jaar met gemiddeld 1 cm per jaar (dit overstijgt de zeespiegelstijging). Hierdoor neemt het venster waarbinnen Mechelen kan afwateren af. Deze tendens zal zich vermoedelijk nog verder doorzetten. Zo bleek een stijging van het waterpeil in Vlissingen met 60 cm een stijging van 61 cm voor de hoogwaters en 53 cm voor de laagwaters, ter hoogte van Schelle (Zeeschelde). Hierbij werd echter geen rekening gehouden met morfologische veranderingen in het estuarium. Een gelijkaardig effect wordt verwacht voor de getijdenrivieren Dijle en Zenne (Coen, Peeters, Plancke, & Mostaert, 2011).

De verandering in intensiteit van de overstromingen door al voorgaande effecten wordt onderzocht aan de hand van de veranderende waterdiepte bij overstromingen met een kleine kans en de aangroei van het overstroombaar gebied. Uit de evolutie blijkt dat de overstromingsdiepte van de laagfrequente overstromingen (eens om de 1000 jaar) bijna verdubbelt. Daarnaast groeit het gebied dat kan overstromen bij laagfrequente overstromingen gevoelig aan.

Overstromingsdiepte Mechelen	Huidig	2100
Maximale overstromingsdiepte (gebiedsgemiddeld)	40,4	79,3

Tabel 6: Overstromingsdiepte (Bron: (VMM, Klimaatportaal))



Figuur 19: Aangroei overstroombaar gebied 2100

Deze toename in intensiteit en frequentie worden ook vastgesteld in het klimaatplan voor de Brugse binnenstad (Sumaqua, 2019). Er wordt aangegeven dat de overstroombare oppervlakte met een factor 2-4 toeneemt door klimaatverandering (toenemende neerslagextremen).

III. Evaluatie risico

Uit bovenstaande bovenlokale gegevens blijkt duidelijk dat er momenteel al risico is op overstroming en sommige gebieden regelmatig overstromen. Hierbij dient in gedachten gehouden te worden dat dit niet noodzakelijk overlast met zich meebrengt en sommige gebieden hier ook toe zijn ingericht.

Naar aanleiding van de klimaatverandering zien we een veranderend neerslagpatroon met meer neerslag in de winter. Deze wijzigende neerslag zorgt voor intensere en meer frequente overstromingen. In de winter zal het voornamelijk fluviale overstromingen betreffen en in de zomer pluviale overstromingen en overstromingen ten gevolge van oppervlakkige afstroming (zie ook sectie C - "Extreme neerslag en stedelijke overstromingen"). Aangezien het huidige risico reeds als middelmatig wordt ingeschaald, gezien het stabiele aantal meldingen rond wateroverlast en gezien de trage veranderingen in neerslag, wordt dit risico op middellange termijn ingeschaald (meer dan 6-15 jaar).

Climate Hazard Type	Current hazard risk level	Expected change in intensity	Expected change in frequency	Timeframe	Risk-related indicators
<u>Floods</u>	Moderate	Increase	Increase	Medium-term	*Percentage grondgebied recent overstroomd. *Aantal meldingen wateroverlast. *Waterdiepte bij overstromingen

Tabel 7: Overstromingen SECAP template

E. Zeespiegelstijging en verzilting

I. Definitie CoM

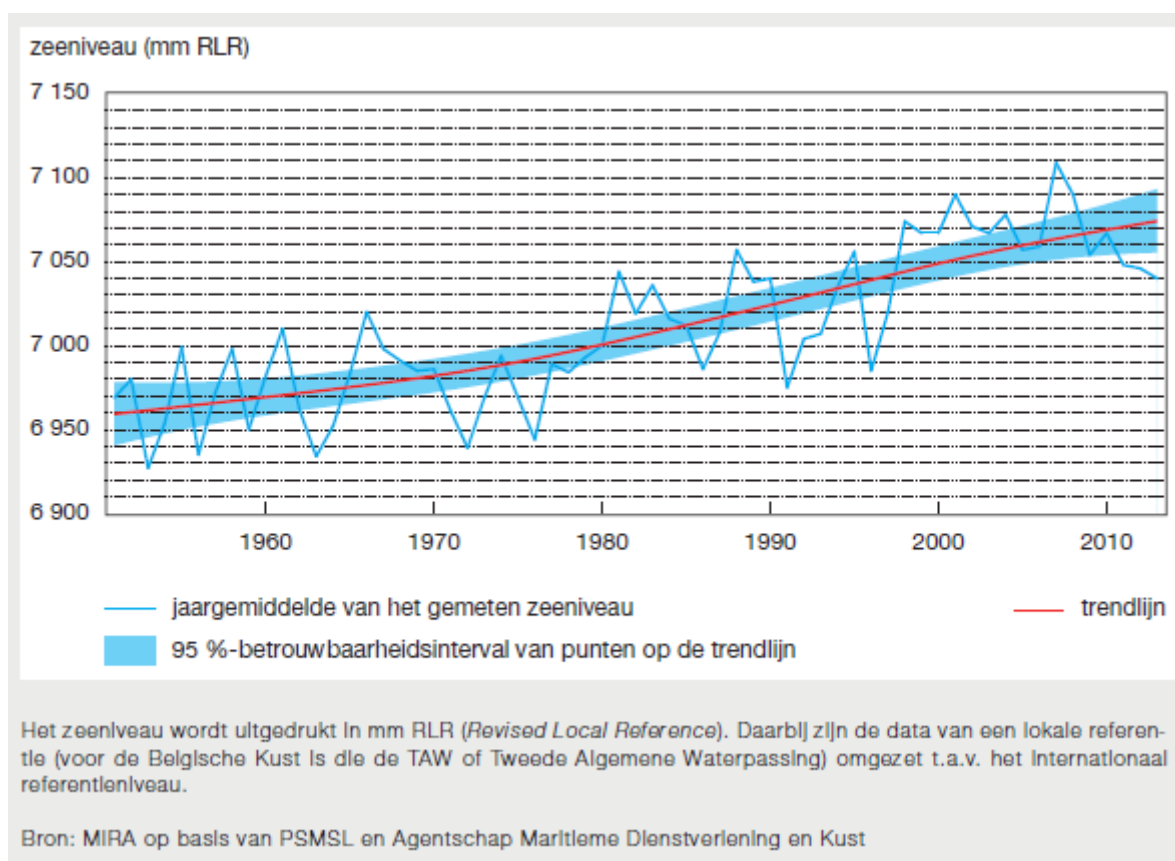
Het burgemeestersconvenant voorziet geen definitie voor de zeespiegelstijging

II. Lokaal beschikbare gegevens

Het stijgen van de zeespiegel heeft 3 (deels indirecte) effecten. Ten eerste stijgt hierdoor rechtstreeks het risico op kustoverstromingen. Ten tweede vermindert een hogere zeespiegel de natuurlijke uitwatering van rivieren, waardoor ook in het binnenland meer overstromingen langs rivieren kunnen ontstaan. Ten derde werkt een hogere zeespiegel verzilting in de hand. Het eerste effect vormt geen bedreiging in de beschouwde tijdshorizont van deze studie (2100), gelet op de inlandse ligging van Mechelen. De problematiek van verhinderde lozing van rivieren (met daaruit voortvloeiend een verhoogd risico op rivieroverstromingen) werd reeds besproken in sectie D - "Rivieroverstromingen". Deze paragraaf beperkt zich bijgevolg tot het in kaart brengen van de te verwachten zeespiegelstijging, en de effecten op verzilting in Mechelen.

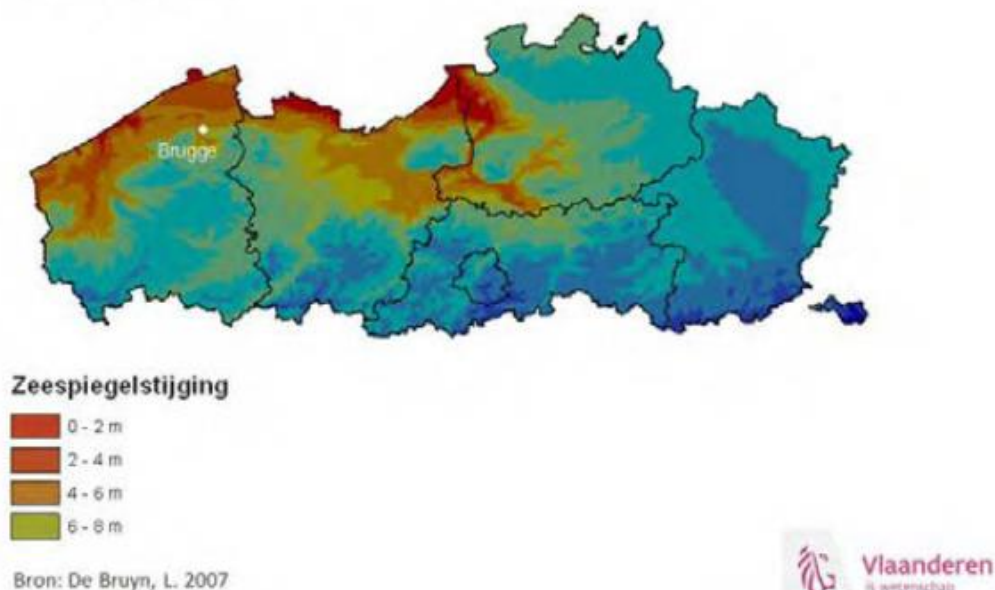
Het VMM klimaatrapport 2015 baseert zich op gegevens van het Vlaams Instituut voor de Zee inzake zeespiegelstijging. Figuur 20 toont de historische stijging van het zeeniveau (115 mm in Oostende tussen 1951 en 2013). Deze stijging versnelt bovendien. Zo houdt

stad Brugge in het kader van klimaatadaptatieplanning rekening met een stijging van 80 cm tegen 2100 bij een gemiddeld klimaatscenario (Sumaqua, 2019). Recente studies van het IPCC tonen echter aan dat de zeespiegel sneller stijgt dan tot nog toe aangenomen. In sommige scenario's wordt er rekening gehouden met een stijging tot 240 cm. Bij het dimensioneren van het sigmaplan (bescherming tegen overstromingen van de Schelde en haar zijrivieren) werd rekening gehouden met een zeespiegelstijging van 30 cm. Ook de temperatuur van het zeewater is in de afgelopen eeuw gestegen met 3,4°C. Er is geen duidelijke klimaattrend voor wat betreft golfhoogten en windsnelheden, wel een natuurlijke variabiliteit.



Figuur 20: Evolutie zeeniveau aan de Belgische kust (Oostende, 1951-2013).

Zeespiegelstijging Effecten



Figuur 21: Zeespiegelstijging (Bron:(De Bruyn, 2007))

De problematiek van de verzilting van de polders en de kust treft Mechelen niet. Historisch en recent onderzoek naar verzilting beperkt zich tot de kust, polders en het noorden van de provincie Antwerpen.

III. Evaluatie risico

Uit bovenstaande gegevens blijkt duidelijk dat de zeespiegel aan de Belgische kust reeds gestegen is en versneld verder zal stijgen. Dit verhoogt de frequentie en intensiteit van de stormvloeden. Er is voor Mechelen geen risico op directe overstroming bij een 1000-jarige stormvloed. De zeespiegelstijging houdt echter wel een risico in voor Mechelen, daar de Dijle en Zenne een getijderivieren zijn. Bij hoogwater is er dus een vertraagde afwatering. Het verhoogde risico op een combinatie van hoog water/een stormvloed met neerslagextremen verhoogt dus wel de intensiteit en frequentie van overstromingen.

Gezien de beperkte impact van het risico en de reeds hoge inschaling van het risico op overstromingen wordt dit risico niet apart weerhouden.

Climate Hazard Type	Current hazard risk level	Expected change in intensity	Expected change in frequency	Timeframe	Risk-related indicators
Sea Level Rise	Low	Increase	Increase	Long-term	Aantal cm zeespiegelstijging

Tabel 8: Overstromingen SECAP template

F. Droogte

I. Definitie Covenant of Mayors

Droogte: Een periode van abnormaal droog weer, lang genoeg om een hydrologisch onevenwicht te veroorzaken.

II. Lokaal beschikbare gegevens

Huidig klimaat

Inzake droogte wordt er gewerkt met de parameters geologie, neerslag en evapotranspiratie. Vanuit deze parameters leidt de VMM een aantal droogte-indicatoren af.

Neerslag vertoont een erg grote variabiliteit tussen verschillende jaren, maar de jaarlijkse neerslaghoeveelheid vertoont een langzame maar significante stijging in Vlaanderen. Deze toename situeert zich bijna integraal in de winter. Dit leidt tot een stijgend aantal neerslagdagen. Zoals eerder in dit rapport reeds geschetst is er ook een toename van extreme neerslag, wat vooral leidt tot intensievere zomerse buien. Er wordt verondersteld dat Mechelen deze trend volgt voor Vlaanderen. De voor droogte relevante neerslagstatistieken voor het huidig en toekomstig klimaat zijn eveneens samengevat in sectie D – “Rivieroverstromingen”.

Evapotranspiratie is een verzamelnaam voor de waterafgifte door de bodem en de vegetatie aan de atmosfeer. Er wordt gewerkt met “potentiële evapotranspiratie” (PET in mm neerslag per jaar) (de maximale evapotranspiratie indien er steeds voldoende water beschikbaar zou zijn). Sinds de jaren '70 stijgt deze PET significant en volgt deze de evolutie van de jaargemiddelde temperatuur in Vlaanderen. Temperatuur is immers een bepalende factor voor de PET. Zo steeg de temperatuur significant. Zo is de temperatuur in Ukkel nu bijna 2,4°C hoger dan in de pre-industriële periode. Deze stijging doet zich voor in alle seizoenen, al is ze sterkst in de lente en het minst sterk in de winter. Deze stijgende temperaturen manifesteren zich als hittegolven in de zomer (zie boven). Er wordt verondersteld dat Mechelen deze trend volgt voor Vlaanderen.

Droogtestress bij planten kan worden opgespoord door het verschil tussen neerslag en potentiële evapotranspiratie. Dit cumulatief neerslagtekort is dus het verschil tussen de hoeveelheid beschikbaar water en de dagelijkse potentiële watervraag (evapotranspiratie). Het is dus slechts in beperkte mate bruikbaar als waterstressindicator. Er zijn immers nog andere watervragers dan planten (insijpeling, afstromen, rechtstreekse verdamping,...) en de potentiële evapotranspiratie wordt niet altijd helemaal gerealiseerd. Het cumulatief neerslagtekort vertoont een langzaam stijgende trendlijn, maar dit effect is niet significant voor Vlaanderen.

Een tweede indicator voor de huidige intensiteit van droogteperiodes is het maximum aantal opeenvolgende droge dagen (neerslag < 0,5mm neerslag per dag). Uit een analyse over de periode 1880 – 2013 blijkt geen significante trend voor de lengte van droogteperiodes.

Tot slot kan de huidige waargenomen neerslag per maand ook afgezet worden tegen den neerslag in de referentieperiode 1850-1899 (Standard Precipitation Index). Uit deze analyse blijkt dat er ook voor de intensiteit van de droogte geen significante trend te onderscheiden is.

Specifiek voor Mechelen stelt de VMM daarnaast een kaart ter beschikking met de droogtegevoeligheid van de bodem. Op basis van de bodemtypen uit de bodemkaart is een classificatie gemaakt naar gevoeligheid voor droogte. Hieruit blijkt enerzijds dat Mechelen uiteraard bestaat uit stedelijk gebied (verharding), met daarrond gebied dat gevoelig tot zeer gevoelig is voor verdroging, met uitzondering van het Mechels broek. Verder blijken de gebieden met oppervlaktewater (rivieren en vijvers) weinig gevoelig voor verdroging. Het westen van Mechelen blijkt echter matig gevoelig voor verdroging, met uitschieters in het noordwesten (gevoelig tot zeer gevoelig).

Toekomst

De VMM gaat uit van een toename van de potentiële evapotranspiratie voor Vlaanderen, met een sterkere toename in de zomer dan in de winter. Dit is in lijn met de voorspelling van de oplopende temperatuur. Het IPCC veronderstelt een stijging van 4,1°C de komende 100 jaar (RCP 8,5). De VMM heeft deze gegevens gecombineerd met andere en vertaald naar Vlaanderen. Hierbij gaat ze uit van een temperatuurstijging tussen de 0 en 7,2° C tussen het einde van de 20^e en het einde van de 21^e eeuw, afhankelijk van het gekozen scenario inzake klimaatverandering. Er zijn echter wel grote verschillen tussen de seizoenen, zo is er een grotere stijging in de zomer. De VMM voorspelt een stijgende potentiële verdamping voor Mechelen (VMM, Klimaatportaal). De stijgende temperatuurtrend zet zich ook door in Mechelen, zo stijgt de gemiddelde maandtemperatuur in augustus met 9,1°C en in december met 5,3°C.

Mechelen	Huidig	2100
Gemiddelde maandtemperatuur januari (°C)	2,4	7,9
Gemiddelde maandtemperatuur februari (°C)	3,4	8,7
Gemiddelde maandtemperatuur maart (°C)	5,9	10,6
Gemiddelde maandtemperatuur april (°C)	9,0	13,5
Gemiddelde maandtemperatuur mei (°C)	13,0	18,2
Gemiddelde maandtemperatuur juni (°C)	16,1	22,7
Gemiddelde maandtemperatuur juli (°C)	17,8	26,4
Gemiddelde maandtemperatuur augustus (°C)	17,7	26,8
Gemiddelde maandtemperatuur september (°C)	15,2	22,5
Gemiddelde maandtemperatuur oktober (°C)	10,7	16,9
Gemiddelde maandtemperatuur november (°C)	6,5	11,8
Gemiddelde maandtemperatuur december (°C)	3,6	8,9

Tabel 9: Gemiddelde maandtemperatuur Mechelen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

Ook inzake neerslag gaat de VMM uit van een stijging van de gemiddelde jaarlijkse neerslag in Vlaanderen. Hierbij is nog duidelijker een verschil tussen de seizoenen merkbaar. De toename van de neerslag is geconcentreerd in de winter. Deze concentratie is vooral te wijten aan hogere dagneerslagintensiteiten (intensiteit) en niet zozeer aan een toename (frequentie) van het aantal natte dagen. In de zomer verwacht men een lagere toename of zelfs een afname van de neerslag. Hier zien we wel een afname van het aantal natte dagen. Deze Vlaamse trends zetten zich ook in Mechelen door. De VMM voorspelt een toename van het neerslagtotaal, geconcentreerd in de winter. Er wordt zelfs een afname van de neerslag in de zomer verwacht. De neerslag voor Mechelen werd reeds gedetailleerd besproken de sectie rond overstromingen.

Ook in de klimaatimpactanalyse van Brugge vinden we deze toename in frequentie en intensiteit van periodes van droogte terug. Brugge baseert zich hiervoor enerzijds op doorlopend potentieel neerslagtekort of – overschot en anderzijds op de (daling van de) beschikbare hoeveelheden oppervlaktewater. Gezien de gelijkaardige tendensen in

verdamping en neerslag in Mechelen is een vergelijkbaar (toename frequente en intensiteit) effect verwacht. (Sumaqua, 2019)

Mechelen	Neerslagtotaal (mm)		Potentiële verdamping (mm)	
	huidig	2100	Huidig	2100
Januari	66,0	85,5	9,0	13,2
Februari	66,1	86,0	9,3	13,7
Maart	64,4	85,4	29,1	39,8
April	47,4	58,3	54,3	70,1
Mei	56,5	74,6	86,8	115,4
Juni	64,5	48,0	86,8	111,9
Juli	61,7	34,3	90,6	119,6
Augustus	67,7	37,1	79,6	115,5
September	54,9	39,8	52,6	81,5
Oktober	65,4	76,5	27,7	40,9
November	90,8	115,2	10,0	14,5
December	74,8	95,4	9,0	13,4

Tabel 10: Neerslag per maand in Mechelen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

Volledigheidshalve wordt hier weergegeven dat de Vlaamse Overheid werkt aan nieuwe, betere indicatoren rond droogte: bodemvochtgehalte en de laagste waterstand in waterlopen. In de toekomst kan ook met deze indicatoren worden gewerkt.

III. Evaluatie risico

Het huidige risico op droogte wordt als middelmatig ingeschaald. Uit het VMM rapport blijkt weliswaar dat de frequentie en intensiteit niet significant zijn toegenomen in Vlaanderen, maar de stedelijke context van Mechelen en de ervaringen op het terrein rond droogte maken wel duidelijk dat er wel degelijk een risico is. Uit bovenstaande gegevens blijkt bovendien dat dit risico op middellange termijn frequenter wordt (meer droge dagen), maar ook intenser (langere periodes van droogte). Dit wordt ook bevestigd door een recente studie van de VMM waarbij gekeken wordt naar het neerslagtekort, de standardized precipitation index en de standardized evaporation index (Vlaamse Milieumaatschappij, 2018)

Climate Hazard Type	Current hazard Risk level	Expected change in intensity	Expected change in frequency	Timeframe	Risk-related indicators
<u>Droughts</u>	Moderate	Increase	Increase	Current	*Aantal droge dagen per jaar *Lengte droogteperiode *Neerslag per maand *Potentiële verdamping *Debieten rivieren

Tabel 11: Droogte SECAP template

G. Storm

I. Definitie CoM

Een atmosferische verstoring die zich kan manifesteren als sterke wind, al dan niet vergezeld van regen, sneeuw of andere neerslag, donder en bliksem.

II. Lokaal beschikbare gegevens

De afgelopen 5 decennia is de gemiddelde windsnelheid in het binnenland afgenomen met 10-15% (behalve in de winter), voor het aantal dagen met windstoten boven 70km/u is er geen duidelijke trend evenmin als voor de hoogst gemeten windsnelheden. De intensiteit van stormen is dus niet toegenomen de afgelopen decennia (VMM, MIRA climate report 2015, 2015).

De VMM verwacht weinig veranderingen in de windsnelheid voor de Vlaamse regio. Het enige significante signaal dat werd opgepikt is een toename van de windsnelheid van de sterkste stormen met 0-30% (kans>66%) in de komende 100 jaar. De gemiddelde windrichting blijft het zuidwesten.

In het klimaatportaal van de VMM (VMM, Klimaatportaal) wordt de gemiddelde windsnelheid voor Mechelen weergegeven. Er is een zeer lichte stijging merkbaar in 2100. Ook in het klimaatplan van Brugge is dit ingeschat als een stijging van 5-10%.

Windsnelheid Mechelen	Huidig	2030	2050	2075	2100
Gemiddelde windsnelheid (m/s)	4,2				4,3
Gemiddelde windsnelheid (m/s) zomer	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7
Gemiddelde windsnelheid (m/s) winter	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1

Tabel 12: Windsnelheid Mechelen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

III. Evaluatie risico

Uit bovenstaande gegevens blijkt dat er geen toename van frequentie of intensiteit van stormen te verwachten is de komende eeuw, met uitzondering van de intensiteit van de sterkste stormen. Aangezien er geen sterk verband is tussen klimaatverandering en wind wordt dit risico niet weerhouden.

Climate Hazard Type	Current hazard risk level	Expected change in intensity	Expected change in frequency	Timeframe	Risk-related indicators
<u>Storms</u>	Low	Not known	Not known	Not known	NA

Tabel 13: Storm SECAP template

H. Grondverschuiving

I. Definitie CoM

Een grondverschuiving is een hellingafwaartse beweging van grondmateriaal onder invloed van de zwaartekracht. Hierbij vaak geholpen door water wanneer het materiaal is gesatureerd. De helling afwaartse beweging van grond, rotsen of puin kan snel gebeuren of kan traag en geleidelijk gebeuren.

II. Lokaal beschikbare gegevens

Dit risico werd niet uitgewerkt in het MIRA klimaatrapport 2015, het klimaatportaal of het provinciaal klimaatadaptatieplan. Er zijn dus geen lokaal beschikbare gegevens vanuit deze invalshoek.

Een eerste onderzoek rond dit fenomeen toont aan dat dit zich vooral voordoet in de Vlaamse Ardennen. De beschikbare kaarten omvatten geen onderzoek naar de Mechelse regio (VMM, 2017).

III. Evaluatie

Gezien het lage risico en de beperkte gegevens wordt dit risico niet weerhouden voor Mechelen.

Climate Hazard Type	Current hazard risk level	Expected change in intensity	Expected change in frequency	<u>Timeframe</u>	Risk-related indicators
<u>Landslides</u>	Not Known	Not known	Not known	Not known	NA

Tabel 14: landverschuiving SECAP template

I. Bosbranden

I. Definitie CoM

II. Lokaal beschikbare gegevens

Dit risico werd niet uitgewerkt in het MIRA klimaatrapport 2015, het klimaatportaal of het provinciaal klimaatadaptatieplan. Er zijn dus geen lokaal beschikbare gegevens vanuit deze invalshoek. Het wordt ook niet uitgewerkt in de klimaatimpactanalyse voor Brugge. In de klimaatimpactanalyse van Bonheiden wordt het verhoogde brandgevaar van verschillende gebieden als gevolg van de droogte kort vermeld. Er is geen specifieke data voor Mechelen.

Een eerste onderzoek rond dit fenomeen leert dat de beperkte omvang en diversiteit van de bossen, in combinatie met het ontbreken van een felle wind (mistral) het risico op bosbranden sterk verlaagt in Vlaanderen en Mechelen. Gezien de lange periodes van droogte verhoogt het risico op bosbranden wel in sommige regio's (vooral naaldbos en heide zijn brandgevoelig) (Agentschap voor Natuur en Bos, 2019). Ervaring op het terrein leert ook dat de laatste decennia zich geen grote bosbranden hebben voorgedaan op het Mechels grondgebied.

III. Evaluatie risico

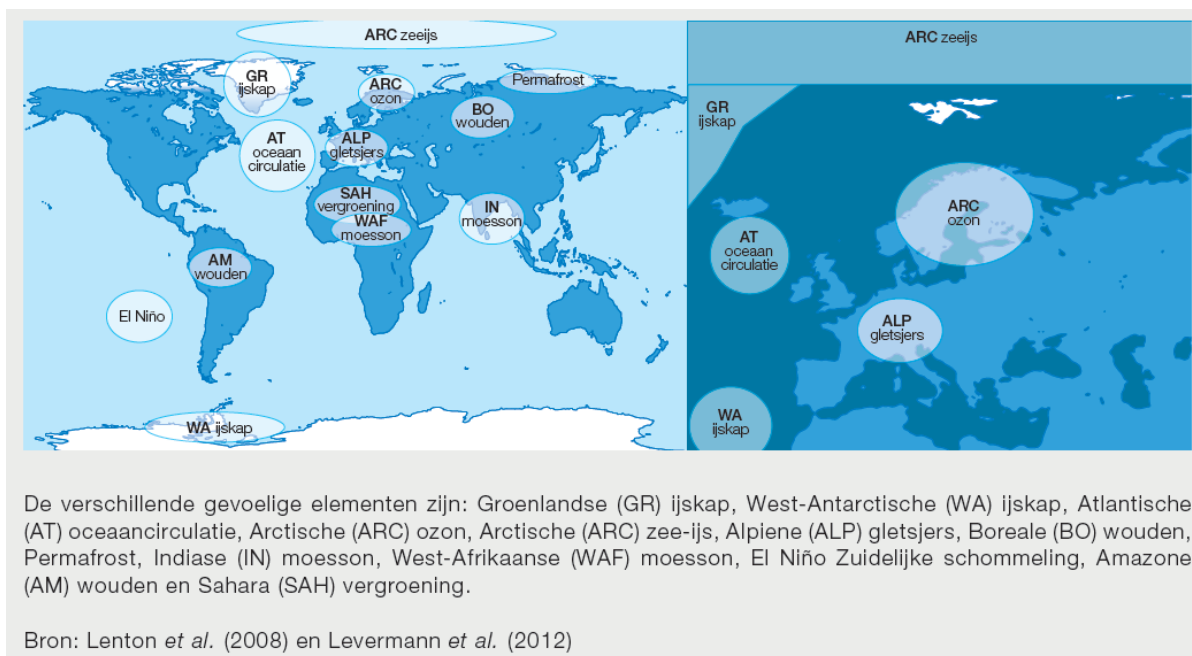
Gezien het beperkt aantal gegevens, het lage risico, de ontbrekende gegevens en de terreinervaring wordt dit risico niet weerhouden. Het verhoogd risico op branden door droogte wordt wel weerhouden als impact van droogte.

Climate Hazard Type	Current hazard risk level	Expected change in intensity	Expected change in frequency	<u>Timeframe</u>	Risk-related indicators
Forest Fires	Low	Not known	Not known	Long-term	Meldingen brandweer bosbrand

Tabel 15: Bosbranden SECAP template

J. Andere risico's

De Covenant of Mayors identificeert vooral risico's op lokale schaal. Voor een overzicht van aan aantal risico's die Vlaanderen overstijgen, kan de lezer terecht in klimaatrapport van de VMM (VMM, MIRA climate report 2015, 2015). Hier worden ook mogelijke kantelpunten besproken (bv. versneld smelten ijskappen en gletsjers, stilvallen warme golfstroom, versneld smelten permafrost,...)



Figuur 22: Verschillende tipping elementjes of gevoelige elementen in het klimaatstelsel met een impact wereldwijd (links) en met een impact in Vlaanderen (rechts)

K. Conclusie

Inzake lokale klimaatverandering worden drie risico's weerhouden omwille van het hoge huidige risico en hun toenemende intensiteit en frequentie: droogte, extreme hitte en overstromingen. Dit betekent niet dat de andere risico's niet relevant zijn, maar ze zijn dit in mindere mate. Het risico van extreme hitte en droogte manifesteren zich nu al. Op middellange termijn komt hier nog het verhoogde risico op overstromingen (pluviaal en fluviaal) bij. In de laatste sectie wordt de impact van deze risico's onderzocht op 10 sectoren. Waar relevant wordt hier ook verwezen naar de andere risico's maar dit wordt niet systematisch onderzocht.

Kwetsbaarheden Mechelen



4. Kwetsbaarheden Mechelen

A. Definitie CoM

Mate waarin een systeem vatbaar is voor en (niet) kan omgaan met negatieve effecten van klimaatverandering (o.a. variabiliteit en extremen). Dit wordt verder opgesplitst in socio-economische en fysische/natuurlijke kwetsbaarheden. Socio-economische kwetsbaarheid verwijst hierbij naar de mate waarin de inwoners en het sociaal-economisch weefsel van het grondgebied kwetsbaar zijn (o.a. samenstelling van de bevolking, bevolkingsdichtheid, economische situatie,...). Fysische kwetsbaarheid verwijst dan weer naar de natuurlijke omgeving. Hierbij wordt er gekeken naar de geografische locatie, topografie, ruimtelijke ordening en de fysische toestand. Bij beide kwetsbaarheden is er ook aandacht voor parameters die deze kwetsbaarheden beïnvloeden.

B. Socio-economische kwetsbaarheid

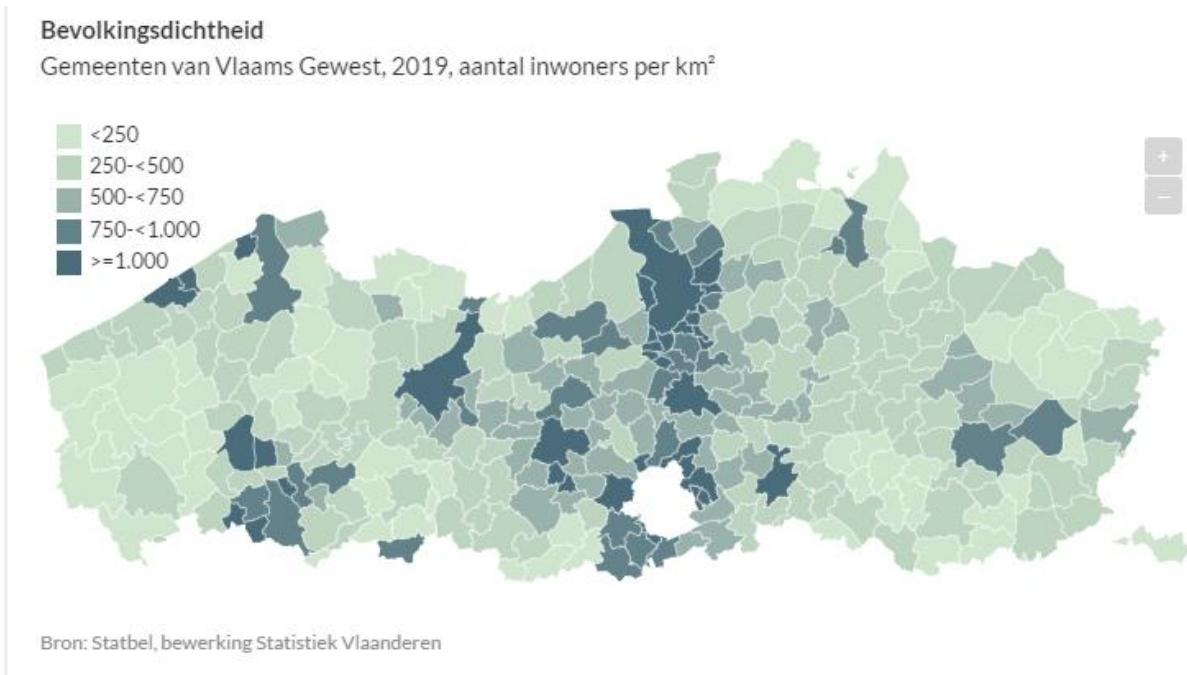
I. Bevolking

De bevolking is kwetsbaar voor klimaatverandering. Zeker jongere (-4 jaar) en oudere inwoners (+65 jaar) zijn extra kwetsbaar voor hitte en de overlast ten gevolge van overstromingen. Ook andere socio-economische factoren versterken kwetsbaarheid (inkomen, sociaal isolement, ziekte,...). Deze worden hieronder onderzocht.

Een uitgebreide bevolkingsanalyse per wijk/buurt/statische sector valt buiten de scope van deze analyse. Deze analyse beperkt zich tot het identificeren van een aantal geografische trends op het grondgebied. Hierbij kijken we enerzijds naar de bevolking en de bevolkingsdichtheid en anderzijds naar de samenstelling van de bevolking (leeftijd – inkomen). Dit zowel voor het gehele grondgebied als per wijk. Hierbij dient opgemerkt te worden dat er met de meest recente gegevens wordt gewerkt, maar niet met prognoses.

Bevolkingsdichtheid

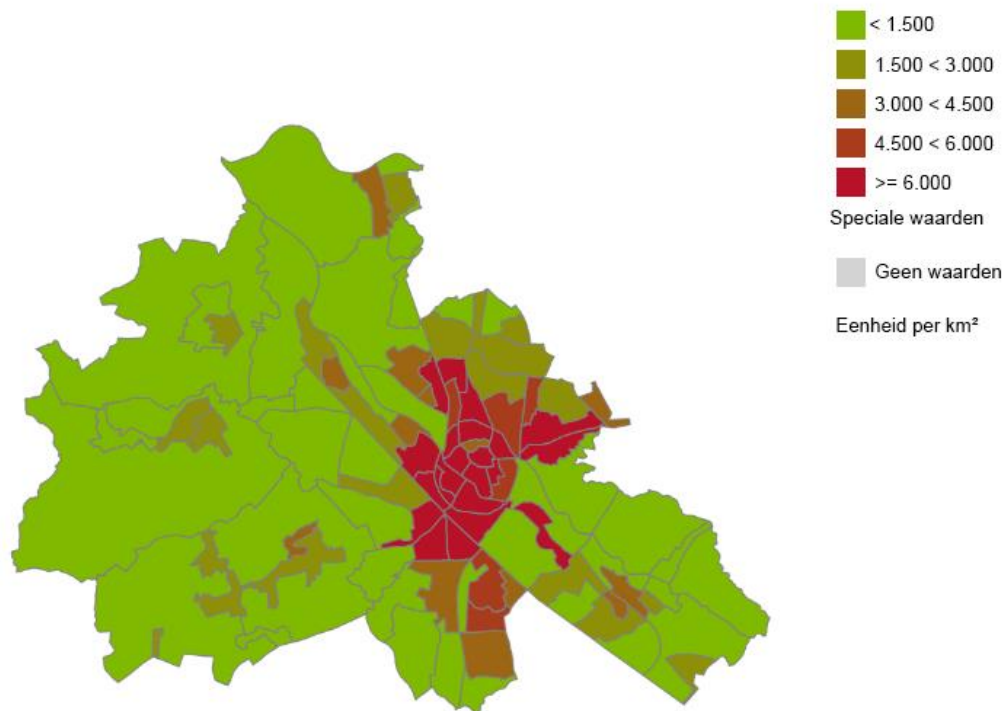
Mechelen is een erg dichtbevolkt gebied in het hart van Vlaanderen en Europa. Niet alleen is het met meer dan 86.000 inwoners de vijfde grootste stad van Vlaanderen (na Antwerpen, Gent, Brugge en Leuven). Het heeft met 1329 inwoners/km² ook een hoge bevolkingsdichtheid (de gemiddelde bevolkingsdichtheid van Vlaanderen is 485 inwoners/km² en van Europa 117,7 inwoners/km² (Eurostat, 2017)) , die enkel wordt overtroffen door andere stedelijke gebieden zoals Gent, Antwerpen en Brussel. (Mechelen, 2019).



Figuur 23: Bevolkingsdichtheid Vlaanderen (bron: Statbel)

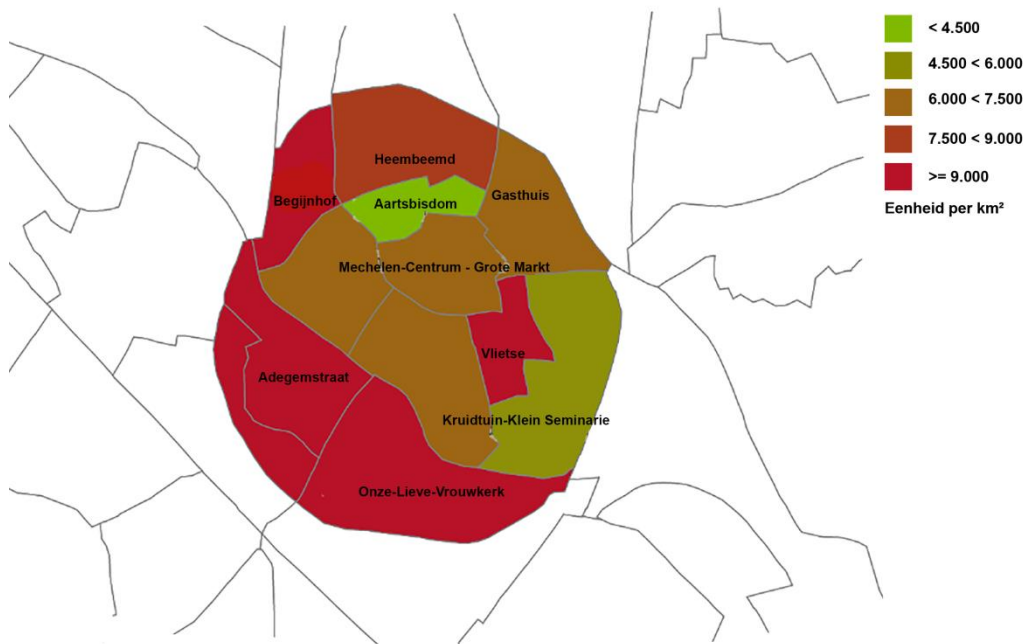
De bevolking is bovendien erg geclusterd in het oostelijke, verstedelijkte deel van het grondgebied. In het centrum is er de hoogste bevolkingsdichtheid in het zuidelijke, hogere gedeelte van de binnenstad te vinden. De historische dorpen (Hombeek, Heffen, Leest, Walem, Muizen en Battel) kennen dan weer een zeer lage bevolkingsdichtheid, die bovendien in de kernen is geclusterd. Bovendien groeit de bevolking (+7% in het laatste decennium) en wordt een verdere bevolkingsgroei voorspeld. Deze bevolkingsgroei wordt opgevangen door verschillende stadsontwikkelingsprojecten met nieuwe woonegelegenheden. Het grootste stadsontwikkelingsproject (nl. Ragheno) is gesitueerd ten zuiden van Mechelen, achter het treinstation "Mechelen centraal".

Bevolkingsdichtheid 2018- Statische sectoren



Figuur 24: Bevolkingsdichtheid Mechelen (Bron: (Rijksregister))

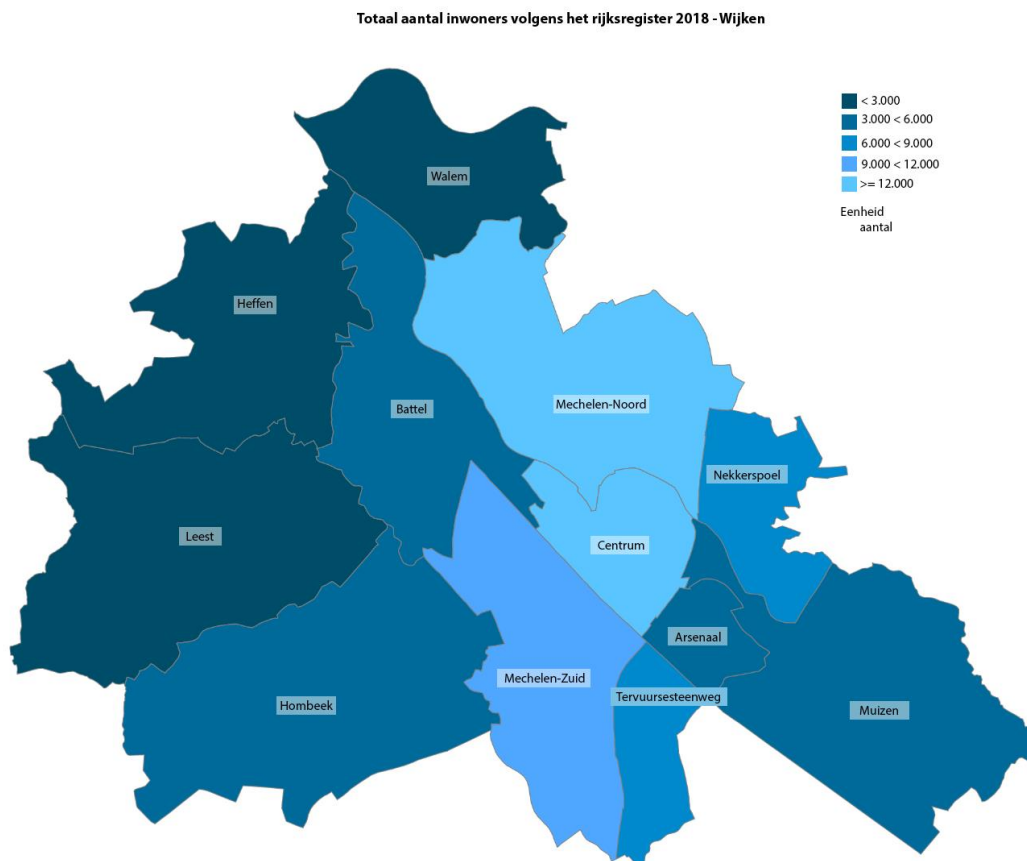
Bevolkingsdichtheid 2018 - Statistische sectoren



Bron/ Rijksregister | Provincie.incijfers.be

Figuur 25: Bevolkingsdichtheid centrum Mechelen (Bron: (Mechelen, 2019))

Ook wanneer wordt gekeken naar absolute totalen van de bevolking, wordt het duidelijk dat de meerderheid van de bevolking gesitueerd is in het centrum en ten zuiden en ten noordoosten van het centrum.



Bron: Rijksregister | provincies.incijfers.be

Figuur 26: Aantal inwoners wijken (Bron: (Mechelen, 2019))

	aantal inwoners
Walem	2007
Heffen	2143
Leest	2775
Arsenaal	3115
Battel	3658
Hombeek	4120
Muizen	5503
Tervuursesteenweg	7034
Nekkespoel	7985
Mechelen - Zuid	10976
Mechelen - Noord	16331
Centrum	20748

Tabel 16: Aantal inwoners wijken (Bron: (Mechelen, 2019))

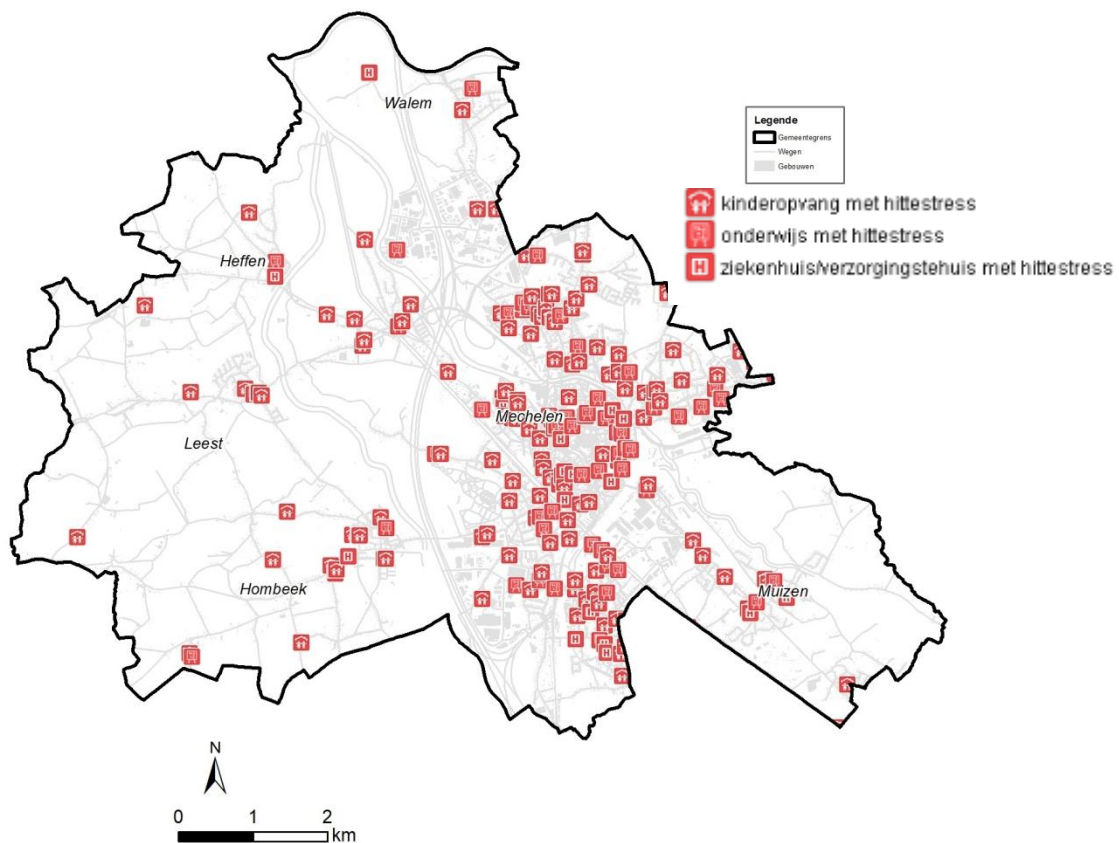
Verder kunnen we ook afleiden uit de GRB (Grootschalig Referentie Bestand) kaart dat de meerderheid van de bevolking vooral gesitueerd is in en rond het stadscentrum. Daarnaast zijn er ook clusters in de dorpscentra en lintbebouwing langs de grote wegen. Hierbij vermelden we ook de twee woonwagenvelden op het grondgebied (Galgenberg

en De Schans) omdat dit type bebouwing gevoeliger is voor overstroming (vaak gelijkvloers).



Figuur 27: Bebouwing Mechelen (Bron: (Informatie Vlaanderen))

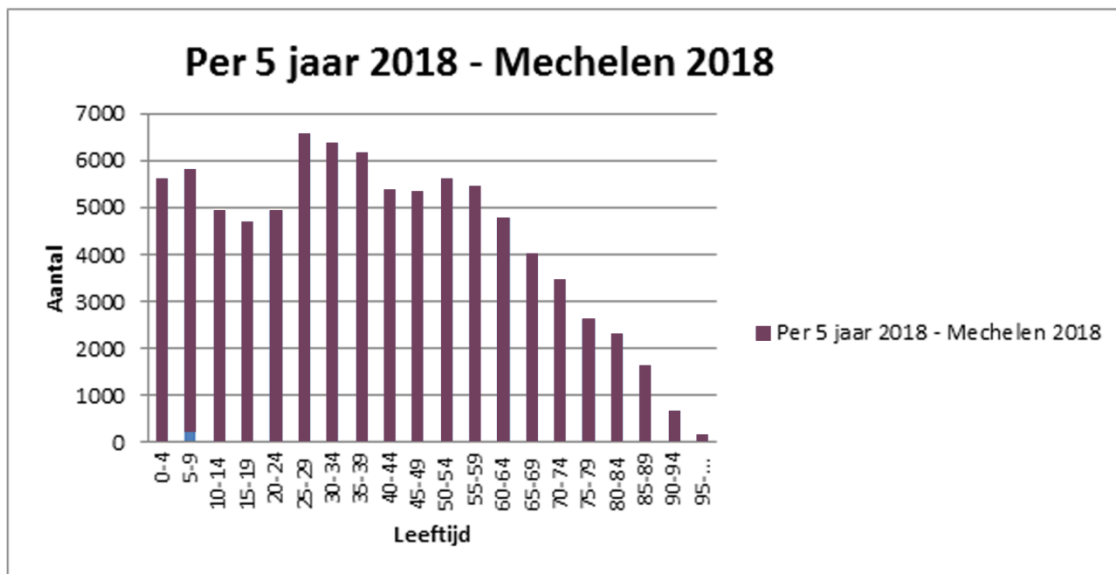
Naast de woonplaats van de bevolking wordt er ook gekeken naar kwetsbare instellingen. Het betreft instellingen voor kinderopvang, onderwijs, woonzorgcentra en ziekenhuizen. Hieruit blijkt opnieuw dat deze geclusterd zijn in het oostelijke, stedelijke gebied (met uitzondering van Muizen) (VMM, Klimaatportaal). Daarnaast zijn deze ook in mindere mate geclusterd in de dorpscentra.



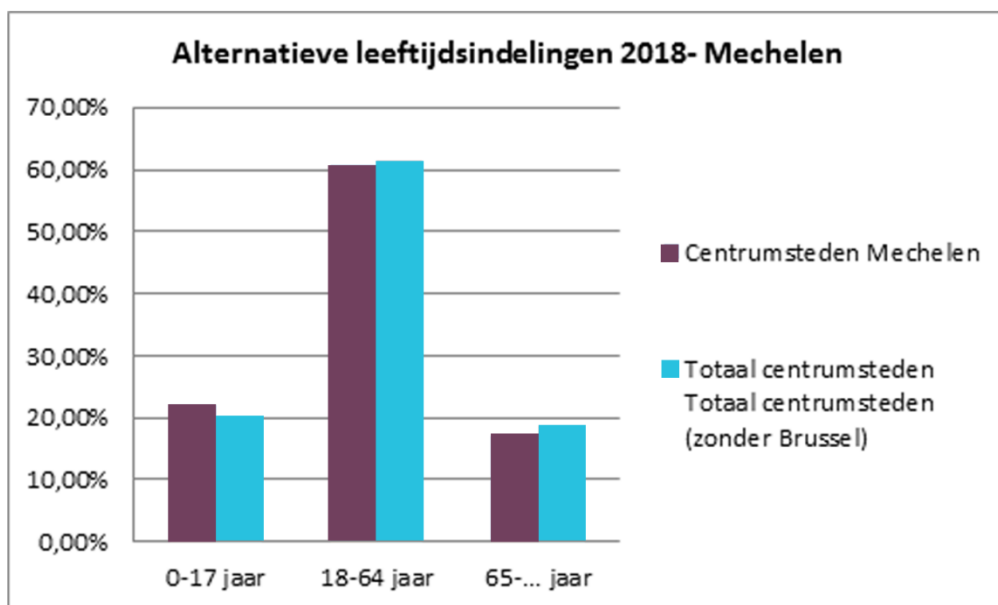
Figuur 28: Kwetsbare instellingen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

Leeftijd van de bevolking

De bevolking is divers naar leeftijd (17% -18 jarigen, 60% 18-65 jarigen en 17% +65 jarigen). Hierbij valt wel op dat een grote groep jonge gezinnen zijn. Uit de vergelijking met andere centrumsteden blijkt dat er een relatief grote jonge bevolking is.



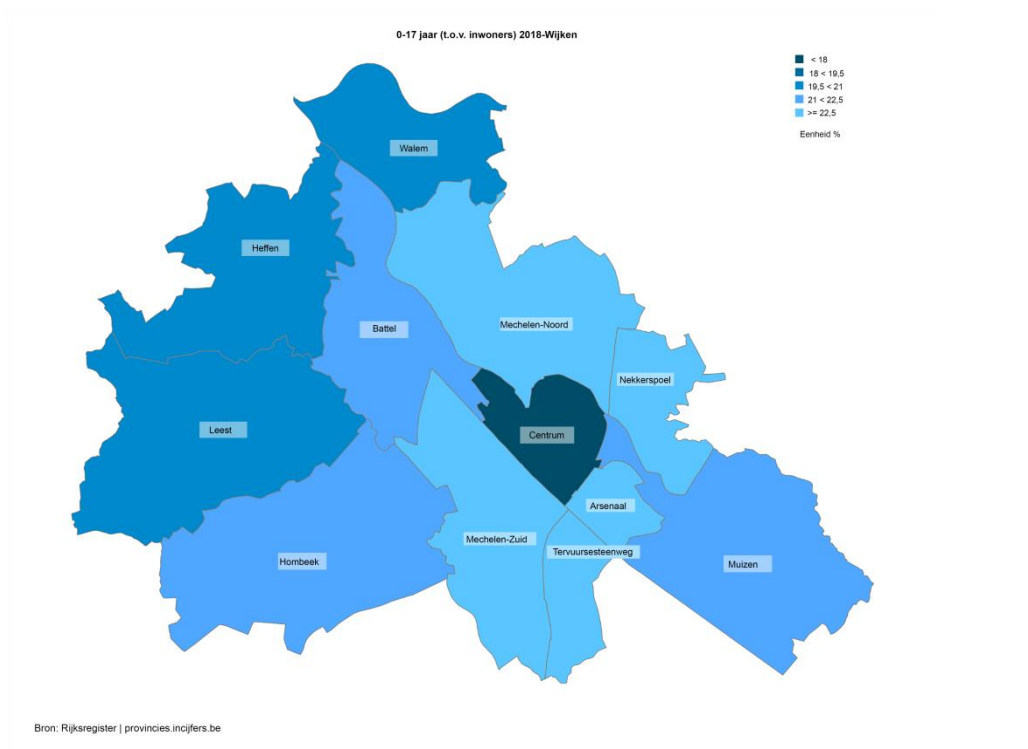
Figuur 29: Bevolking per 5 jaar (Bron: (Mechelen, 2019))



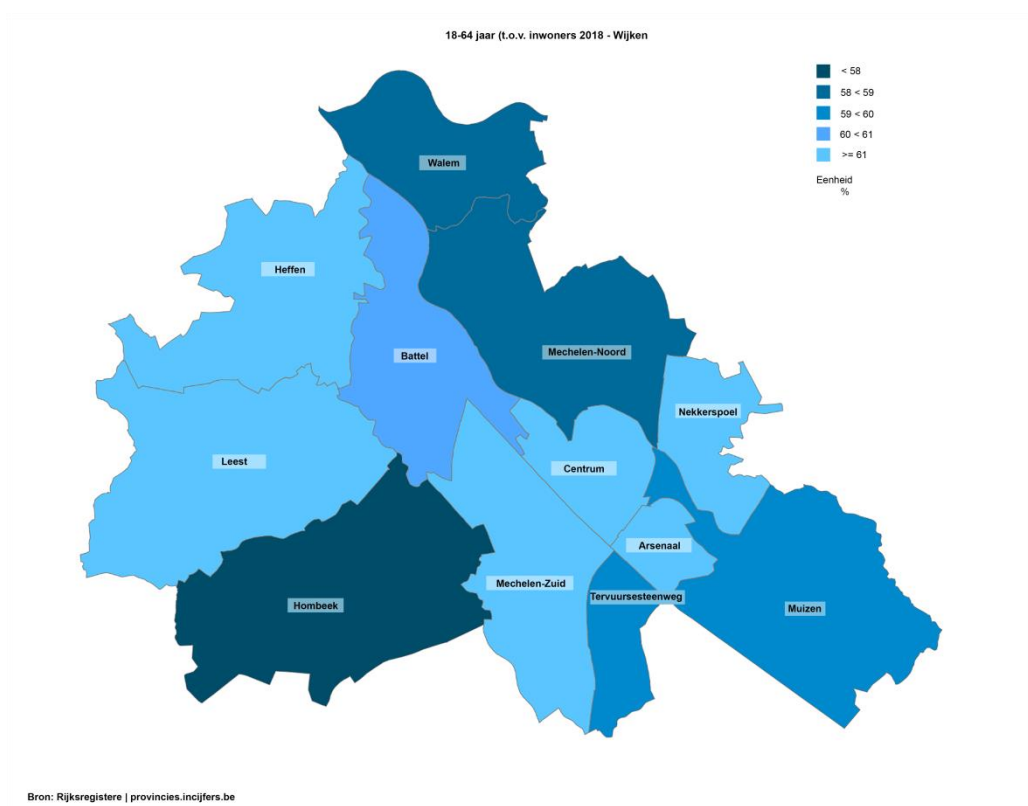
Tabel 17: Leeftijd bevolking Mechelen – centrumsteden (Bron: (Mechelen, 2019))

In de geografische verdeling valt op dat vooral in de wijken Arsenaal – Nekkerspoel en Mechelen-Noord en Mechelen-Zuid er een groter aantal -18-jarigen woont (24-28%) en een lager aantal 65-plussers. Dit staat tegenover een hoger aantal ouderen in de dorpen en het centrum. Deze trend zal mogelijk nog versterken door de verdergaande vergrijzing. Het is echter niet zo dat de dorpskernen eenduidig een oudere bevolking kennen (slechts 14% in Muizen, maar wel 24% in Hombeek).

Er is een groter aantal actieve bevolking (18-64 jaar) in het centrum, Arsenaal, Nekkerspoel, Mechelen- Zuid, Battel, Leest en Heffen. Dit staat tegenover een lager aantal in Hombeek, Walem, Mechelen-Noord, Muizen en de Tervuursesteenweg. Hier is dus geen eenduidig patroon.

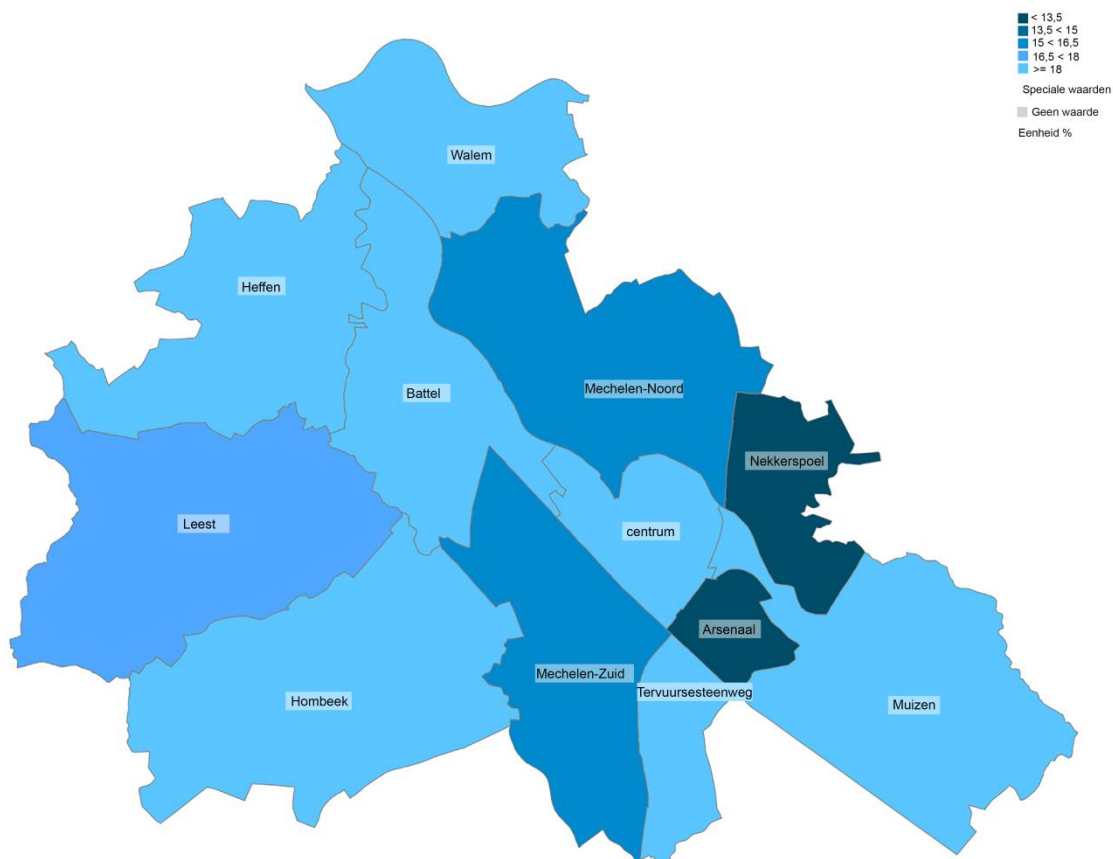


Figuur 30: % aantal inwoners die 17 jaar of jonger zijn (Bron: (Mechelen, 2019))



Figuur 31: % Aantal inwoners die 18-64 jaar zijn (Bron: (Mechelen, 2019))

60-... jaar (t.o.v. inwoners) 2018 - Wijken



Bron: Rijksregister | provincies.incijfers.be

Figuur 32: % Aantal inwoners die 65 jaar of ouder zijn (Bron: (Mechelen, 2019))

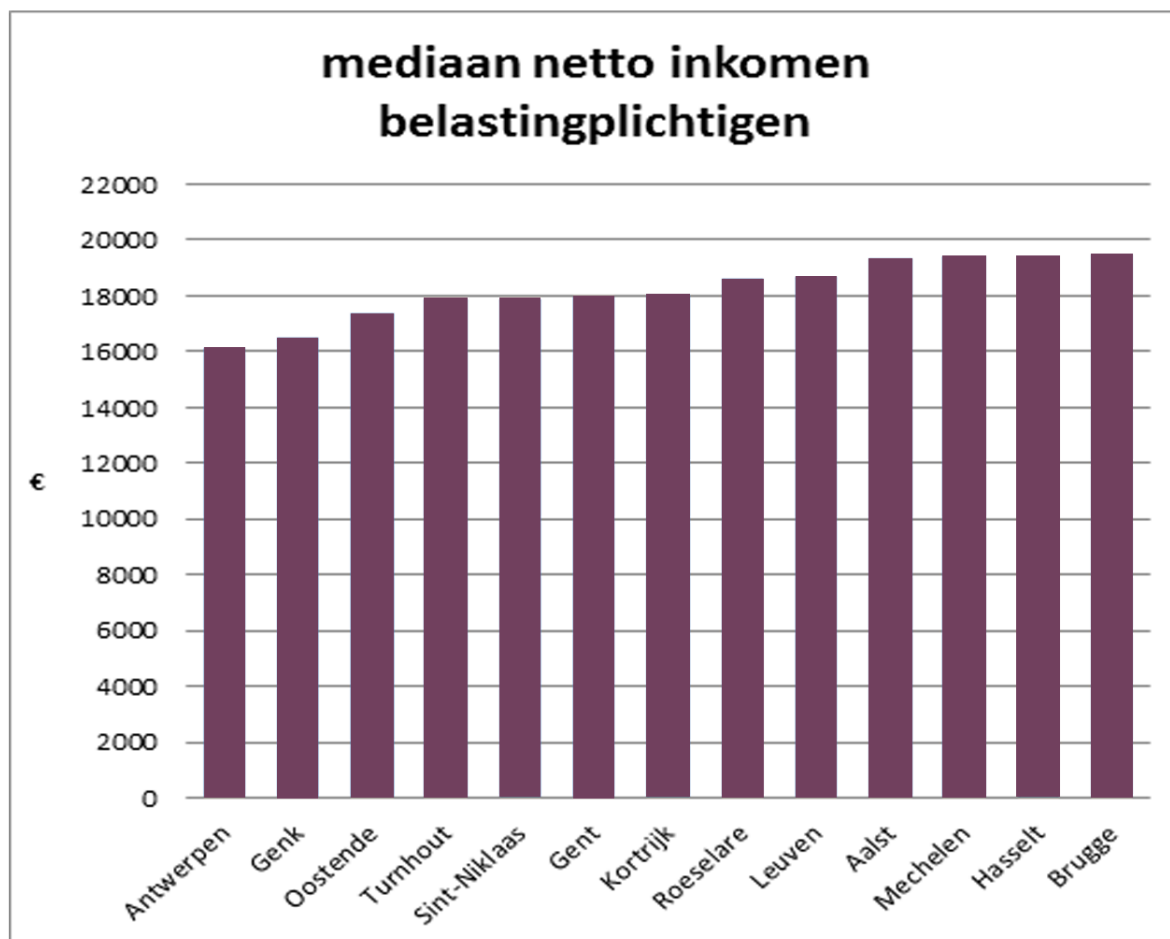
Alternatieve leeftijdsindelingen 2018 - Wijken			
	0-17 jaar	18-64 jaar	65-... jaar
Arsenaal	28,20%	62,50%	9,30%
Nekkerspoel	25,90%	61,60%	12,50%
Mechelen - Zuid	22,80%	61,20%	16,00%
Mechelen - Noord	24,80%	58,80%	16,30%
Leest	20,60%	62,20%	17,20%
Heffen	21,00%	61,60%	17,50%
Tervuursesteenweg	22,70%	59,30%	18,00%
Battel	21,70%	60,30%	18,10%
Muizen	22,40%	59,50%	18,10%
Centrum	17,60%	63,00%	19,40%
Walem	20,90%	58,70%	20,30%
Hombeek	21,50%	56,80%	21,80%

Eenheid	%
Bron	Rijksregister provincies.incijfers.be

Tabel 18: Leeftijdsverdeling per wijk (Bron: (Mechelen, 2019))

Inkomen van de bevolking

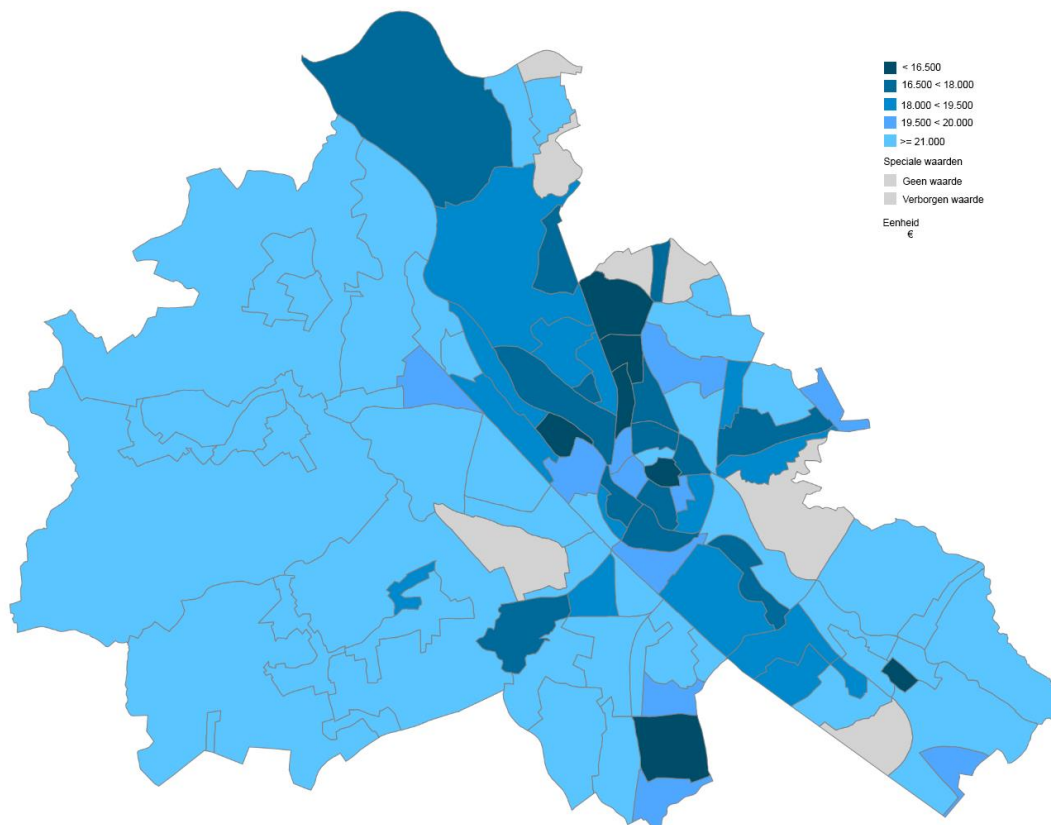
In vergelijking met andere centrumsteden is het mediaan netto inkomen (19.395 euro netto per belastingplichtige) van de bevolking hoog. Hier wordt Mechelen enkel voorafgegaan door Hasselt en Brugge.



Tabel 19: Netto mediaan inkomen – centrumsteden (Bron: (Mechelen, 2019))

De bevolking is ook divers naar socio-economische slagkracht. Bij het vergelijken van het mediaan inkomen blijkt dat het oostelijke, verstedelijkte gebied een duidelijk lager inkomen heeft, met een aantal uitschieters.

Mediaan netto inkomen belastingplichtigen 2016 - Statistische sectoren



Bron: Statbel - Fiscale inkomens | provincies.incijfers.be

Figuur 33: Mediaan netto inkomen (bron: (Mechelen, 2019))

Gezondheid bevolking

Voor informatie rond de gezondheid van de bevolking, steunen we op de informatie van het wetenschappelijk instituut voor volksgezondheid (Wetenschappelijk instituut voor volksgezondheid, 2019). Hart- en vaatziekten en ademhalingsproblemen zijn samen goed voor 38% van de doodsoorzaken in het Vlaamse Gewest. In Europees perspectief heeft België een lage mortaliteit door hart- en vaatziekten. (OECD/European Observatory on Health Systems and Policies, 2017).

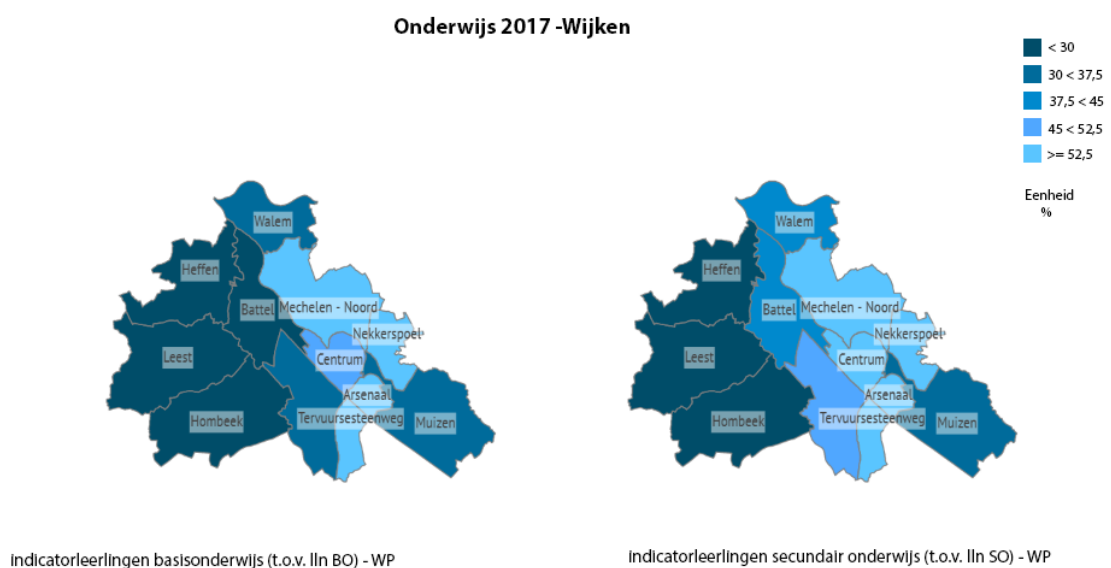
Er is geen informatie beschikbaar rond lokale prevalentie van hart- en vaatziekten en ademhalingsproblemen. Gezien de correlatie tussen hart- en vaatziekten en ademhalingsproblemen en de leeftijd van de bevolking, kunnen we echter wel voorzichtig veronderstellen dat door rekening te houden met de leeftijd van de bevolking, deze indicatoren ook deels worden ondervangen. Bovendien blijkt er ook een verband tussen inkomen/opleiding en ongezond gedrag (roken, obesitas en overmatig alcoholgebruik). (OECD/European Observatory on Health Systems and Policies, 2017) Door in bovenstaande rekening te houden met inkomen wordt dit gedrag dus ook deels meegenomen in de geografische spreiding.

Daarnaast heeft Mechelen in het kader van het grootstedelijke beleid een aantal prioritaire zones voor huisartsen (zones waar momenteel te weinig huisartsen zijn). Het betreft hier de zone 'Oud-Oefenplein', de wijk Heihoek (centrum) en de Arsenaalwijk.

Mechelen heeft verder sinds 2018 een nieuw ziekenhuis (Sint-Maarten) op het grondgebied. Dit ziekenhuis bedient de Mechelse regio. Daarnaast is er ook een ziekenhuis in Bonheiden (Imelda). Tot slot zijn er verschillende woonzorgcentra op het grondgebied.

Sociaal kwetsbare buurten

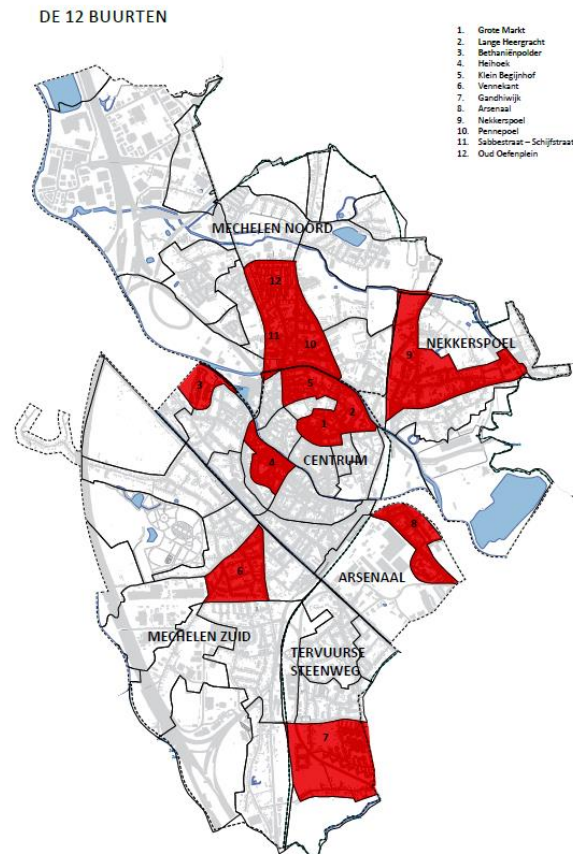
Op basis van het onderzoeksrapport "Aandachtsbuurten Mechelen" (Samenlevingsopbouw Antwerpen provincie vzw, 2012) werd ook gekeken naar indicatoren voor sociaal kwetsbare buurten, namelijk het aantal GOK leerlingen (nu indicatorleerlingen). Hieruit blijkt dat deze vooral geconcentreerd zijn in het oostelijk gedeelte van het grondgebied, met uitzondering van Muizen.



Bron: Departement Onderwijs en Vorming van de Vlaamse Gemeenschap | Provincies.Incijfers.be

Figuur 34: % indicatorleerlingen per wijk (woonplaats) voor lager en secundair onderwijs.(bron: (Mechelen, 2019))

Samenlevingsopbouw definieert zelf 12 aandachtsbuurten op basis van het aantal GOK leerlingen en het aandeel van de bevolking dat onder de armoedegrens leeft. Zij komen tot onderstaande buurten. Deze buurten vallen allen in het stedelijke gebied in en rond het centrum.



Figuur 35: 12 aandachtsbuurten (bron: (Samenlevingsopbouw Antwerpen provincie vzw, 2012))

Conclusie bevolking

Er is een hoge bevolkingsdichtheid in en rondom **het stadscentrum** en de dorpskernen. Bovendien kennen de wijken **ten noordoosten en zuiden van het centrum** een jongere en (kans)armere bevolking. Deze gebieden zijn dus extra kwetsbaar voor omgevingsinvloeden zoals klimaatverandering (hitte, droogte, overstroming,...). In de dorpen vinden we dan weer een oudere bevolking die extra kwetsbaar is voor omgevingsinvloeden zoals klimaatverandering. Dit effect in de dorpen is echter minder uitgesproken en er is een lagere bevolkingsdichtheid, zoals blijkt uit de gemengde cijfers voor ouderen in de dorpskernen. Deze trend zien we ook terug in de kwetsbare instellingen. Deze bevinden zich ook vooral in en rond het centrum en in mindere mate in de historische dorpskernen.

Een verder onderzoek op niveau van statistische sector dient zich aan. Op basis van een eerste verkenning van de sectoren blijken vooral **de sociale woonwijken** (Oud-oefenplein, Sociale woningen Tervuursesteenweg en Bethaniënpolder) extra kwetsbaar te zijn zowel door de grote groep oudere bewoners (Bethaniënpolder en Tervuursesteenweg), de relatief kleine groep actieve bevolking en de grote groep (jonge) kinderen (Oud-oefenplein). Ook de lagere inkomens dragen hiertoe bij. Ook de studie van samenlevingsopbouw bevestigt deze conclusie.

II. Economie

Inleiding

In dit gedeelte wordt de spreiding en aard van de economische activiteit op het grondgebied onderzocht. Een gedetailleerd onderzoek op stad/wijk/sector niveau valt buiten het bereik van dit rapport. Er wordt een eerste oriënterende verkenning uitgevoerd op basis van het rapport "Bedrijfsbeleid Mechelen en gebiedsontwikkeling Raghen" (IDEA Consult, 2018). Een uitgebreide bespreking is terug te vinden in dit rapport van IDEA Consult.

Aantal, grootte en sector van de bedrijven

70% van de ondernemingen op het grondgebied zijn **micro-ondernemingen** (2015) (9 werknemers of minder), aangevuld met 22% kleine ondernemingen, 6% middelgrote ondernemingen en 2% grote ondernemingen. Uit deze studie blijkt ook dat Mechelen meer en sneller groeiende grote ondernemingen kent dan de andere vergelijkbare centrumsteden. Algemeen stelt het rapport dat het aantal ondernemingen in Mechelen sneller groeit dan in vergelijkbare steden of Vlaanderen.

Deze bedrijven zijn vooral terug te vinden in de **tertiaire** (30 051 jobs in 2015 (56%)) en **quartaire** sector (15 306 jobs in 2015 (28,6%)). Deze sectoren groeiden ook tussen 2007 en 2015. De secundaire sector neemt af in belang (7491 jobs in 2017 (14%)) en de primaire sector stagneert (297 jobs in 2017 (0,6%)).

Bedrijventerreinen

In totaal is er in de stad **318 ha** ingenomen door actieve bedrijven op bedrijventerreinen, met een dominantie van 66,4% van de oppervlakte voor de tertiaire sector. Er is slechts 2 ha aan percelen op bedrijventerreinen beschikbaar en niet ingenomen. IDEA consult geeft echter wel aan dat deze zeer lage graad van beschikbare percelen een onderschatting kan zijn. Drie bedrijventerzones bieden het meeste ruimte aan en huisvesten de meeste ondernemingen:

Naam	Aantal bedrijven	% aantal bedrijven op bedrijventerreinen	Percentage totale opp. Bedrijventerreinen
Mechelen Noord	373	50%	34%
Mechelen Zuid	113	27%	15,1%
Raghen	94	12,6%	20%
Totaal	580	77%	78%

Tabel 20: Aantal bedrijven (Bron: (IDEA Consult, 2018))

Naar invulling is er op Mechelen Noord een grotere vertegenwoordiging van de tertiaire sector (73% van de ruimte). In Mechelen Zuid neemt de tertiaire sector slechts 57% van de ruimte in. Dit kan verklaard worden door een aantal grote spelers in de secundaire sector (41% van de ruimte). Ook op Raghen is de tertiaire sector de grootste sector en vallen vooral de activiteiten van NMBS op. Er is een verdere ontwikkeling op deze site voorzien in de toekomst (middellange termijn)

Verweven bedrijven

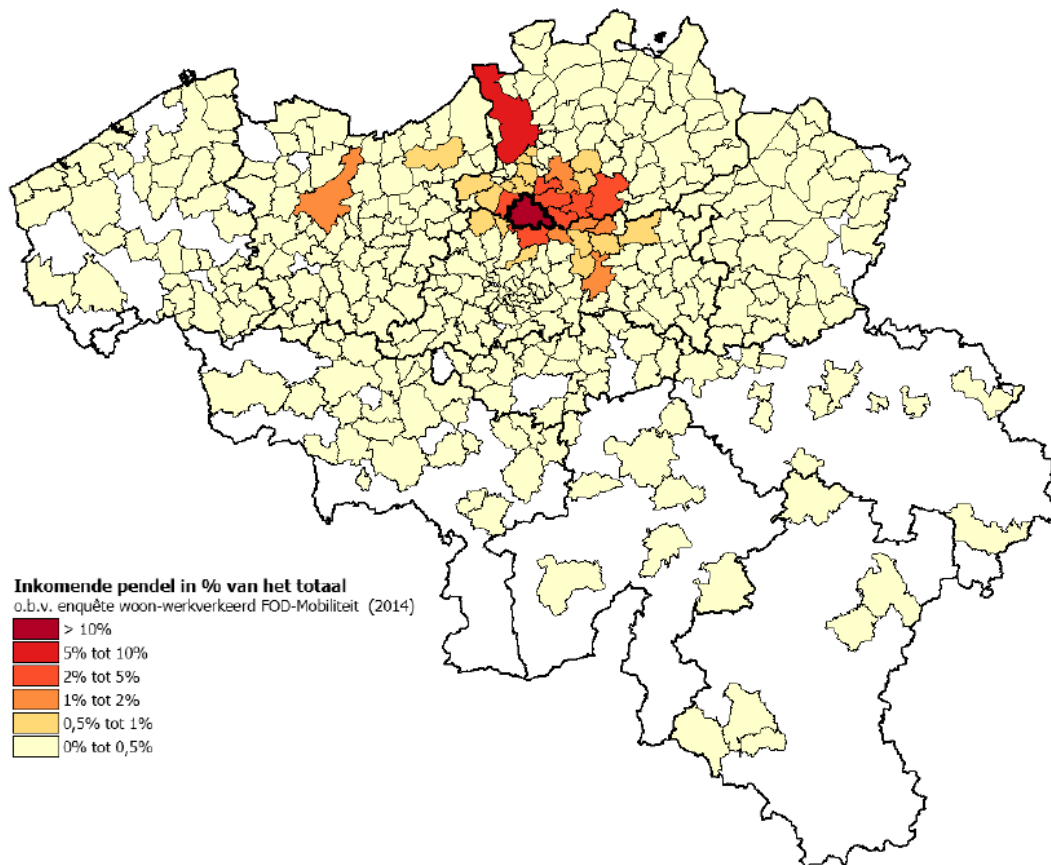
De werkelijke ruimte ingenomen door bedrijvigheid is veel hoger dan de ruimte voorzien op bedrijventerreinen (1.219 ha tov. 318 ha op bedrijventerreinen). Het wordt duidelijk dat bedrijventerreinen slechts 30% van de ruimte bieden voor economische activiteiten. Hier springt de primaire sector uit met 753 ha gezien de grondgebonden aard van de activiteiten.

Hoofdsector	# Ondernemingen	Totale opp. (m ²)	Gemiddelde opp. (m ²)
Primair	80	7 534 648	94 183
Secundair	351	1 325 825	3 777
Tertiair	2 090	3 024 234	1 447
Quartaair	219	307 557	1 404
Totaal	2 740	12 192 265	4 450

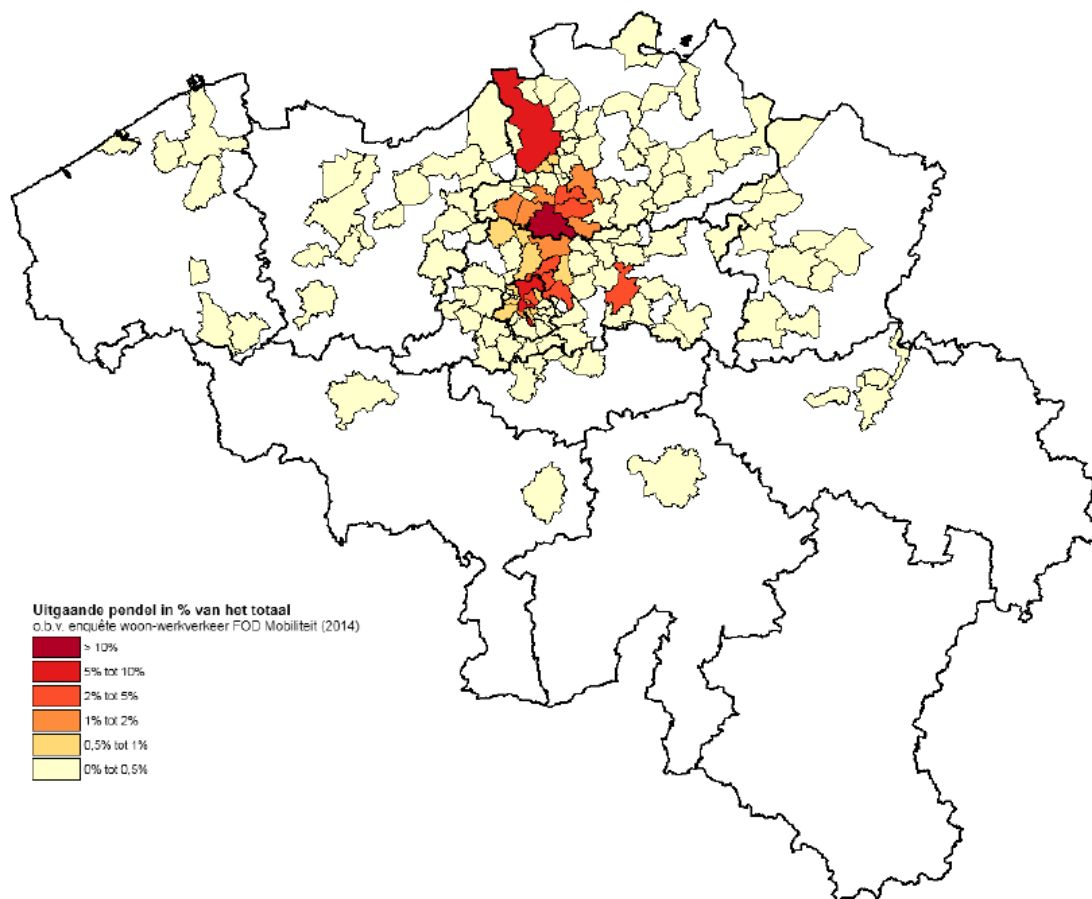
Tabel 21: Ruimtegebruik per sector (Bron: (IDEA Consult , 2018))

Mobiliteit

Inzake mobiliteit valt op dat slechts 24,2% van de Mechelse jobs wordt ingevuld door Mechelaars. Dit vertaalt zich in een hoge inkomende en uitgaande pendelintensiteit en een druk op mobiliteit. 65,8% van de verplaatsingen gebeurt immers per wagen (inclusief motorfiets en carpooling).



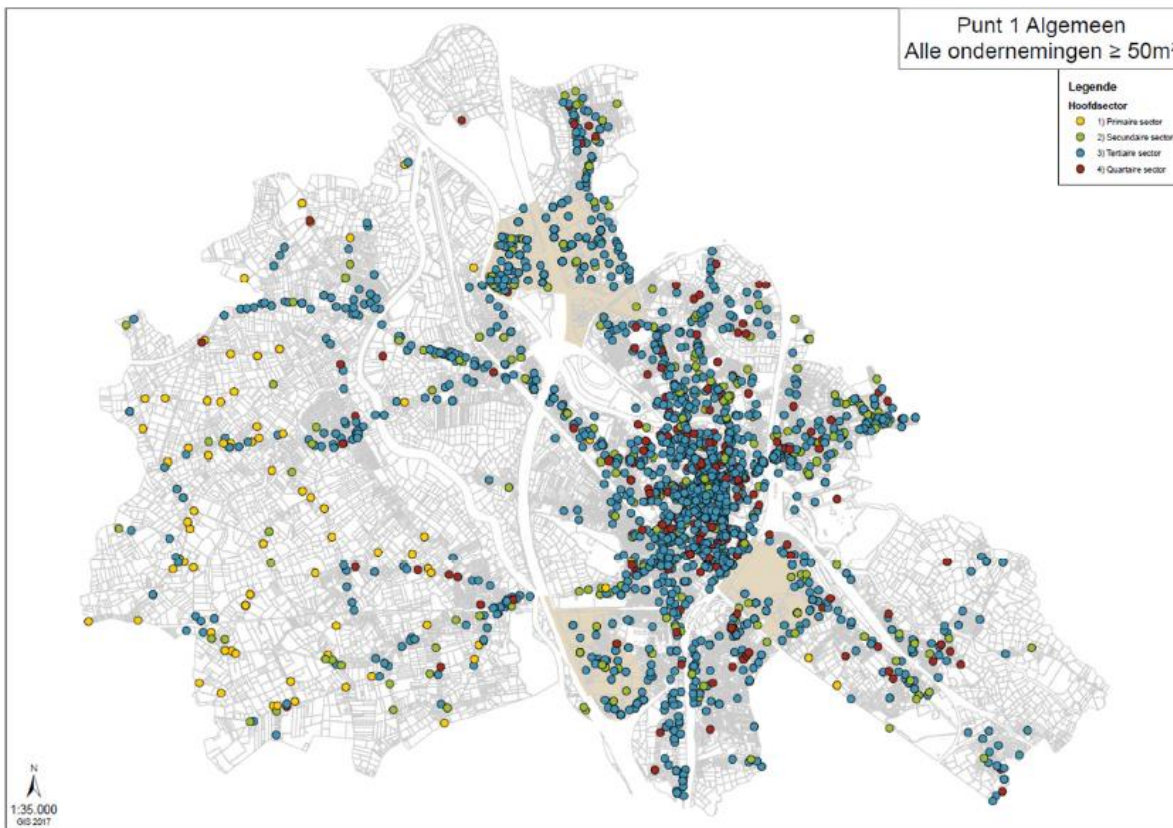
Figuur 36: Procentueel aandeel van de inkomende pendel naar Mechelen per herkomstgemeente (Bron: (IDEA Consult , 2018))



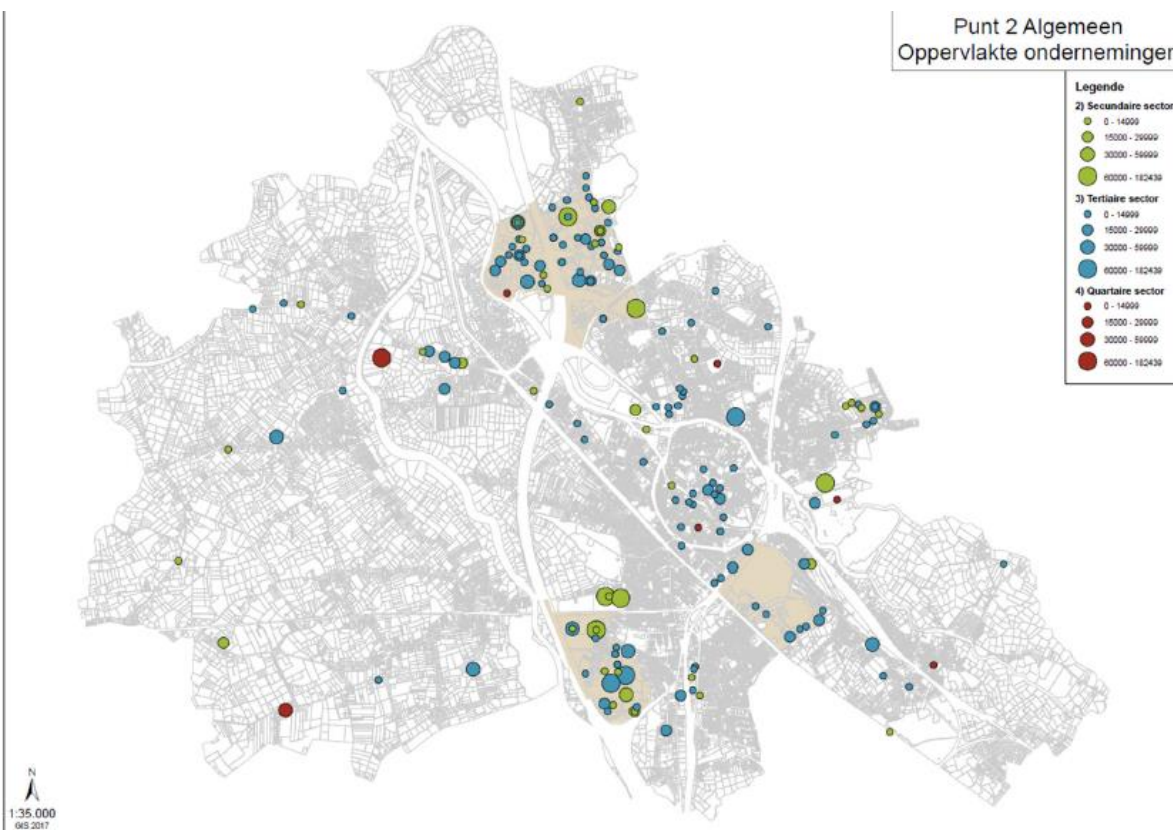
Figuur 37: Procentueel aandeel van de inkomende pendel naar Mechelen per bestemmingsgemeente (Bron: (IDEA Consult , 2018))

Ruimtelijke spreiding

De belangrijkste concentratie van ondernemingen is terug te vinden in het centrum van Mechelen (tertiaire en quataire sector). De primaire sector is bijna volledig terug te vinden in het westelijke deel van Mechelen (Heffen, Hombeek en Leest). De secundaire sector is terug te vinden op de bedrijventerreinen en andere zones buiten de kern van de stad (50/50). De grootste ondernemingen bevinden zich op de bedrijventerreinen.



Figuur 38: Ondernemingen in Mechelen (Bron: (IDEA Consult , 2018))



Figuur 39: Ruimtelijke spreiding van alle ondernemingen met een bovengemiddelde oppervlakte (Bron: (IDEA Consult , 2018))

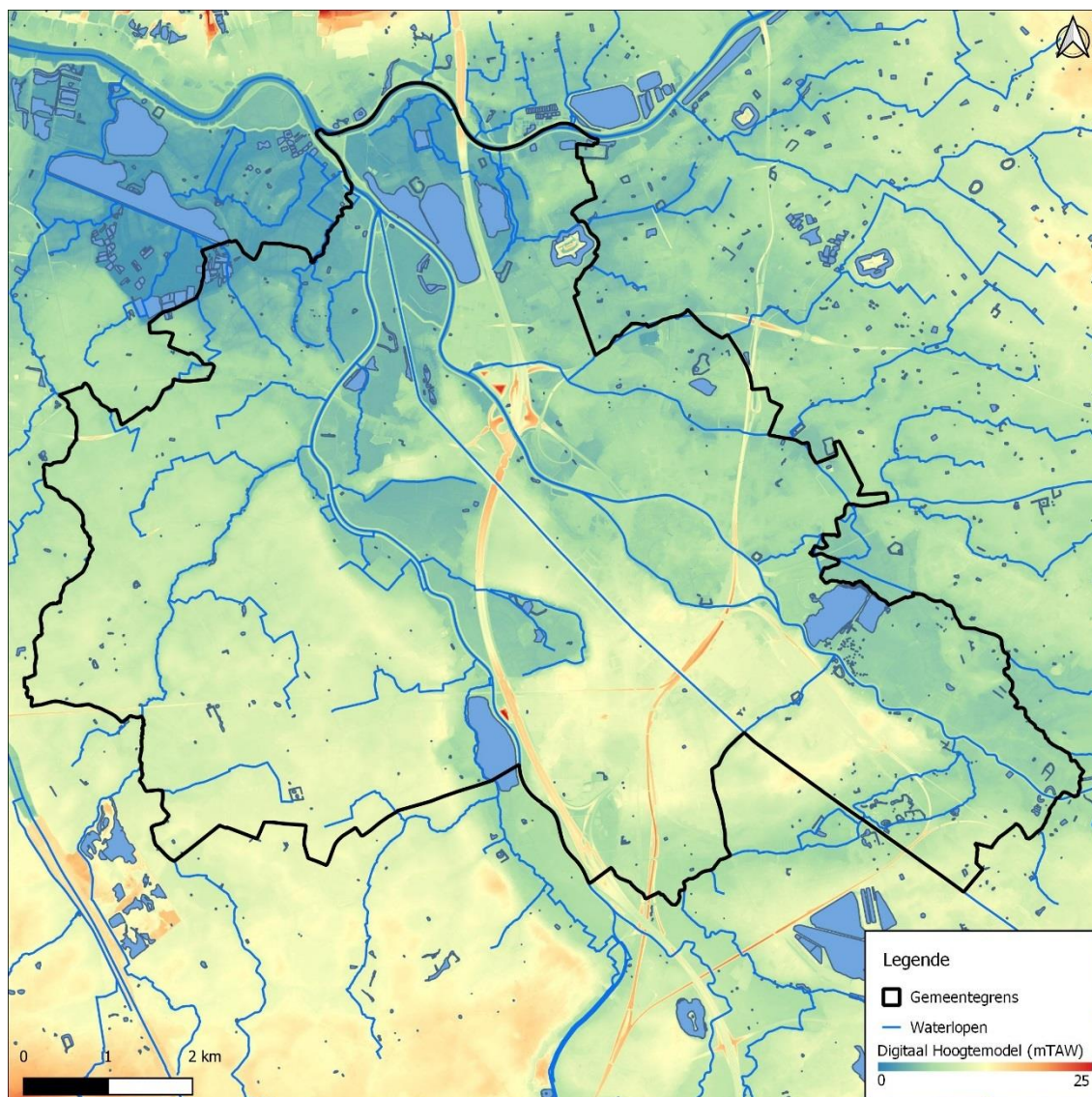
Conclusie

Uit deze studie blijkt dat ondernemingen vooral aangetroffen worden in het centrum, het stedelijke gebied en op de bedrijventerreinen. In het westelijke deel van het grondgebied bevinden zich veel minder ondernemingen en vooral ondernemingen uit de primaire sector.

C. Fysische kwetsbaarheid**I. Hoogte , waterlopen, ondergrond en grondwater**

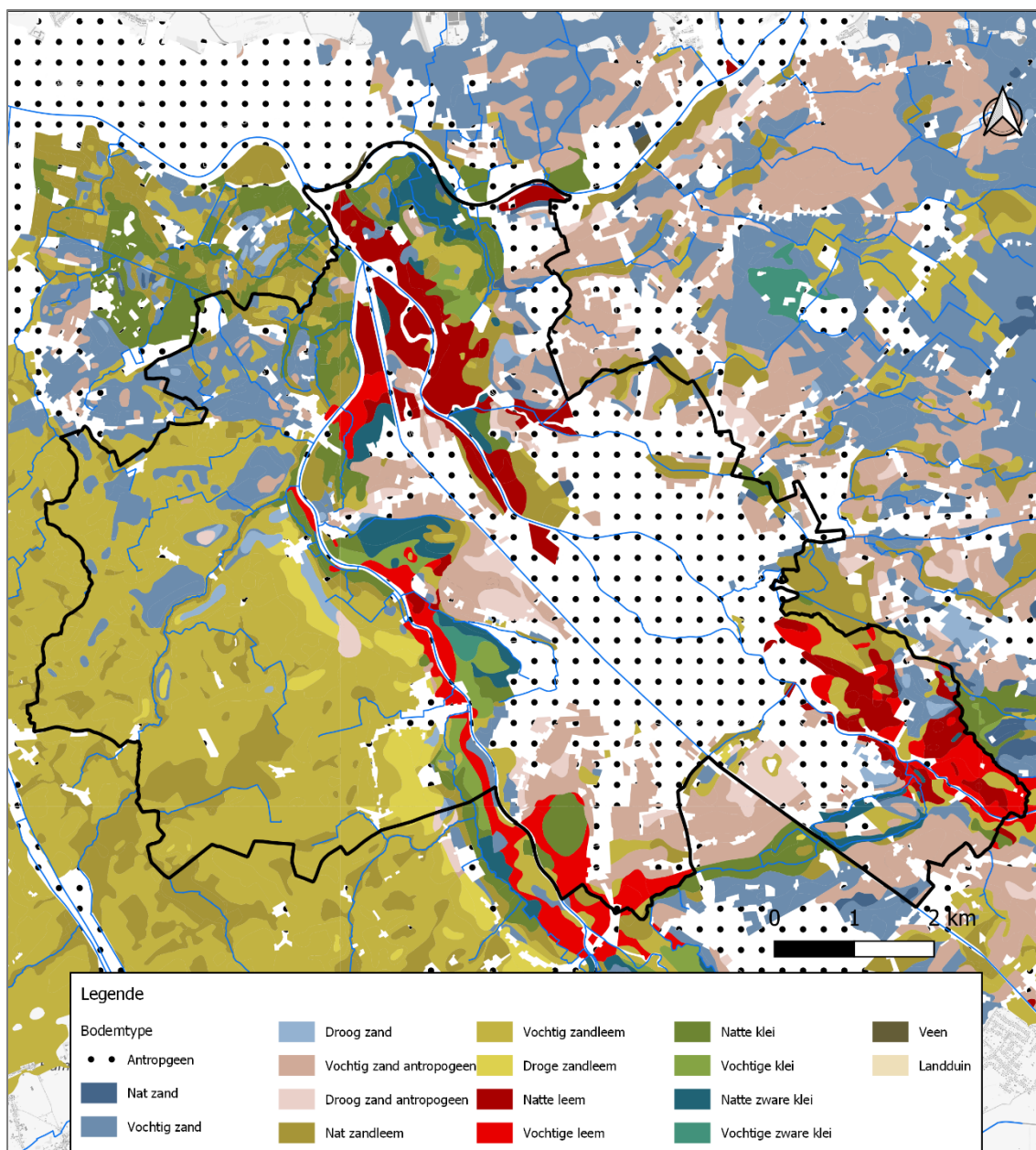
Mechelen behoort tot twee plateaus. In het noordoosten behoort Mechelen tot de Boomse Cuesta, in het zuidwesten ligt de Vlaamse Laagvlakte. Mechelen is dus relatief laaggelegen gebied met een hoogte variërend van 2-12 meter (digitaal hoogtemodel Vlaanderen). Plaatselijk komen ook stuifduinen voor die ontstaan zijn uit de alluviale vlakten.

Mechelen is gelegen in het stroomgebied van de Schelde en meer bepaald in het Dijlebekken (en het Beneden-Scheldebekken). Mechelen heeft drie deelbekkens op zijn grondgebied: Zenne-Maalbeek-Aabeek, Barebeek-Benedendijle en Vrouwliet. Deze 4 waterlopen zijn dan ook de belangrijkste natuurlijke waterlopen: Dijle, Zenne, Vrouwliet en Barebeek. Daarnaast begrenzen Rupel en Nete het grondgebied en is er een netwerk van grachten voor afwatering. De vier rivieren vormen alluviale vlaktes. Deze zijn merkkelijk minder hooggelegen dan het overige grondgebied. Ook het dal van de Barebeek is duidelijk merkbaar. Het oostelijke deel van het grondgebied (Hombeeks plateau) is ook merkkelijk hoger gelegen. Daarnaast valt op dat het zuidelijke gedeelte van het stedelijke gebied hoger gelegen is dan het noordelijke gedeelte. De (binnen)Dijle markeert de grens van dit gebied duidelijk. Dit is ook duidelijk merkbaar op de bovenstaande overstromingskaarten (hoger risico rond de waterlopen). Alle grote waterlopen op het grondgebied zijn verontreinigd of zwaar verontreinigd (laatste actualisatie 2004). In het noordoosten van het grondgebied liggen twee poldergebieden (de polder van Battenbroek en de polder van Willebroek).



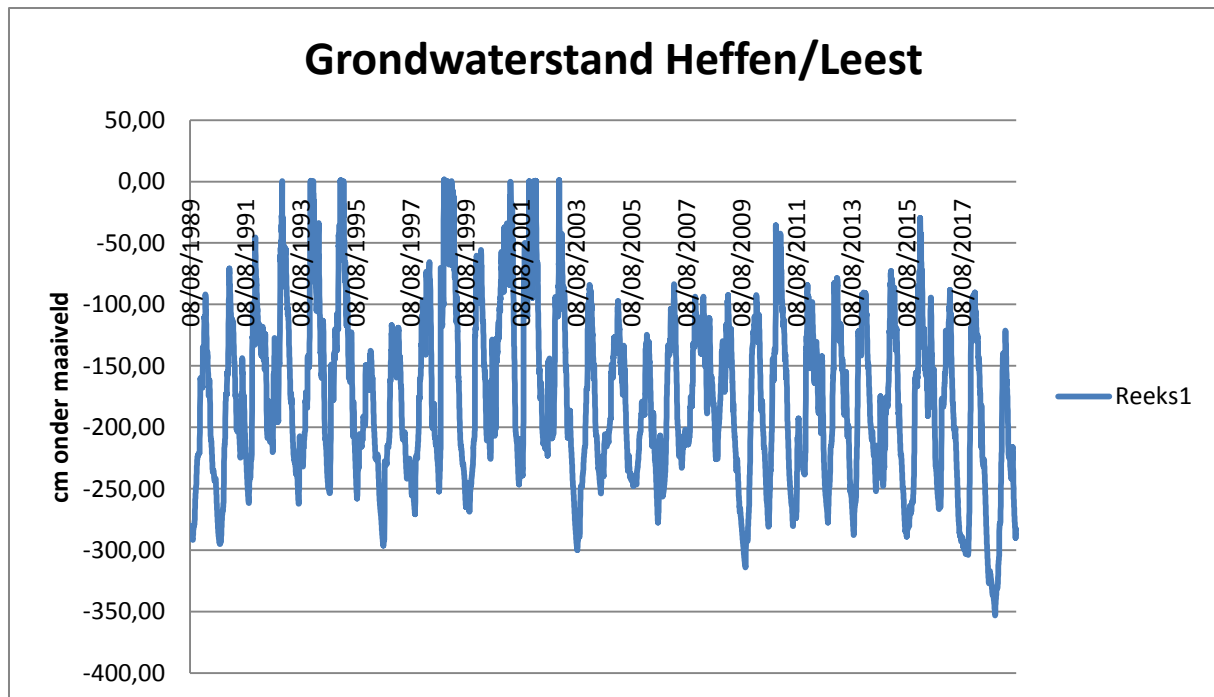
Figuur 40: Digitaal Hoogtemodel (mTAW) en waterlopen in en rond Mechelen [1] (Bron: (Sweco, 2019))

De ondergrond van Mechelen is bovendien verdeeld over lemig zand in het noordoosten van het grondgebied. Zuidelijker op het Hombeeks plateau is het meer zandleem. In de valleien van de Zenne, Dijle en Barebeek is er meer leem en klei. Dit maakt dat water makkelijker infiltreert in het noordoostelijk deel van het grondgebied, dan in het hoger gelegen zuid-oostelijk deel. Echter in de riviervalleien infiltreert het water moeilijker (klei). Het verstedelijkte oostelijke deel van het grondgebied wordt ingetekend als "antropogeen".



Figuur 41: Gegeneraliseerde bodemkaart stad Mechelen (Bron: (Sweco, 2019))

Tot slot wordt ook kort het grondwater besproken. Uit een eerste verkenning van het grondwaterpeil lijkt het freatisch water de laatste decennia steeds dieper te zakken in de zomer (peilput VMM Leest/Heffen – freatisch meetnet). De VMM geeft echter aan dat voor Vlaanderen vooral de grondwaterwinningen een grote invloed hebben op de (niet-) freatische lagen. Bovendien is er een duidelijk effect van klimatologische omstandigheden op het freatisch water (VMM, 2018).



Figuur 42: Grondwaterstand Heffen/Leest, (Bron: VMM, eigen bewerking)

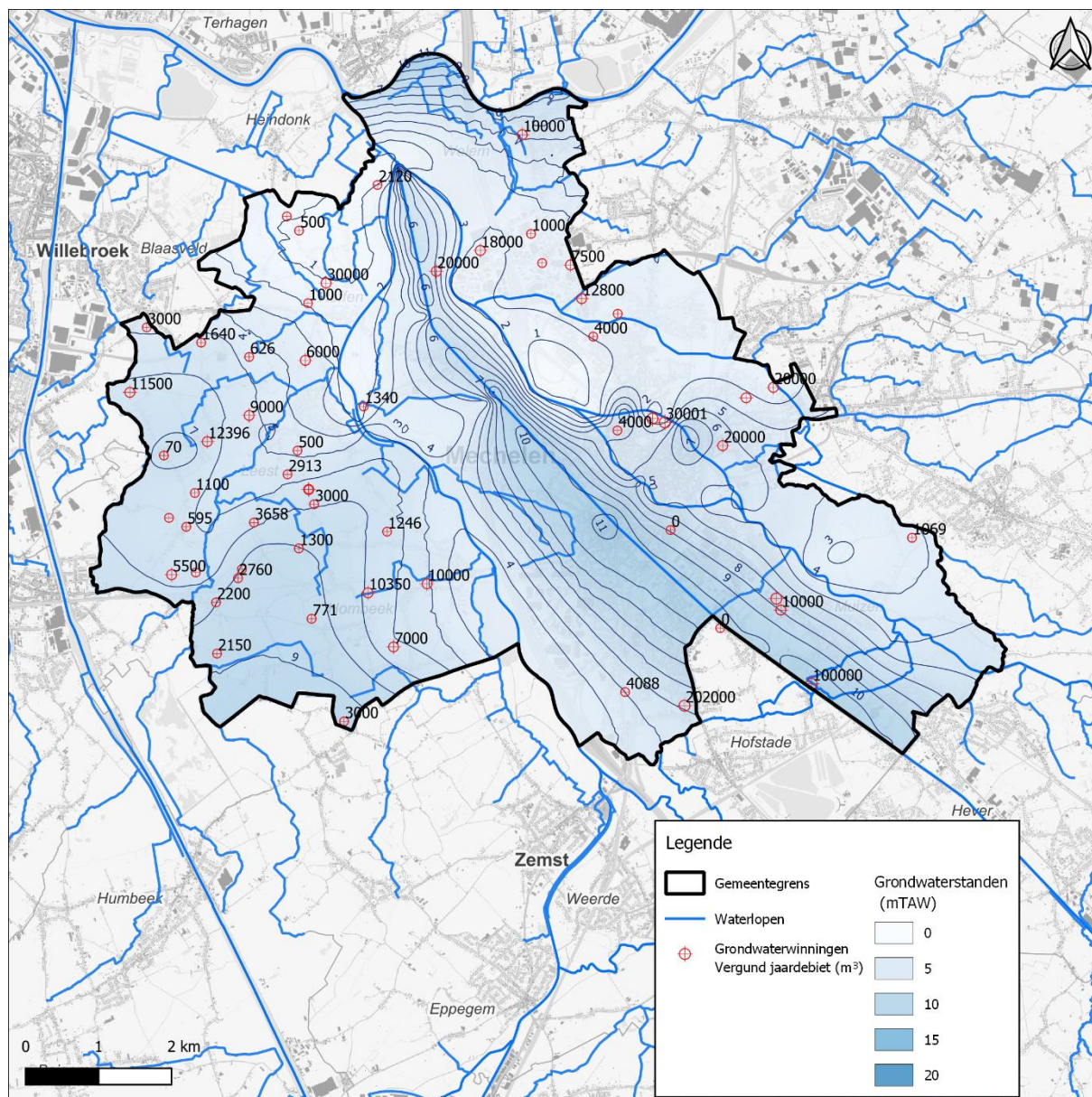
De kaart met grondwaterstanden uitgedrukt in m TAW toont de 'hoogtelijnen' of isohypsen. Deze tonen duidelijk de stroomrichting van het grondwater aan. De stroomrichting is immers loodrecht op de isohypsen. De grondwatertafel volgt dezelfde neerwaartse trend volgt als het maaiveld richting de valleien van Aabeek, Dijle en Zenne. De hoogste grondwaterstanden zijn te vinden in het zuiden van de gemeente in de nabijheid van Kanaal Leuven-Dijle en in de uiterste zuidwestelijke hoek.

De kaart met grondwaterstand uitgedrukt in diepte onder maaiveld (m) bevat dan weer belangrijke informatie om infiltratiemogelijkheden in te schatten. De kaart toont aan dat in enkele zones in Mechelen het grondwater tot vlak onder maaiveld kan voorkomen. De diepste grondwaterstanden zijn terug te vinden in het zuiden van de gemeente, ten zuiden van het Vrijbroekpark en ter hoogte van de dorspkern van Leest. Wel moet opgemerkt worden dat ophogingen ten gevolge van constructies zoals snelwegen,... een misleidend beeld geven. Ter hoogte van deze constructies lijkt het alsof het grondwater dieper zit dan de omgeving, dit is echter te wijten aan de hogere ligging van de constructies dan haar omgeving en niet noodzakelijk aan een diepere grondwatertafel. De natste zones (ten gevolge van een hoge grondwatertafel) zijn terug te vinden ter hoogte van het Zennegat, in het uiterste noorden van de gemeente, de omliggende zones langsheen het kanaal Leuven-Dijle, het Vrijbroekpark en Muizen.

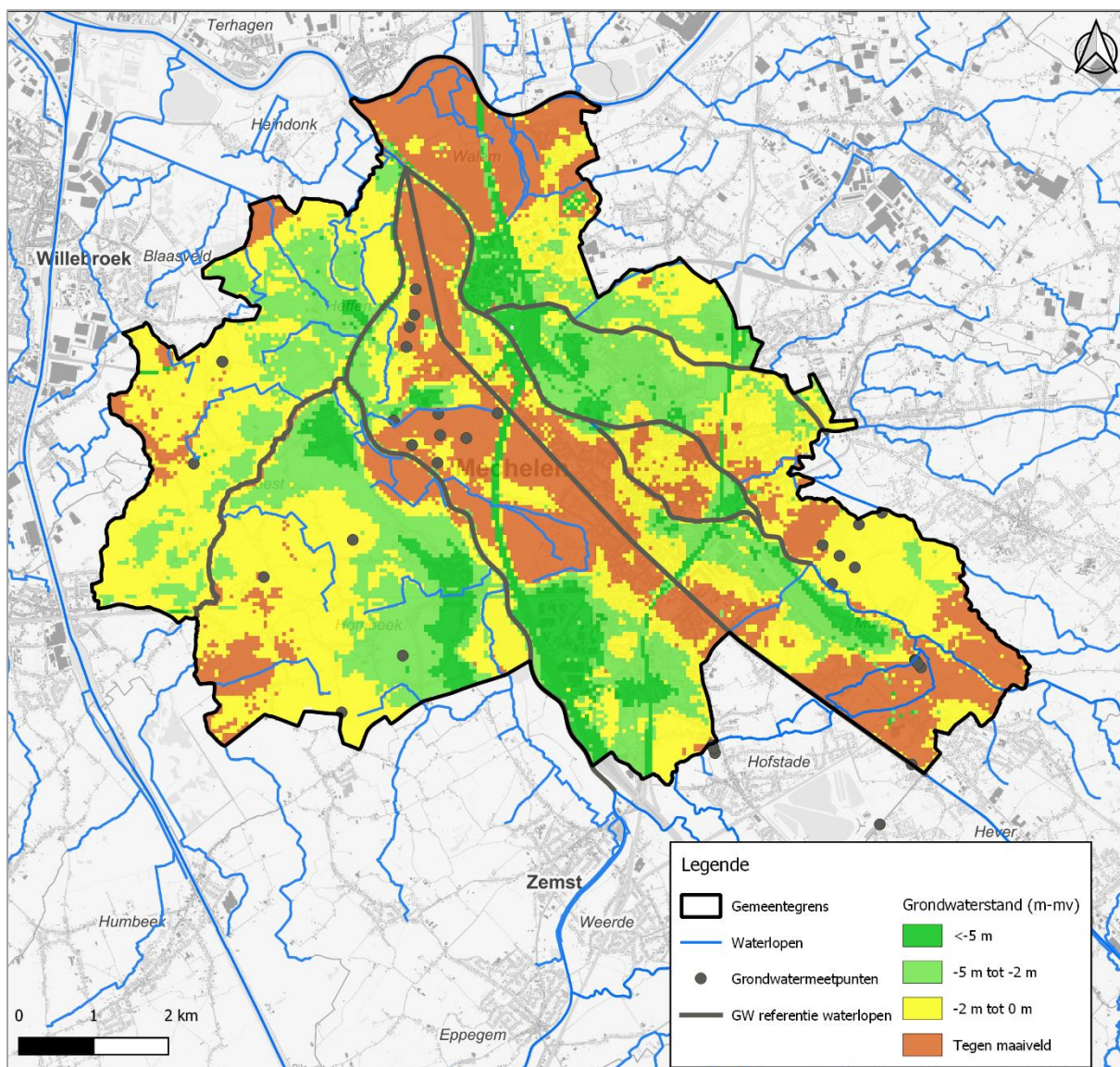
De grondwaterstandkaarten tonen belangrijke informatie, maar zijn slechts een ruwe benadering van de realiteit. De kaarten werden immers opgebouwd door de grondwaterstanden gemeten in verschillende punten te interpoleren. Het aantal meetpunten voor de grondwaterstanden is echter relatief beperkt in Mechelen, wat de kaart minder nauwkeurig maakt. Naast grondwaterstand metingen werden ook informatie uit het DHM mee opgenomen in de analyse. De 'hoogteligging' van de waterlopen uit het DHM komt immers overeen met het waterpeil van de waterlopen, die in principe de grondwaterstand op die locatie benaderd (wanneer waterpeil en

grondwater in evenwicht zijn). De meetpunten en waterlopen die gebruikt werden om grondwaterstanden in te schatten zijn aangeduid.

De grondwaterstandkaarten zijn dus slechts een zeer ruwe indicatie van de feitelijke grondwaterstand en kunnen zeker niet op kleine schaal gebruikt worden. Lokaal kunnen grondwaterstanden immers afwijken door factoren die de grondwaterstand beïnvloeden zoals pompen, waterlopen, drainagestructuren,... Lokale peilmetingen blijven bijgevolg nodig om de grondwaterstand exact in te schatten.



Figuur 43: Gemiddelde grondwaterstanden in mTAW en locatie van de vergunde grondwaterwinningen (Bron: (Sweco, 2019))

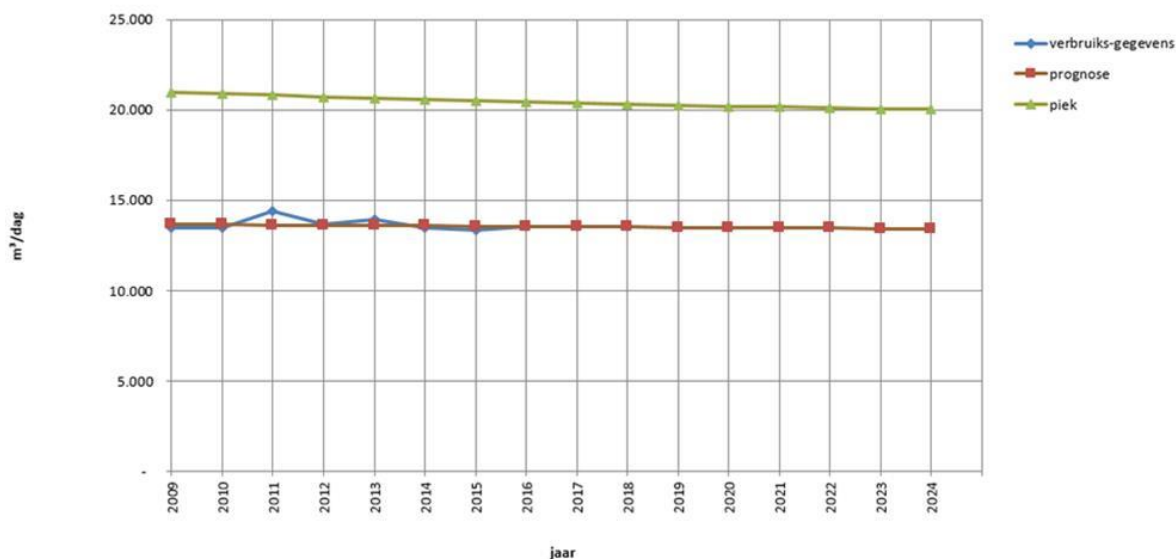


Figuur 44: Gemiddelde grondwaterstanden in m beneden maaiveld (m-mv) (Bron: (Sweco, 2019))

Er zijn geen grondwaterwingebieden of beschermingszones op het grondgebied. Dit neemt echter niet weg dat er verschillende grondwatervergunningen zijn. Hierbij zijn er enerzijds de vergunningen met het oog op de landbouw in het westelijk gedeelte van het grondgebied. In het oostelijke, verstedelijkte deel van het grondgebied zijn de vergunningen vooral gericht op de activiteiten van ondernemingen, grote warmtepompen en onderhoud van parken. Er is geen zicht op de evolutie van deze vergunningen. Er zijn ook geen lokale gegevens over het totale (drink)waterverbruik, al tekent zich wel een dalende tendens in totaal waterverbruik af in Vlaanderen (VMM, 2018) en een dalende tendens in drinkwaterverbruik in de Pidpa regio (Pidpa, 2015), waaronder Mechelen valt. Het drinkwaterverbruik in sector Mechelen is relatief stabiel met licht dalende piektendensen. Mechelen betreft zijn drinkwater via pidpa van verschillende bronnen (grondwaterputten, overwegend gevoed door hemelwater). in landelijke waterwingebieden in de ruime regio. Deze gebieden lijken op korte termijn weinig onder

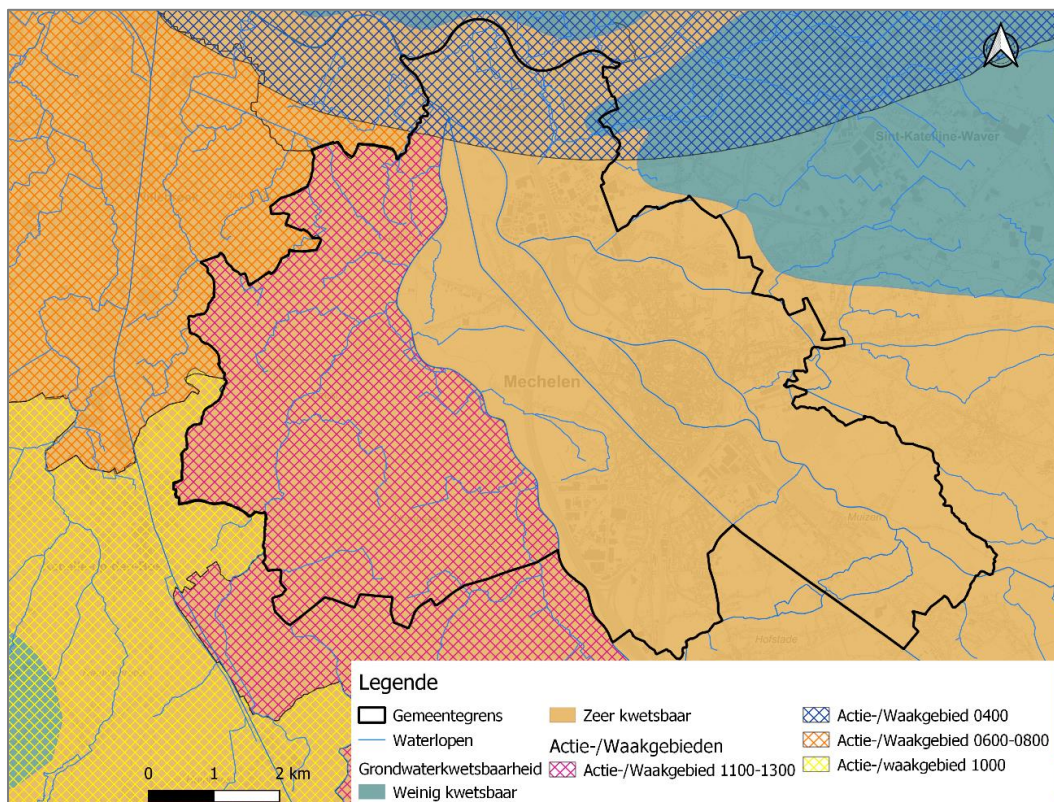
druk te staan. In september worden klassiek de laagste drinkwaterstanden opgetekend.

Prognose Mechelen



Figuur 45: Prognose drinkwaterverbruik Mechelen (Bron: Pidpa)

Bovendien is het grondwater zeer kwetsbaar voor vervuiling omdat de deklaag een beperkte dikte heeft en eerder lemig/zandig (zie ondergrond) en omdat de watervoerende laag zand is. Op het grondgebied zijn er twee waakgebieden voor de kwantiteit van grondwater. Deze gebieden worden dus nauwkeurig opgevolgd en grondwaterwinningen moeten goed beargumenteerd worden.



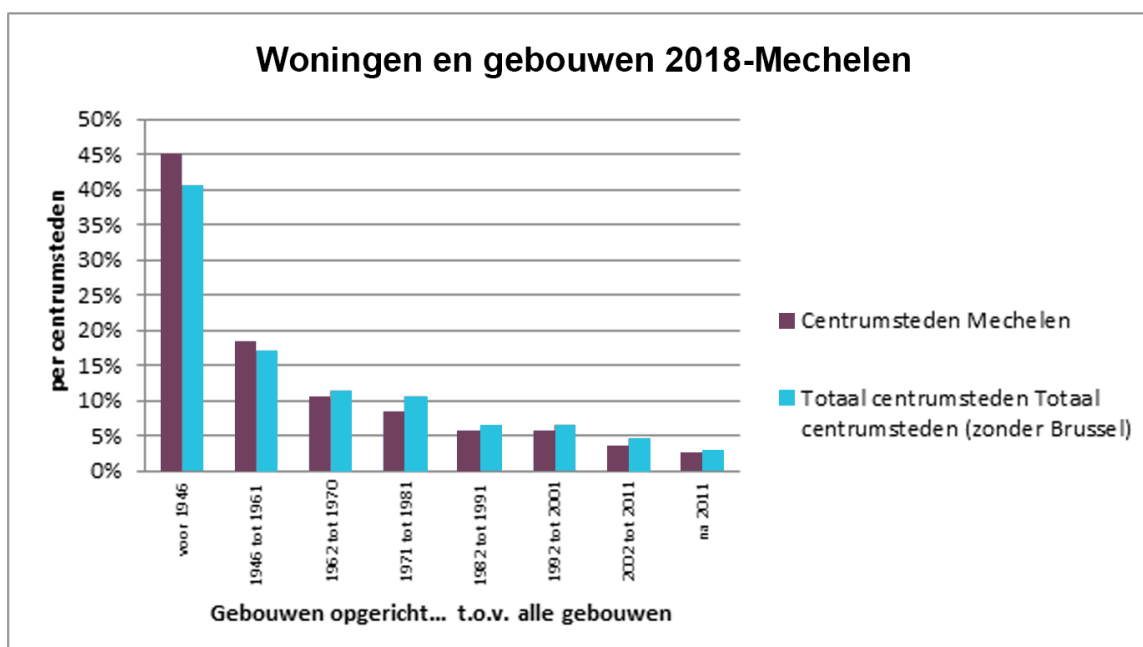
Figuur 46: Grondwaterkwetsbaarheid en actie- en waakgebieden (Bron: (Sweco, 2019))

II. Ruimtegebruik

In aanvulling op bovenstaande geografische analyse, is het belangrijk om ook te kijken naar het ruimtegebruik op het grondgebied. Hiervoor bekijken we eerst het globale ruimtegebruik en vervolgens zoomen we in op zowel wonen, ondernemingen, landbouw en natuur.

Mechelen is gekenmerkt door een intensief ruimtegebruik in het hart van Vlaanderen en Europa. Het grondgebied is 6.519 ha groot. Een eerste groep die een groot ruimtebeslag neemt is uiteraard bebouwing. Hier wordt geen onderscheid gemaakt naar de functie van de bebouwing (ondernemingen, wonen,...). Hieruit blijkt dat 1767,3 hectare van het grondgebied bebouwde percelen zijn (waarvan 465 ha voor bedrijvigheid, exclusief landbouw), waarvan 618 hectare effectief gebouwen. Opgelet, bij bebouwde percelen wordt het hele perceel (inclusief bv. tuin) als bebouwd geteld. Dit verklaart dat de gemiddelde bebouwingsgraad maar 9,5% is. Er is wel nog 564 hectare beschikbare onbebouwde bouwgrond (8% van het grondgebied).

Uitgesplitst naar functie zijn er 72.454 gebouwen op het grondgebied, waarvan 55% woningen en 45% andere gebouwen. Binnen de woningen gaat het vooral om eengezinswoningen (63,4%) en appartementen (32,4%). Bij de eengezinswoningen gaat het vooral om gesloten bebouwing (66,6%) en in mindere mate om halfopen bebouwing (19%) en open bebouwing (14,4%). Hier valt bovendien op dat het gaat om verouderde bebouwing. Zo zijn bijna de helft van alle gebouwen op het grondgebied opgericht voor 1946. De hoge leeftijd van deze gebouwen heeft gevolgen naar energieconsumptie en stabiliteit. Bovendien zijn een hoog aantal gebouwen en een aantal gebieden beschermd als monument (UNESCO). Het merendeel hiervan bevindt zich in het historische hart van de stad.



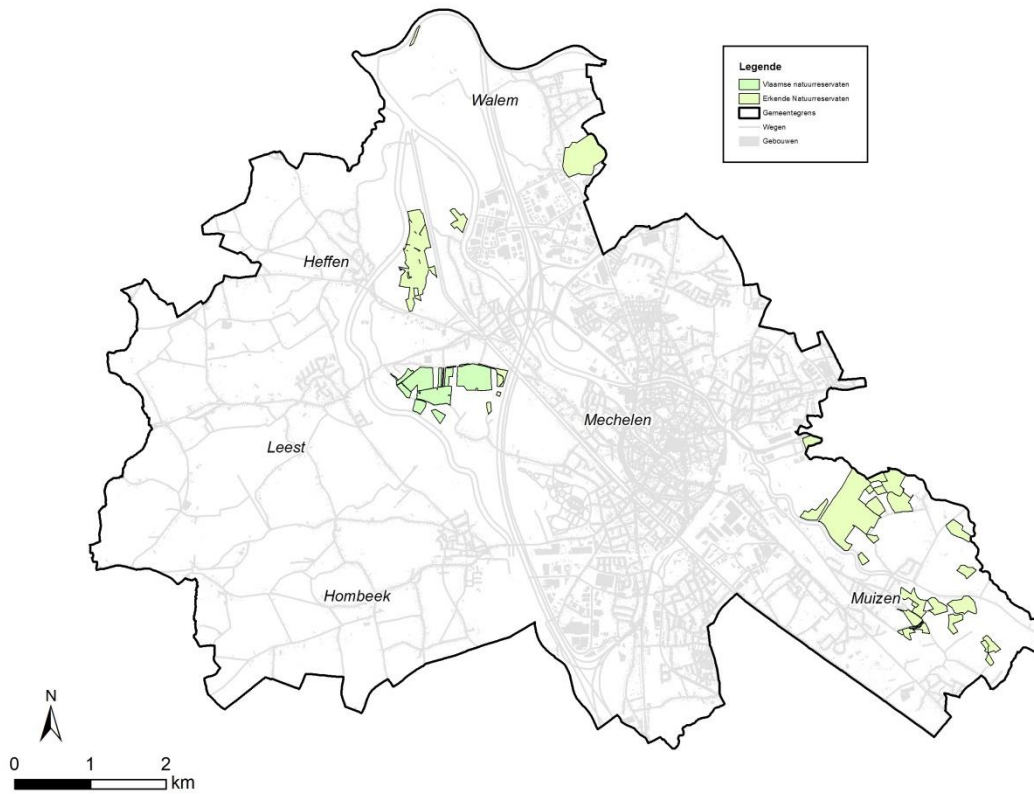
Figuur 47: Bouwjaar gebouwen Mechelen (Bron: (Mechelen, 2019))

Een analyse van de verhardingskaart in combinatie met de landgebruikskaart en het GRB geeft bijkomende informatie over de verharding. De verharding voornamelijk terug te

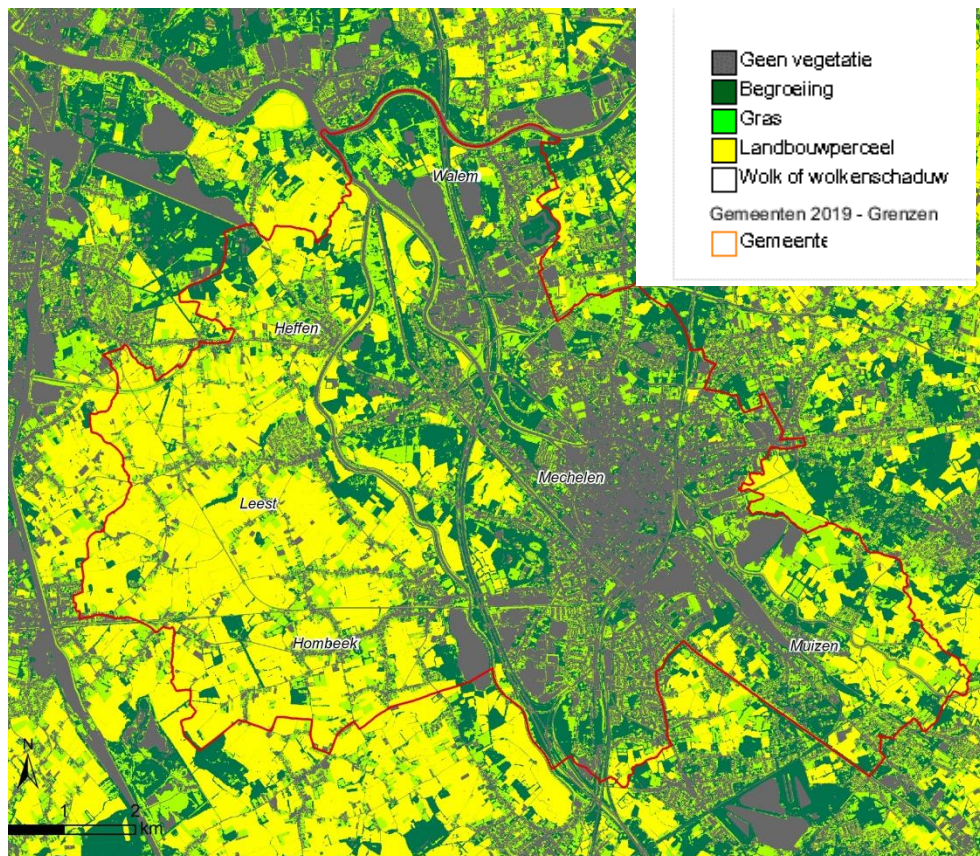
vinden op privé percelen (huizen, terrassen, opritten,...) en op wegen en industrie terreinen. Afhankelijk van de locatie en het type van verharding zullen andere maatregelen nodig zijn om de verhardingsgraad terug te dringen.

Naast deze bebouwing neemt ook landbouw een groot deel van de ruimte in beslag. Afhankelijk van de bron betreft het een ruimtebeslag tussen de 753 (IDEA Consult , 2018) en de 1617 hectare (bruto oppervlakte cultuurgrond (Mechelen, 2019)). Inzake teelten, valt het gebied uit elkaar in twee grote delen: overwegend grasland in Muizen en een zeer grote variëteit aan teelten in Hombeek, Leest en Heffen (met meer grasland in het Zuiden en meer groententeelt in het Noorden). Daarnaast zijn er ook een aantal volkstuintuinen, samentuinen, recreatieve tuinders en stadslandbouwprojecten.

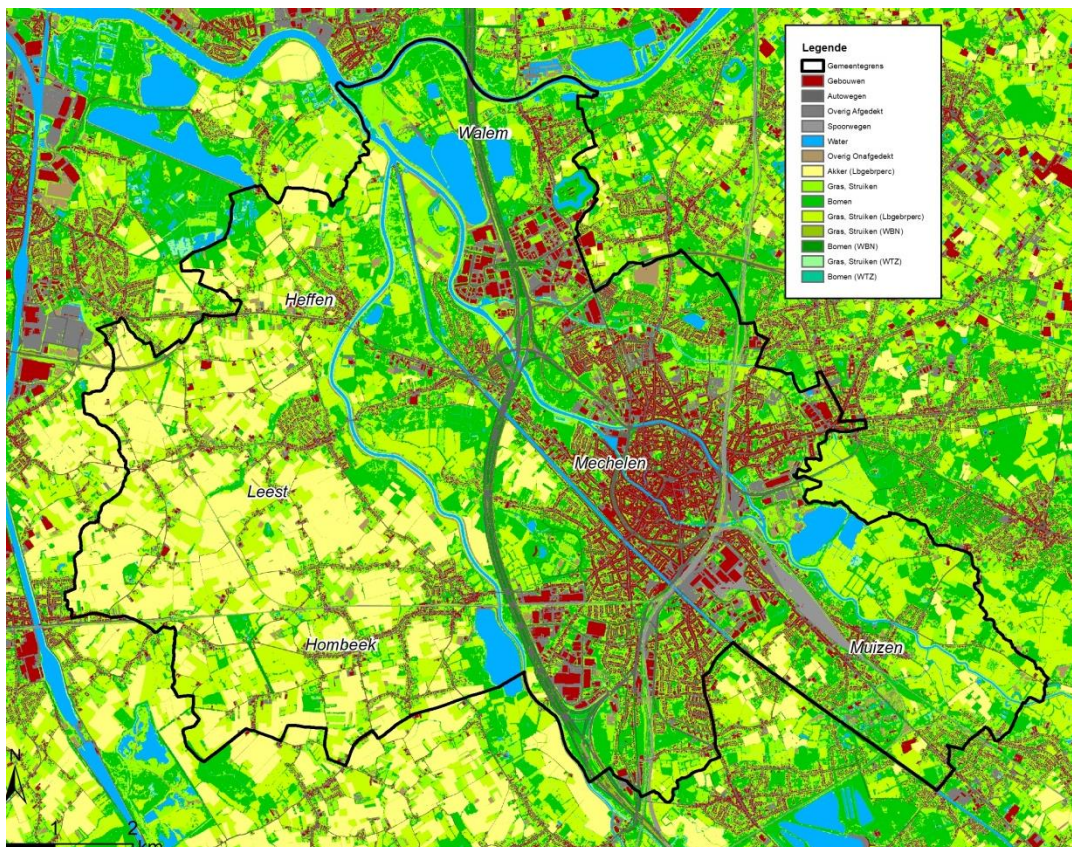
Bij het optellen van de bebouwde percelen en de oppervlakte voor landbouw optellen, wordt het duidelijk dat een derde tot de helft van het grondgebied door deze functies wordt ingevuld. Daarnaast zijn er uiteraard nog de wegen, waterlopen,... Natuurpunt vult deze cijfers aan door aan te geven dat 24% van Mechelen verhard is, met een ruimtebeslag van 50% (grondgebruik exclusief landbouw en natuur). Omdat 25% van het grondgebied ingezet wordt voor landbouw, blijft er nog 25% over. Dit betekent echter niet dat 25% van het grondgebied wel "natuur" is. Mechelen kent 5 erkende natuurreservaten (Den Battelaer, het Zennegat, het Fort van Walem, het Mechels broek en de Beneden Dijlevallei) en één Vlaams natuurreservaat (Robbroek). Binnen deze gebieden zijn zeker het fort van Walem en het Mechels broek/Beneden Dijlevallei van belang voor fauna. Naast de hoge biodiversiteitswaarde van deze gebieden geven zowel de Biologische waarderingskaart en de Natura 2000 habitatkaart een beperkt aantal waardevolle percelen aan. Naast deze natuurgebieden is er ook ruimte voor stedelijke groen ((samen)tuinen, parken, straatbomen,...). Gezien de oppervlakte en de biologische waarde, dient het Vrijbroekpark hier extra vermeld te worden. De jachtterreinen zijn vooral gelegen in het westelijk gedeelte van het grondgebied en in beperkte mate in Walem en Muizen. In het verstedelijk gebied zijn er geen jachtterreinen.



Figuur 48: Natuurgebieden in Mechelen (Bron: (Agentschap voor Natuur en Bos))

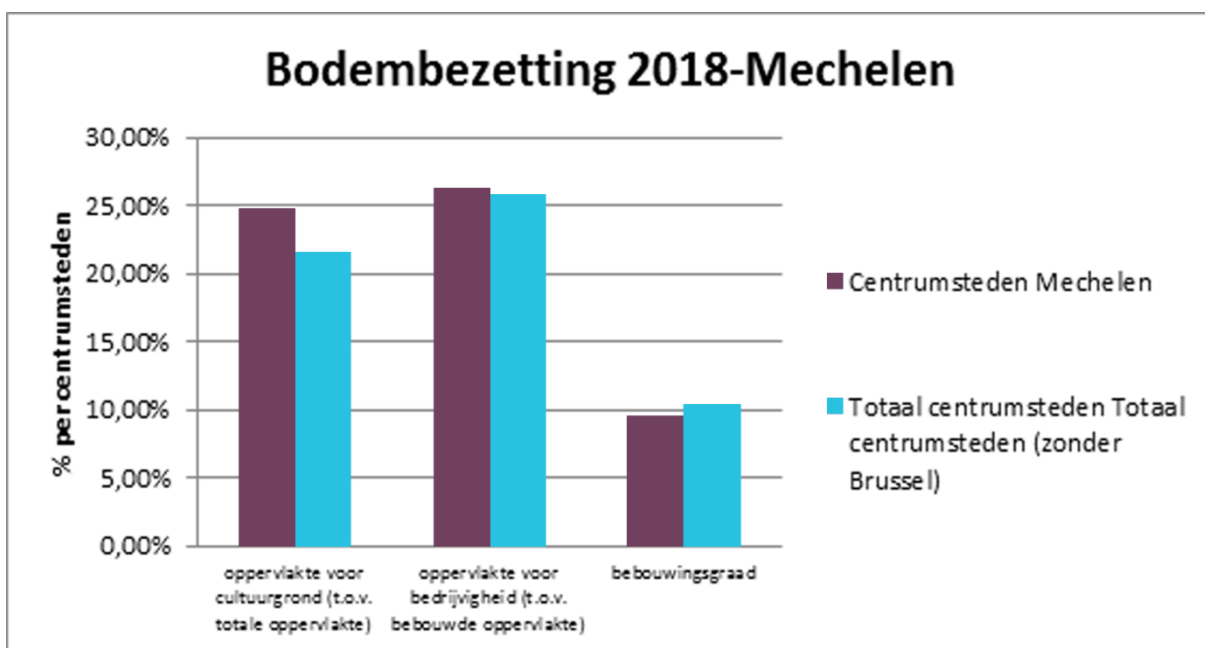


Figuur 49: Stedelijk groen (Bron: (Informatie Vlaanderen))



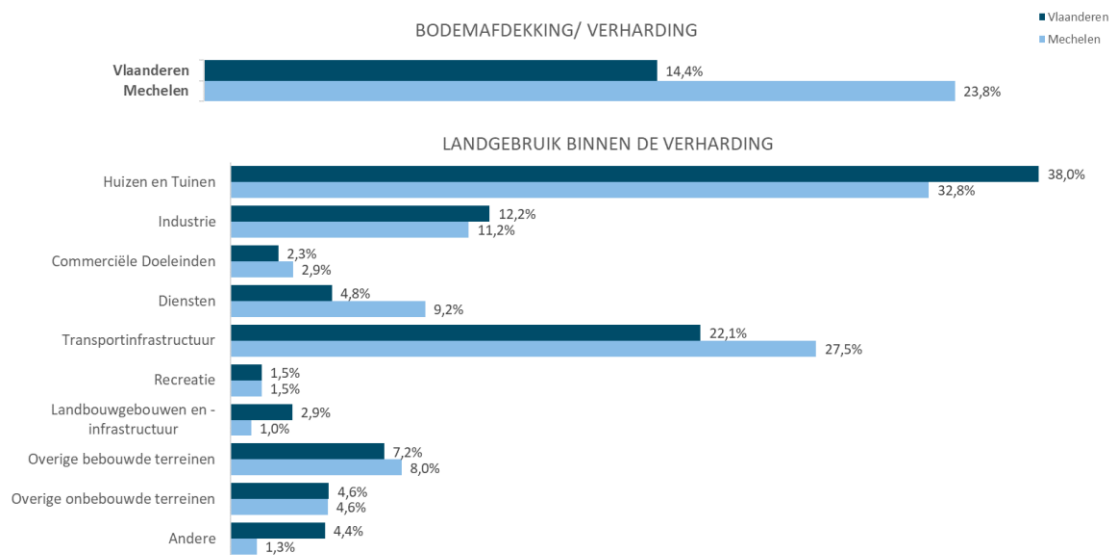
Figuur 50: Bodembedekkingskaart Mechelen (Bron:)

Wanneer dit wordt vergeleken met de andere centrumsteden blijkt dat Mechelen relatief meer oppervlakte ter beschikking heeft voor landbouwers en ondernemers. Dit staat tegenover een lagere bebouwingsgraad.



Figuur 51: Bodembezettingsgraad Mechelen - gemiddelde van de centrumsteden (Bron: (Mechelen, 2019))

Het wordt duidelijk dat er een grote druk is op de ruimte in Mechelen. Natuurpunt geeft bovendien aan dat er nog 560 ha beschikbare bouwgrond is. Deze kan dus mogelijk nog bebouwd worden en geeft zo een verdere druk op de open ruimte.



Figuur 52: Bodemafdekkingsanalyse voor Mechelen versus Vlaanderen. (Bron: (Sweco, 2019))

Deze bebouwing heeft als gevolg dat het stedelijk gedeelte van het grondgebied, de dorpskernen en de grote wegen een hoge bodemafdekking en dus een lage waterdoorlaatbaarheid hebben.



Figuur 53: Waterdoorlaatbaarheid Mechelen (Bron: (Informatie Vlaanderen))

Door de hoge bevolkingsdichtheid, het dichte infrastructuurnetwerk en de grote economische activiteit staat de open ruimte sterk onder druk. 23,8 % van Mechelen verhard. Deze verharding heeft grote hydrologische gevolgen: verhard oppervlak zorgt voor snelle afvoer van regenwater na een regenbui en beperkt de infiltratie van hemelwater ter aanvulling van de grondwaterreserves.

Met zijn verhardingsgraad van 23,8% is Mechelen meer verhard dan het Vlaams gemiddelde van 14,2%. De verhardingsgraad van Mechelen is vergelijkbaar met die van andere steden zoals Brugge (25,0%) en Genk (25,0%), maar hoger dan bijvoorbeeld Turnhout (18,6%), Lier (19,4%) en Herentals (20,1%). Mechelen doet het wel beter dan Oostende, waar de verhardingsgraad 33,3% bedraagt.

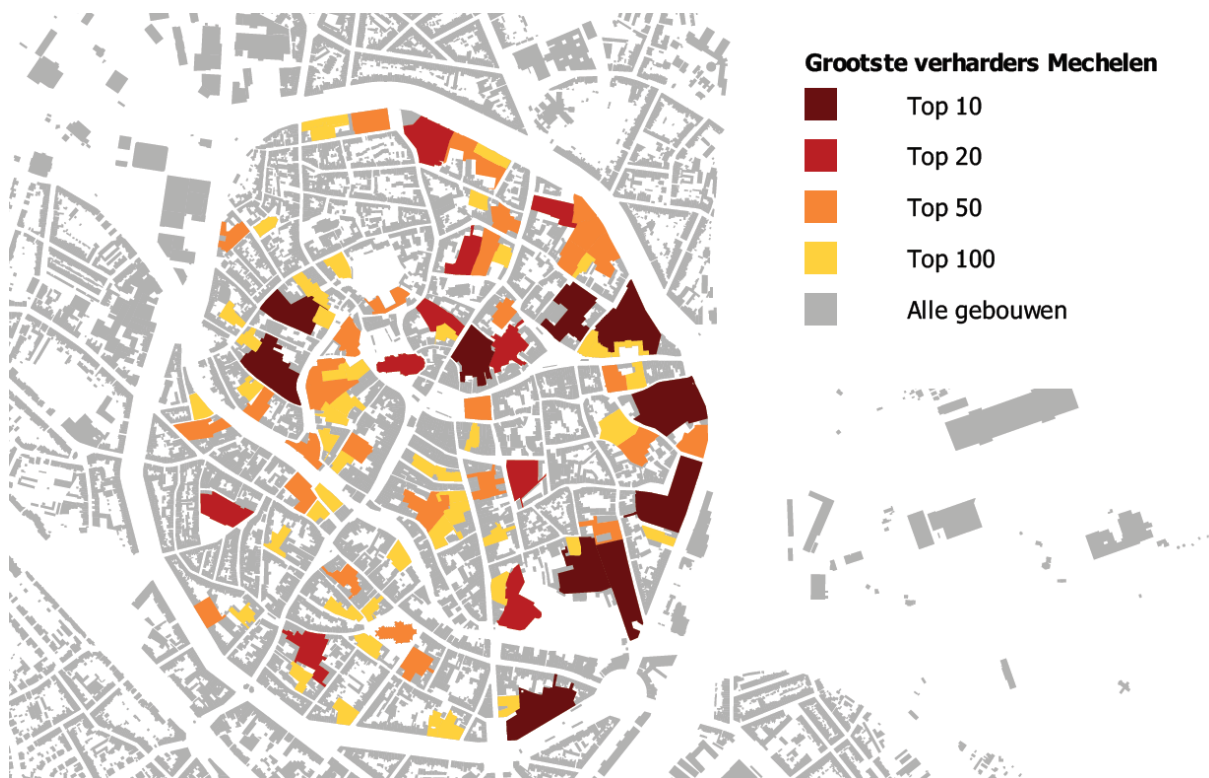
Als we de verhardingsgegevens voor de verschillende gebieden bekijken dan krijgen we een genuanceerder beeld. Uit Figuur 54 blijkt dat vooral de centrumzones, een hogere verhardingsgraad kennen. Ook de twee industriezones en woonwijken als Mechelen-Noord en de Tervuursesteenweg kennen een hoge verhardingsgraad. De landelijke zones van het buitengebied (vb. Heffen, Walem, Aabeek, Zwartebeek) kennen een verhardingsgraad van maximum 10%.

Zone	Alle verharding	Openbaar	Privaat gebouwen	–	Privaat – andere
	(% van		(% van totale verharding)		

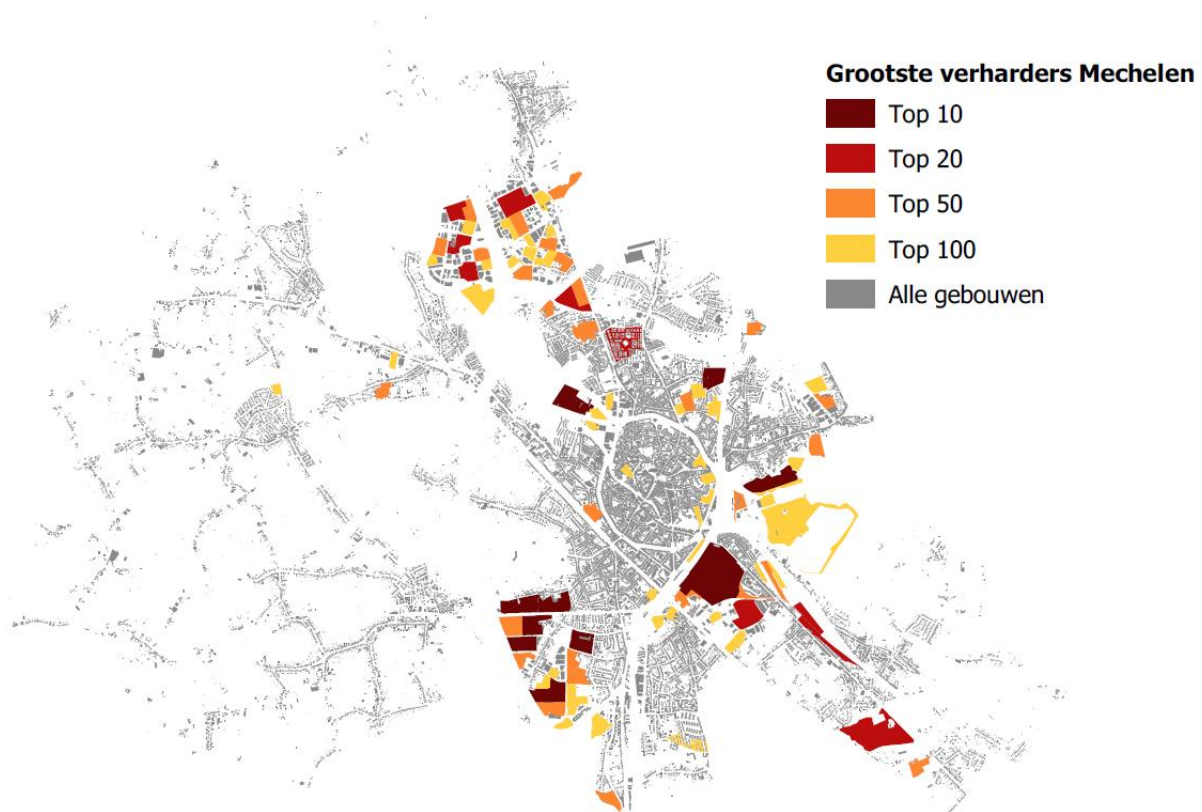
	grondgebied)			
Vlaanderen	14,2	23,4	32,7	43,9
Mechelen	23,8	26,9	37,0	36,1
Intramuros	75,5	28,9	46,7	24,4
Ragheno	68,1	10,7	36,7	52,6
Leuvense Vaart – Binnendijle	62,8	29,3	45,5	25,2
Arsenaal	61,6	37,6	29	33,4
Mechelen-noord Industrie	52,5	20,3	39,3	40,5
Mechelen-noord	51,7	22,3	37,3	40,4
Tervuursesteenweg	44,3	30,9	35,6	33,5
Mechelen-Zuid	43,3	29,4	37,5	33,1
Nekkerspoel	39,8	20,2	39,5	40,3
Vrijbroek	27,3	30,9	39,6	29,6
Otterbeek	26,9	26,7	37,5	35,8
Muizen	15,1	32,7	30,2	37,1
Hombeek	14,8	29,2	31,5	39,3
Battel	12,3	35	28,2	36,9
Kouter	11,3	24	31,8	44,2
Heffen	10,1	24,8	31,6	43,5
Walem	10,0	36,0	29,7	34,3
Aabeek	8,5	28,6	30,9	40,5
Zwarte Beek	5,7	38	25,7	36,3

Figuur 54: Verhardingsgraad per deelzone (Bron: (Sweco, 2019))

In het kader van deze studie berekende Sumaqua ook wat de grootste verharde percelen op het grondgebied zijn. Hierbij valt op dat het voor het centrum vooral scholen en een aantal grote (zorg)gebouwen betreft, buiten het centrum vallen de industrieterreinen en de Nekkerhal op.



Figuur 55: Grootste verharders Mechelen - centrum

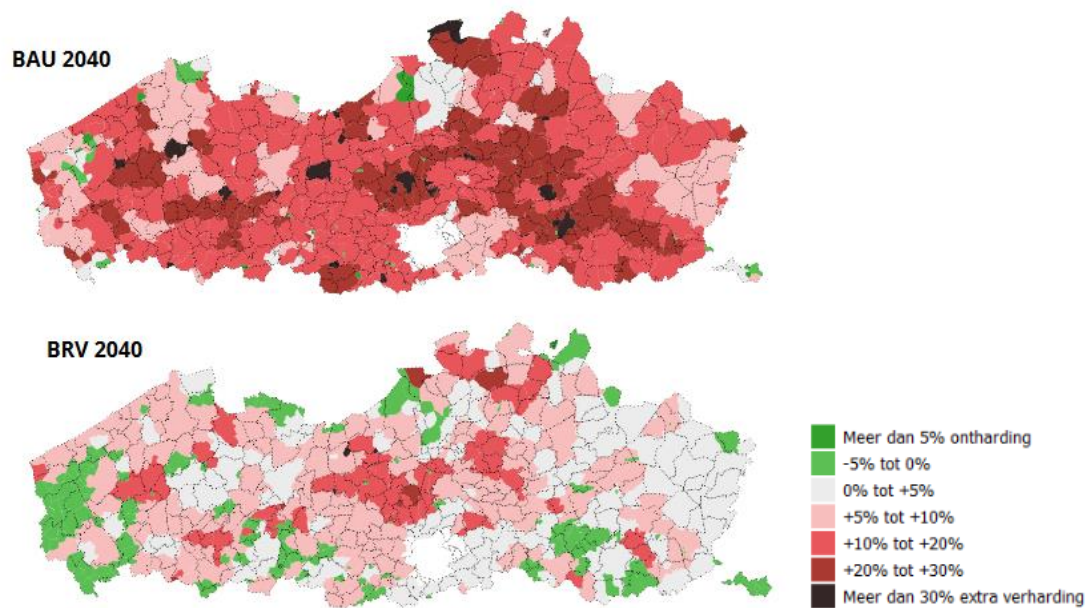


Figuur 56: Grootste verharders Mechelen

De evolutie van de bevolking in Vlaanderen en de verspreiding over Vlaanderen zijn onzeker. Daarmee zijn ook de toekomstige verandering in ruimtebeslag en verharding onbekend. Volgens het recent gepubliceerde betonrapport bedroeg de betonsnelheid in Mechelen, in de periode tussen 2005-2015, 212 m²/dag.

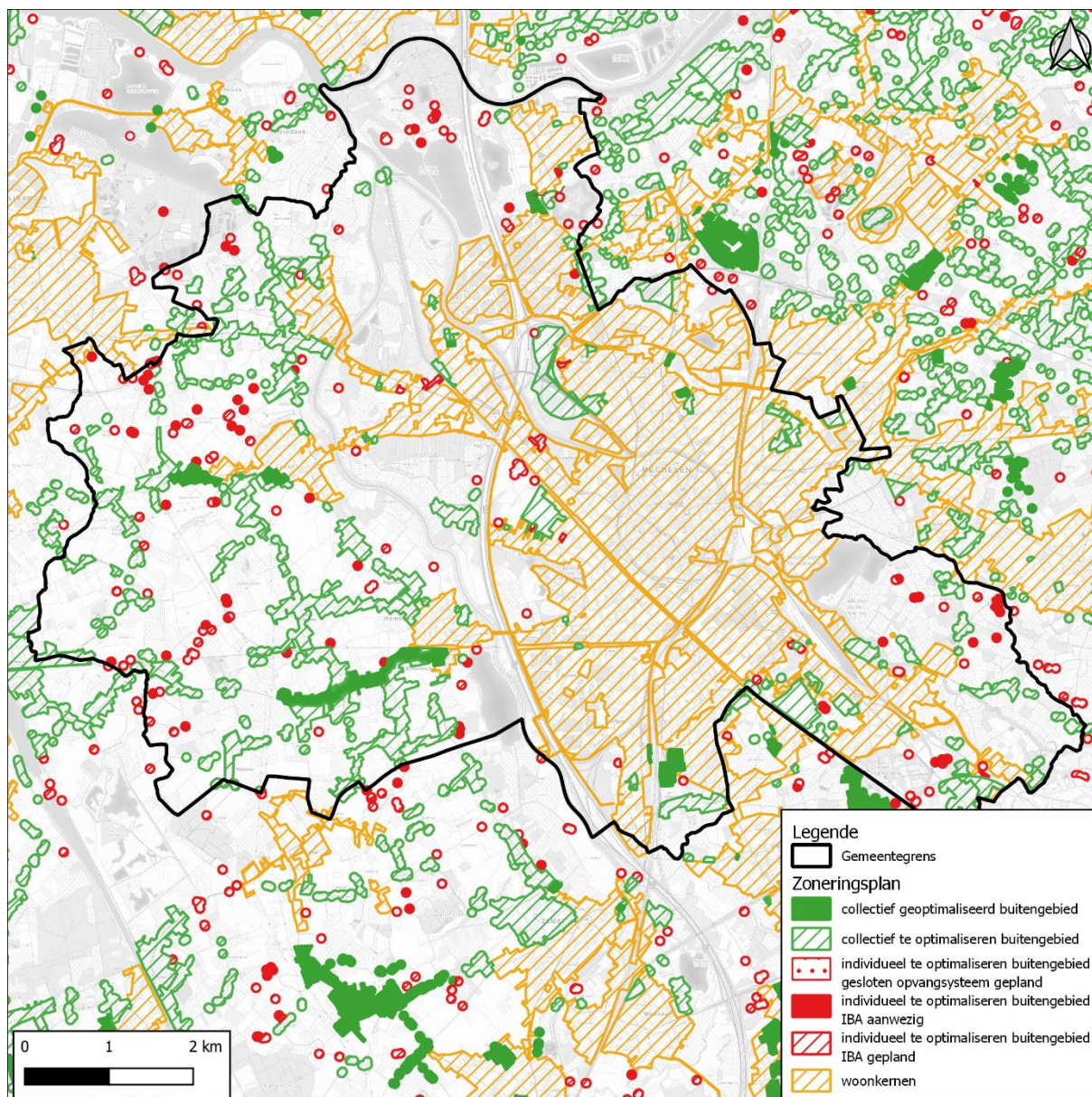
De huidige tendens tot uitbreiding van het ruimtebeslag en verharding zal zich ook in de toekomst verder zetten als er geen beleidsverandering komt. De Vlaamse Regering heeft daarom in 2018 de strategische visie van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) goedgekeurd. In het BRV wordt een transitietraject vooropgesteld waarin het nieuw ruimtebeslag van 6 hectare per dag vandaag gereduceerd wordt tot 3 hectare per dag in 2025 en geen nieuw ruimtebeslag in 2040. Gelijktijdig vindt een doorgedreven intensivering plaats binnen het bestaand ruimtebeslag, die echter niet leidt tot bijkomende verharding binnen het bestaand ruimtebeslag. Nieuw ruimtebeslag wordt toegevoegd op locaties met de hoogste ruimtelijke kansen en kan wel leiden tot bijkomende verharding.

In het kader van een studie die de impact van BRV, 'de betonstop', op rioleringen becijferde (Sumaqua, 2018), werd een prognose per gebied gedaan over toename van verharding in de toekomst. Deze werd gebaseerd op het ruimtemodel Vlaanderen opgemaakt door het VITO. In een business-as-usual scenario, waarbij het BRV niet wordt uitgevoerd, is er een voorspelde toename aan verharding van 10% tot 20% voor het grondgebied van Mechelen. Zelfs bij de uitvoering van het BRV wordt nog steeds een verhardingstoename van 5% tot 10% voorspeld.



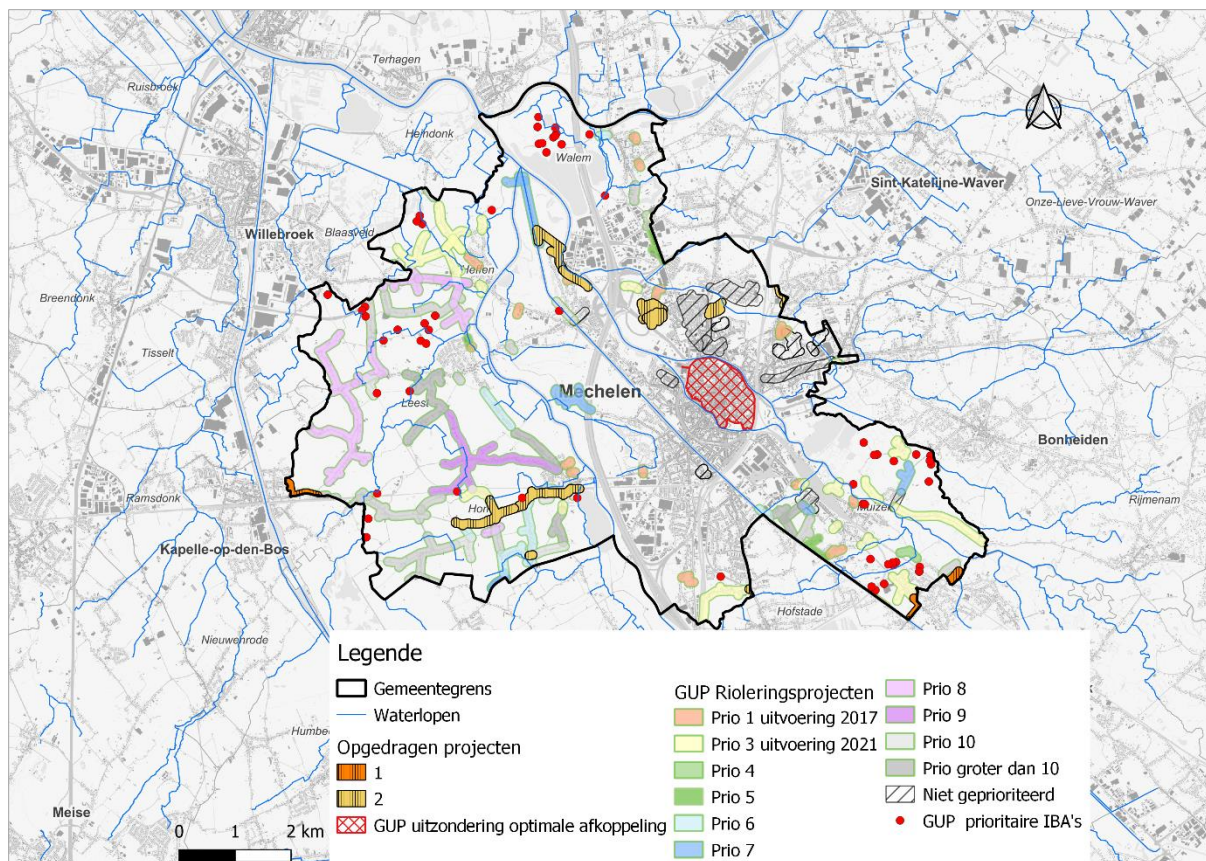
Figuur 57: Verwachte verandering in verharding aangesloten op de riolering per arrondissement in Vlaanderen tegen 2040 in vergelijking met 2016, voor het BAU-scenario (boven) en het BRV-scenario (onder). (Bron: (Sweco, 2019))

Dit maakt deze gebieden extra kwetsbaar voor overstromingen. Mechelen heeft anderzijds wel een zeer hoge rioleringsgraad (91%- jaar 2019 - toekomstig 98%) en een zeer hoge zuiveringsgraad (91- jaar 2019- toekomstig 98%). Bovendien bepaalt het zoneringsplan tot op huisniveau weer wat de maatregelen zijn die burger en gemeente moeten treffen met betrekking tot de wijze waarop aangesloten wordt op de riolering of zelf gezuiverd moet worden. Het zoneringsplan deelt het grondgebied van de gemeente op in het reeds gerioleerde gebied, het gebied waar nog een collectieve zuivering zal worden voorzien en het gebied waar geen collectieve, maar een individuele zuivering (IBA) zal worden voorzien. De zoneringsplannen worden elke zes jaar getoetst en indien nodig herzien. Ze kunnen ook jaarlijks geactualiseerd worden.



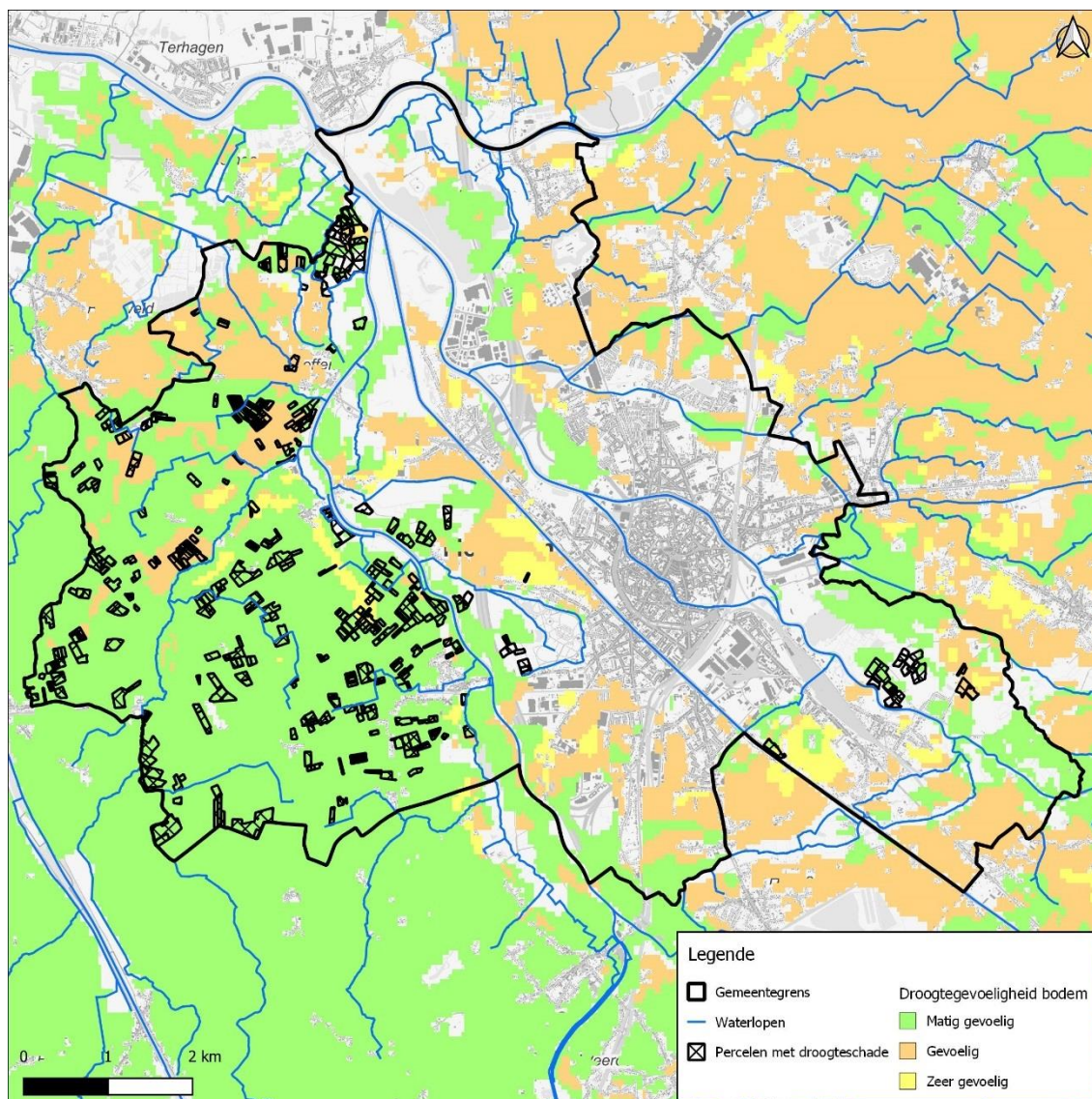
Figuur 58: Zoneringsplan stad Mechelen (Bron: (Sweco, 2019))

Het gebiedsdekkend uitvoeringsplan (GUP) bouwt verder op het zoneringsplan en bepaalt welke rioleringsprojecten nog moeten worden uitgevoerd en wie die moet uitvoeren. Elk project en de nog te plaatsen IBA's krijgen ook een prioriteit die bepaalt binnen welke termijn ze moeten worden aangelegd. De prioritering van de verschillende projecten gebeurt op basis van ecologische en economische factoren. Hierbij zijn de kostprijs en de milieu-impact van het project belangrijk. De gebiedsdekkende uitvoeringsplannen worden elke zes jaar volledig herzien.



Figuur 59: Opgedragen projecten GUP rioleringsprojecten voor Mechelen (bron: (Sweco, 2019))

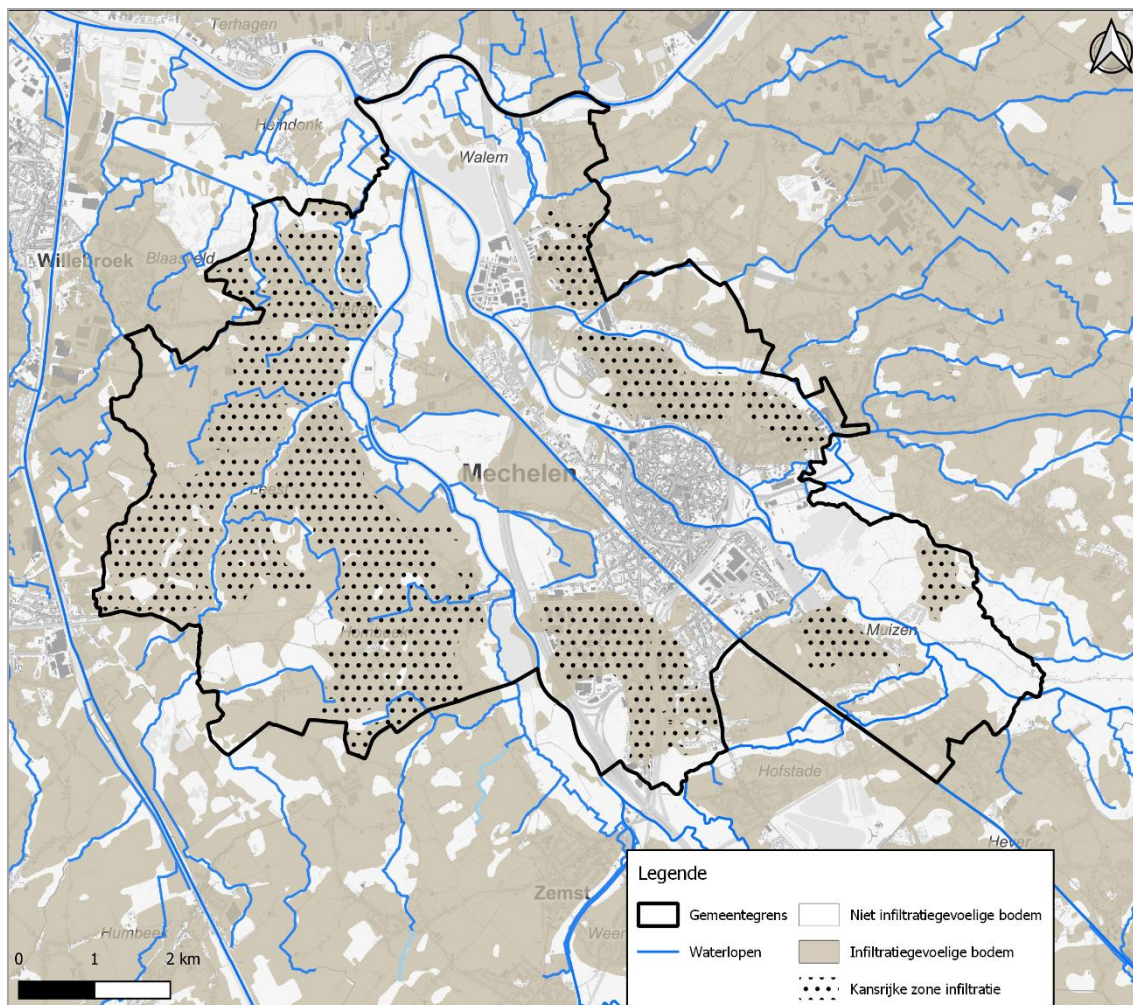
Landbouwkundige droogte treedt op als de landbouw ernstig nadeel ondervindt van het gebrek aan neerslag. Onderstaande figuur toont de gekende droogteknelpunten. De droogtegevoeligheid van de bodems in Mechelen werd reeds besproken. Verder werden ook de droogteschadeclaims voor de landbouwsector in rekening gebracht. Figuur 60 toont dat de knelpunten zich voornamelijk bevinden in landelijke buitengebieden.



Figuur 60: Knelpunten landbouwkundige droogte (Bron: (Sweco, 2019))

Infiltratie van hemelwater zorgt voor aanvulling van de grondwaterreserves en gaat zo de gevolgen van droogte tegen. Daarnaast vermindert infiltratie de belasting op het regenwaterafvoerstelsel en vermindert het zo de kans op wateroverlast.

Door de infiltratiegevoeligheidskaart te combineren met de geïnventariseerde grondwaterstand en topografie werd onderstaande Infiltratiekansen kaart afgeleid. Naast de "infiltratiegevoelige bodems" van toont deze kaart ook de "kansrijke zones voor infiltratie". Dit zijn zones waar extra ingezet moet worden op infiltratie aangezien er in principe ideale condities heersen om hemelwater te laten infiltreren: er is een vlakke topografie, het grondwater bevindt zich enkele meters diep onder het maaiveld, en het bodemtype is infiltratiegevoelig. Deze kaart is slechts een ruwe inschatting van kansrijke zones. Bij het opmaken van gebiedsgerichte acties blijft het noodzakelijk om de infiltratiecapaciteit op het terrein in detail te onderzoeken om een meer precieze uitspraak te kunnen doen over de infiltratiegeschiktheid van een gebied en de te nemen acties.



Figuur 61: Infiltratiekanskaart.(Bron: (Sweco, 2019))

D. Conclusie

Er is een hoge bevolkingsdichtheid in en rondom het stadscentrum en de dorpskernen. Bovendien kennen de wijken ten noordoosten en zuiden van het centrum een jongere en (kans)armere bevolking. In de dorpen vinden we dan weer een oudere bevolking die extra kwetsbaar is voor omgevingsinvloeden zoals klimaatverandering. Deze trend zien we ook terug in de kwetsbare instellingen. Deze bevinden zich ook vooral in en rond het centrum en in mindere mate in de historische dorpskernen. Op basis van een eerste verkenning van de sectoren blijken vooral de sociale woonwijken (Oud-oefenplein, Sociale woningen Tervuursesteenweg en Bethaniënpolder) extra kwetsbaar te zijn.

Uit deze studie blijkt dat ondernemingen vooral aangetroffen worden in het centrum, het stedelijke gebied en op de bedrijventerreinen. In het westelijke deel van het grondgebied bevinden zich veel minder ondernemingen en vooral ondernemingen uit de primaire sector

Zowel de bevolking als de economie zorgen voor een grote druk op ruimte. Dit leidt niet alleen tot dalende grondwaterstanden, maar verhoogt ook het risico op overstromingen. Mechelen is bovendien gelegen in een erg waterrijk gebied met veel ruimte voor infiltratie, maar tevens een hoge verhardingsgraad.

Vulnerability Type	Vulnerability Description	Vulnerability-related indicators
Socio-Economic:	<ul style="list-style-type: none"> * Hoge bevolkingsdichtheid in stedelijk gebied * hoge concentratie kwetsbare instellingen en ondernemingen in stedelijk gebied * Aantal wijken met hoge concentratie jonge/oude bevolking, kwetsbaarheid en lage inkomens 	<ul style="list-style-type: none"> * bevolkingsdichtheid * Aantal bedreigde kwetsbare instellingen * inkomen/leeftijd/kwetsbaarheid
Physical and Environmental:	<ul style="list-style-type: none"> *Waterrijk laaggelegen gebied verhoogt de kans op fluviale overstromingen *Waterdoorlatende bodem met hoge verhardingsgraad (23%) *Hoog ruimtebeslag, 50% open ruimte (natuur en landbouw) resterend 	<ul style="list-style-type: none"> *verhardingsgraad

Tabel 22: Kwetsbaarheden SECAP template

Klimaatimpact

A scenic landscape featuring a calm lake in the background, a path leading through lush green grass and vibrant autumn foliage in the foreground, and a clear blue sky with light clouds. The overall atmosphere is peaceful and natural.

5. Klimaatimpact

A. Inleiding

In dit gedeelte komt de informatie van de vorige twee delen (gegevens lokale klimaatverandering en kwetsbaarheden Mechelen) samen. Er wordt namelijk onderzocht in welke mate de voorspelde lokale gevolgen van klimaatverandering (extreme hitte, droogte en overstromingen) een impact hebben op verschillende domeinen van het grondgebied. Deze domeinen worden vooropgesteld door het Covenant of Mayors. In lijn met de CoM vereisten wordt onderzocht welke impact klimaatverandering heeft op het domein, hoe waarschijnlijk het is dat deze zich voordoet en hoe ernstig de impact is. Ook de termijn waarop de impact zich voordoet wordt onderzocht. Hierbij is er aandacht voor de verschillende impact tussen het verstedelijkte oosten van het grondgebied en het landelijke westelijke gedeelte.

B. Gebouwen

I. Definitie CoM

Een gebouw is een permanent gebouwde of opgerichte structuur (gemeentelijk, residentieel, tertiair, publiek of privaat) of permanente groep van structuren en de omliggende ruimtes. Een mogelijke impact is de toegenomen vraag naar koeling of isolatie in gebouwen.

II. Lokale gegevens

Extreme hitte

Zoals boven geschetst, zijn de gebouwen op het grondgebied oud. Bijna de helft van alle gebouwen zijn gebouwd voor 1946. Dit maakt dat er geen gegevens zijn over de mate waarin deze gebouwen aangepast zijn om te weerstaan aan extreme hitte en een optimaal binnenklimaat te garanderen. De aandacht van de overheid voor het weerstaan van extreme hitte in residentiële gebouwen (55% van het patrimonium) kwam pas het laatste decennium (EPB regelgeving) en is nog geen aandachtspunt in gemeentelijke stedenbouwkundige verordening die herwerkt werd in het jaar 2015. Ook in niet-residentiële gebouwen kan extreme hitte een probleem vormen. Ook hier is de aandacht voor de problematiek recent. Hierbij dient er extra aandacht te zijn voor kantoren, daar werknemers hier overwegend aanwezig zijn tijdens de warme uren van de dag.

De gebouwen met een bouwjaar na 2011, maken slechts 2,5% van het patrimonium uit (hier wordt echter geen rekening gehouden met EPB-plichtige renovaties). Er dient dus van uitgegaan te worden dat de grote meerderheid van de gebouwen op het grondgebied niet voorzien zijn op extreme hitte (bv. uitgerust met zonnewering, actieve koeling, goede isolatie,...).

Er dient verhoogde aandacht te zijn voor gebouwen waar de kwetsbare bevolking (kinderen en ouderen) geconcentreerd aanwezig is. De VMM (VMM, Klimaatportaal) maakt duidelijk dat momenteel geen enkele instelling op het grondgebied langdurig wordt blootgesteld aan hitte. In 2030 worden echter reeds 93% van de instellingen geconfronteerd met hittestress (dit groeit door tot 100% in 2050). Deze impact zal dus op zeer korte termijn intensifiëren.

Opgelet, er wordt geen rekening gehouden met individuele gebouwkenmerken (zonnewering, hitteactieplan,...)

Bovendien is zeker het oostelijke, verstedelijkte deel van het grondgebied onderhevig aan het hitte-eiland effect. Lokale temperaturen zullen er dus nog hoger oplopen. Dit verheft de vraag naar weerstand tegen extreme hitte in gebouwen.

Wanneer extreme hitte voorkomt, is er dus geen verkoeling in een groot deel van de gebouwen op het grondgebied. Dit heeft niet enkel een gezondheidsimpact op de inwoners, werknemers en bezoekers op het grondgebied. Dit zorgt ook voor een verminderde arbeidsproductiviteit. Er is geen gedetailleerde informatie of de extreme hitte ook de gebouwen zelf (bv. stabiliteit door uitzetting/inkrimping bouwmaterialen, schade aan schilder en pleisterwerken,...) bedreigt. Het voornaamste effect op de stabiliteit lijkt eerder via droogte van de ondergrond te lopen (zie onder).

Extreme hitte zorgt dus op korte en lange termijn voor een bijkomende vraag naar actieve en passieve koeling van gebouwen. Hierbij dient er op gewezen te worden dat er door actieve koeling een bijkomende energievraag ontstaat. Wanneer deze niet op een fossielvrij manier wordt ingevuld, kan deze bijdragen aan een verdere klimaatopwarming en mogelijk het hitte-eiland effect (actieve koelinstallaties geven warmte af).

Tot slot wordt volledigheidshalve nog vermeld dat hittegolven ook op zeer korte termijn een productiviteitsdaling kunnen veroorzaken in de bouwsector (bv. te warm om beton te storten).

Droogte

Uit bovenstaande blijkt dat er geen eenduidige tendens is wat betreft het freatische grondwater. Deze grondwaterlaag is echter wel onderhevig aan meteorologische omstandigheden. Zo zakt deze laag in lange periodes van droogte. Indien een droogte lang aanhoudt, kan deze grondwaterlaag langdurig laag staan, of kortere periodes zeer laag staan. Dit zou problemen kunnen opleveren voor de stabiliteit van de gebouwen. Zo verzakten/scheurden 7 huizen in Ledegem naar aanleiding van de droge zomers van 2017 en 2018 (VRT, 2018) en is het een ruim verspreid probleem in Nederland (deVolkskrant, 2018). Naast de grondwaterstand (variabel) zijn ook de aard van de ondergrond (klei/leem/zand), het type fundering (strookfundering vs. funderingsplaat) en de aanwezige vegetatie (invloed op lokale uitdroging) van belang voor de stabiliteit van gebouwen bij een veranderende grondwaterstand (Van der Auwera & Huybrechts, 2018). Er is geen informatie beschikbaar over de invloed van de ouderdom van de gebouwen op de stabiliteit. Gezien de hoge dichtheid aan gebouwen in het verstedelijkt gebied is dit potentieel een groot risico voor het verstedelijkte deel van het grondgebied en de dorpskernen.

Een uitgebreid onderzoek van deze parameters is geen onderdeel van deze studie en er kunnen bovendien lokaal grote verschillen zijn. Er is dan ook nood aan bijkomende lokale gegevens over grondwaterstanden (en bv. de invloed van de Binnendijle) die vandaag niet beschikbaar zijn. Er kan echter wel verondersteld worden dat de grondwaterpeilen zeer laag komen staan, misschien zelfs lager dan ooit tevoren. Het is dus erg moeilijk om te voorspellen wat de impact kan zijn, daar er mogelijk geen historische referentie is. Er zijn echter wel aan aantal indicaties dat deze stabiliteit op korte termijn niet bedreigd is. Vooreerst is de bodem overwegend samengesteld uit leem/zand (al kan het stedelijk gebied hier sterk van afwijken). Verder waren er tijdens de droogteperiodes van 2018 lokaal geen meldingen van dergelijke stabiliteitsproblemen op het grondgebied. Op korte termijn lijkt dit probleem zich dus niet te stellen. Hier dient ook vermeld te worden dat langdurige bronbemaling (bv. naar aanleiding van (grote)

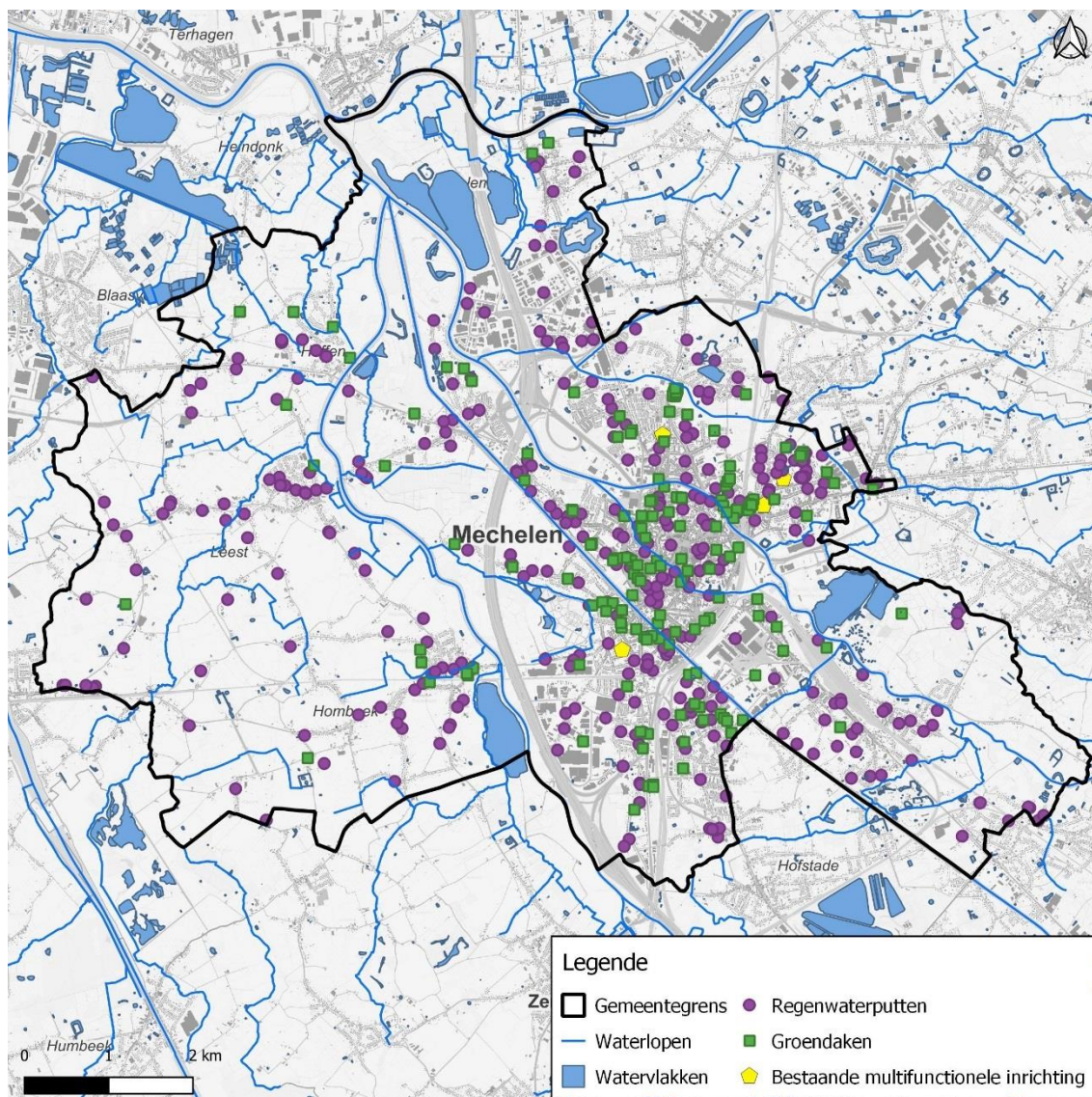
bouwwerven) ook een impact kan hebben op de freatische waterlaag en dus de stabiliteit. Grote bronbemalingen naar aanleiding van stadsontwikkelingsprojecten bleken impact te hebben op de omliggende gebouwen.

Tot slot dient hierbij vermeld te worden dat er ook een groot aantal gebouwen en een aantal delen van de stad beschermd zijn als erfgoed (zie boven). Deze gebouwen en gebieden zijn onvervangbaar. De impact van een verdrogende ondergrond op deze gebouwen is niet gekend en mogelijks erg verschillend van gebouw tot gebouw. Er wordt wel een effect verwacht (zoals je nu reeds ziet bij grootschalige grondbemalingen). Zo kan er bij oude gebouwen een bijkomend probleem zijn rond de houten funderingspalen. Deze kunnen immers rotten indien ze droog komen te staan (deVolkskrant, 2018). Een eerste verkenning leert dat dit waarschijnlijk geen probleem vormt in Mechelen, daar er geen monumenten gekend zijn met dergelijke funderingen.

Overstroming

Zoals boven geschetst zal de klimaatverandering zowel de frequentie als intensiteit van de overstromingen doen toenemen. Het betreft hier vooral fluviale overstromingen in de winter en pluviale overstromingen en overstromingen van de riolering in de zomer. Uiteraard hebben overstromingen een erg grote negatieve impact op (de waarde van) gebouwen. Niet alleen is de inboedel (elektrische apparaten, (vaste) meubels,..) kwetsbaar voor (langdurige) blootstelling aan water, ook het gebouw zelf kan getroffen worden (houten vloeren, pleisterwerk, ..). Er is bovendien geen systematische informatie beschikbaar over de mate waarin de gebouwen overstromingsbestendig (bv. waterdichte gevels, terugslagklep op riolering,...) zijn in Mechelen. Er dient dus vanuit gegaan te worden dat de gebouwen dit niet zijn. De bouwverordening (2015) bevat een aantal bepalingen rond hemelwater die strenger zijn dan de bestaande gewestelijke verordening. Zo wordt er gesteld dat men bij nieuwbouw, uitbreiding of herbouw, de nieuwe daken van gebouwen minimaal kan aanleggen als extensief groendak, indien deze daken een helling hebben van minder dan 15°. Ook daken van ruimtes die zich onder het aangrenzend maaiveld bevinden, moeten voorzien worden van een grondlaag (minimaal 1 meter) (art. 34). Daarnaast stelt de bouwverordening ook dat afwatering van (regen)waterleidingen over het bovengrondse openbaar domein niet is toegelaten (art. 73). Tot slot wordt er ook vastgelegd dat voortuinen voor 50% onverhard moeten zijn (art. 35).

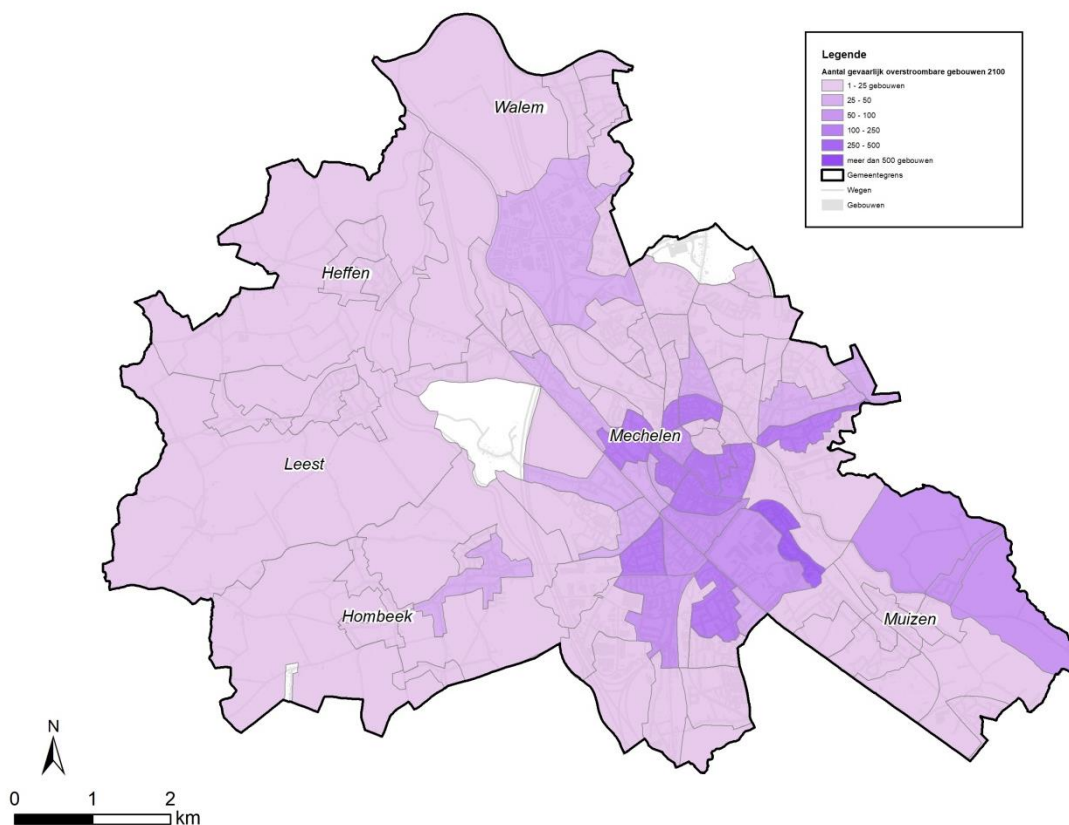
Er dient wel bemerkt te worden dat via het hemelwaterplan wordt ingezet op het vrijwaren van de binnenstad voor overstromingen via stormwaterbekkens in het centrum (vlietjes, Binnendijle). Daarnaast geeft onderstaande figuur ook een overzicht van de gekende groendaken en regenwaterputten op private percelen.



Figuur 62: Groendaken, regenwaterputten en multifunctionele inrichting (Bron: (Sweco, 2019))

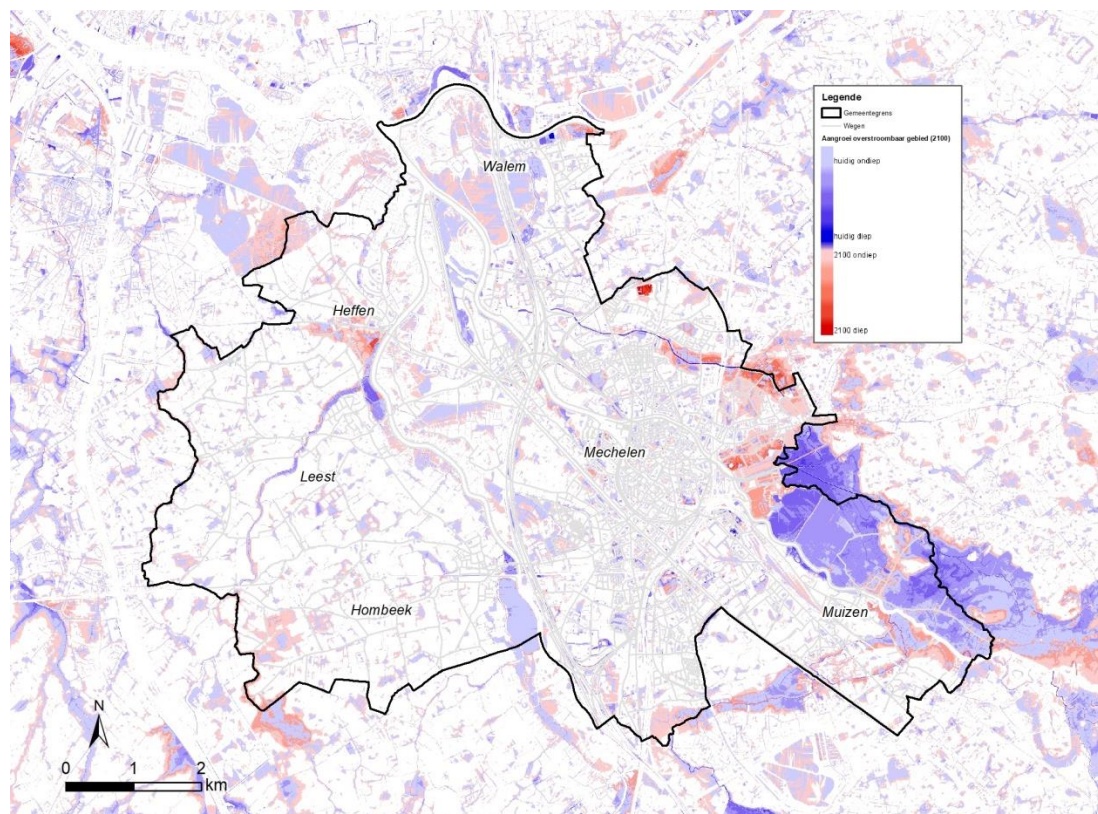
Hieronder volgt verder ook een bespreking van het overstromingsrisico. Hierbij dient bemerkt te worden dat er nu reeds twee bouwvrije signaalgebieden zijn (Weverstraat-Walem en Barebeek Muizen, ten noorden van Planckendael). Voor een gedetailleerde studie van het overstromingsrisico per deelzone, wordt verwezen naar het Hemelwaterplan van Mechelen. (Sweco, 2019)

Op basis van de informatie van de VMM blijkt dat het percentage gebouwen dat bedreigd wordt door overstroming stijgt van 2,4% tot 10% in 2100 bij klimaatverandering. Wanneer dit geografisch wordt uitgezet, blijkt dat vooral het historisch centrum en het stedelijk gebied kwetsbaar zijn voor overstromingen. Dit risico wordt nog intenser door klimaatverandering. Dit strookt met de eerder bevindingen van de hoge bevolkingsdichtheid (dichte bebouwing) in deze gebieden en de lage infiltratiegraad. Het verwachte lagere risico op overstroming door de hogere ligging van het zuiden van het centrum lijkt zich echter niet door te zetten (ook niet in de kwetsbare instellingen, onder).

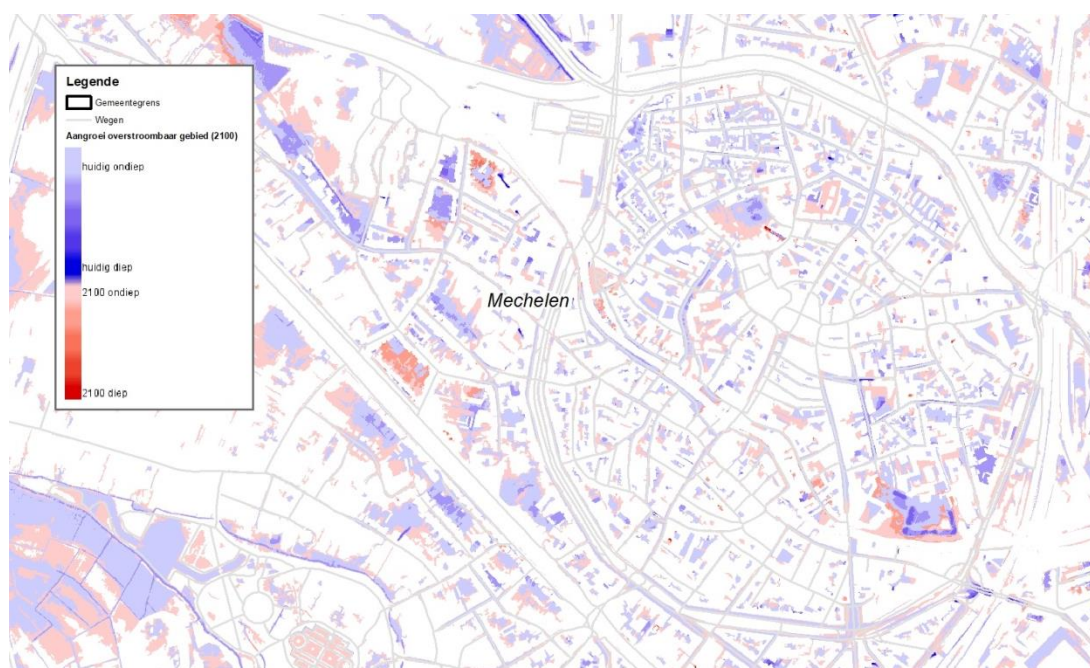


Figuur 63: Aantal gevaarlijk overstroombare gebouwen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

Wanneer er echter gekeken wordt naar de aangroei van het overstroombare gebied, zet dit zich vooral door langs de vier grote natuurlijke waterlopen met uitspringers in ten zuiden van het centrum van Heffen, op Nekkerspoel (tussen de vijver van De Nekker en de Vrouwvliet), in het zuidwesten van Hombeek en op de site van het nieuwe ziekenhuis Sint-Maarten. Vooral de aangroei van het overstroombaar gebied in de wijk Nekkerspoel en het nieuwe ziekenhuis AZ Sint-Maarten verdienen aandacht gezien de hoge bevolkingsdichtheid. Ook de aangroei in het gehele stedelijke gebied is om deze reden een aandachtspunt.



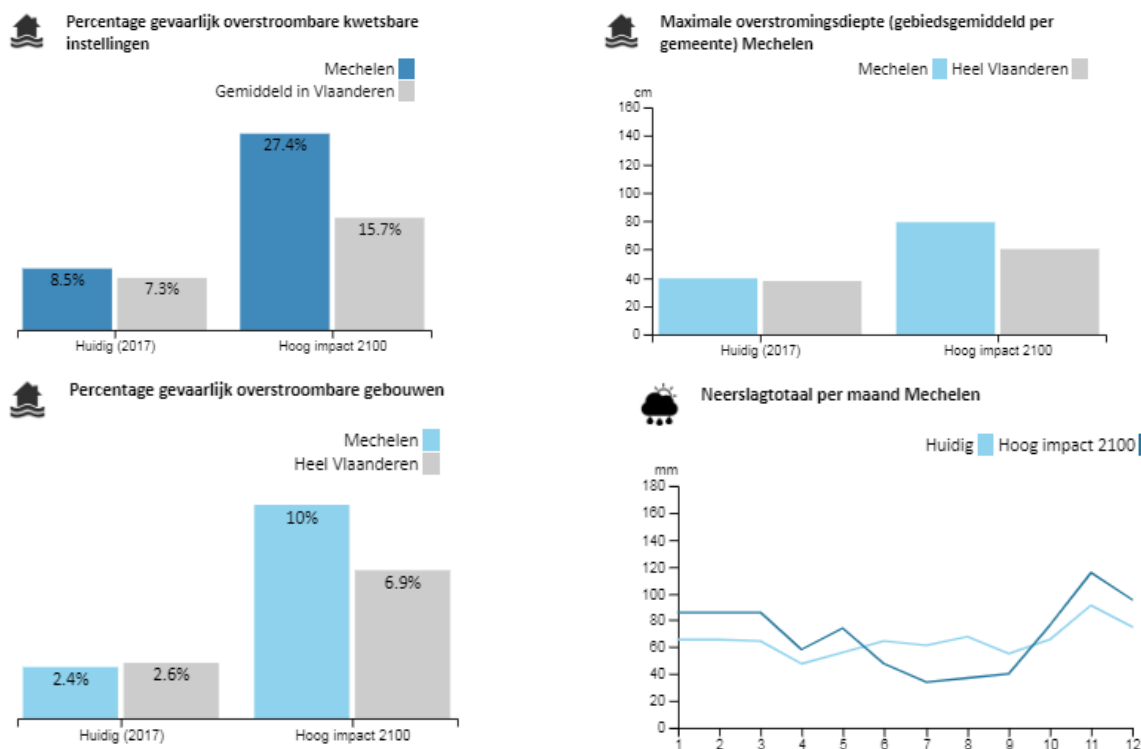
Figuur 64: Aangroei overstroombaar gebied (Bron: (VMM, Klimaatportaal))



Figuur 65: Aangroei overstroombaar gebied (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

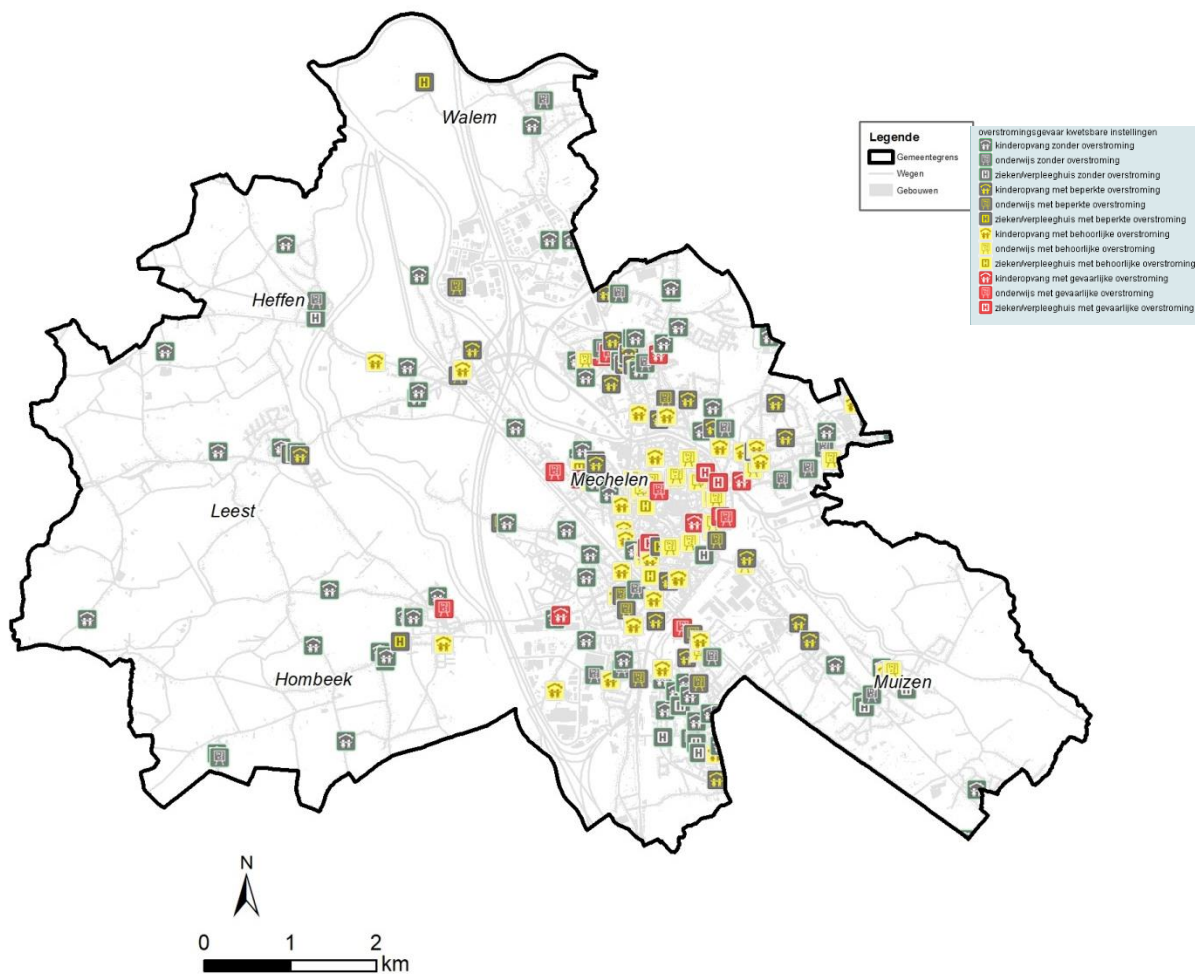
Hierbij dient er bovendien extra aandacht te zijn voor gebouwen waar de kwetsbare bevolking (ouderen en kinderen) geconcentreerd is. De VMM geeft aan dat nu reeds 17 instellingen (kinderopvang, scholen, woonzorgcentra en ziekenhuizen) in Mechelen bedreigd worden door gevaarlijke (>70 cm) overstromingen bij zeer uitzonderlijke stormen (met terugkeerperiode T1000 in het huidige klimaat). Deze zijn vooral gesitueerd in het verstedelijkte gebied (8 in het centrum en 6 in het overige verstedelijkte gebied).

Hierbij valt verder op dat in het centrum bijna alle instellingen nu reeds bedreigd worden door een behoorlijke overstroming (30-70 cm). Het ruimere stedelijke gebied is hier in mindere mate kwetsbaar voor, er zijn echter nog steeds veel instellingen die nu reeds bedreigd worden door een beperkte overstroming (<30cm).



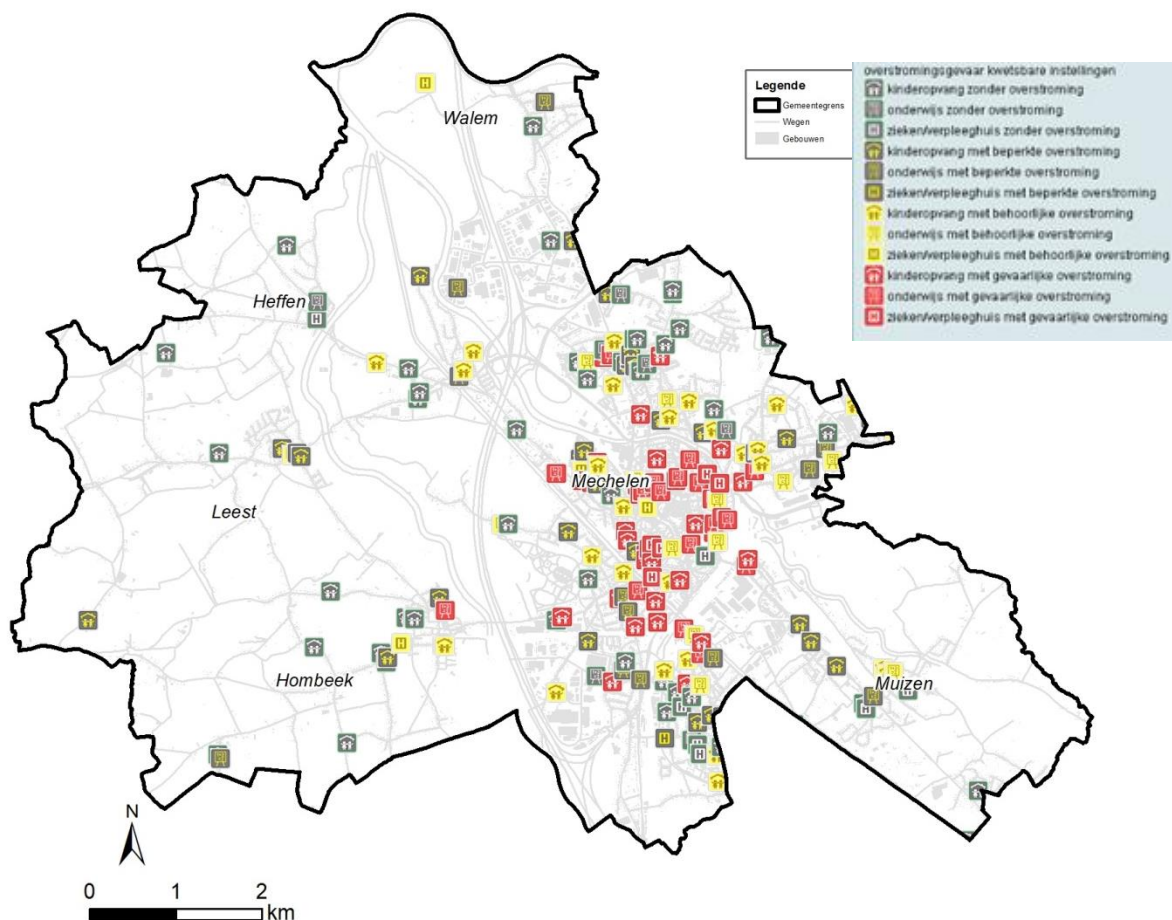
Figuur 66: Klimaatverandering en overstromingen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

Combinatie van de landgebruiksgegevens en de VLAGG-kaart voor Mechelen toont dat bijna 2,4% van alle gebouwen in Mechelen in een zone waar meer dan 70 cm waterdiepte voorkomt bij een overstroming met terugkeerperiode van 1000 jaar. Vooral ziekenhuizen, verpleeghuizen, scholen en kinderopvang zijn kwetsbaar. Er is in Mechelen een hoger overstromingsrisico voor kwetsbare instellingen dan gemiddeld in Vlaanderen (8,5% t.o.v. 7,3%).



Figuur 67: huidig aantal kwetsbare instellingen voor overstroming (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

Klimaatverandering doet het aantal gevaarlijk overstroombare instellingen stijgen van 17 instellingen (8,5% van alle instellingen op het grondgebied) tot 55 instellingen tegen het jaar 2100 (27,4% van alle instellingen op het grondgebied) Hier zet zich dezelfde territoriale spreiding door, het risico intensifieert voornamelijk in het stedelijk gebied.



Figuur 68: Kwetsbare instellingen voor overstroming in 2100 (Bron: (VMM, Klimaatportaal))

III. Conclusie

Klimaatverandering vormt een groot risico voor de gebouwen op het grondgebied. Niet alleen zorgt de intensievere hitte nu reeds in niet-aangepaste gebouwen voor een verlaagde productiviteit en een aantal gezondheidsrisico's. De droogte bedreigt bovendien mogelijks de stabiliteit van de gebouwen. Het risico met de meeste impact op langere termijn is echter toch overstromingen. Zo zal het aantal overstroombare gebouwen op het grondgebied verviervoudigen en zal het aantal gevaarlijk overstroombare kwetsbare instellingen verdrievoudigen. Zowel qua hitte (op korte termijn - 2030) en qua overstromingen (op lange termijn - 2100) loopt Mechelen duidelijk meer risico dan het Vlaamse gemiddelde. De stad kan hier zelf ook een voorbeeldrol spelen door enerzijds het klimaatrisico in haar patrimonium te inventariseren en anderzijds in te zetten op klimaatmaatregelen.

Inzake geografische spreiding valt op dat het stedelijke (economisch en demografisch) gebied meer risico loopt. Enerzijds speelt het hitte-eilandeffect (zeker in het centrum) een rol. Anderzijds neemt het absolute aantal overstroombare gebouwen er het meeste toe. Ook de instellingen zijn er het kwetsbaarst voor overstromingen en hittestress. Deze trend zet zich ook door in de meest kwetsbare wijken (Oud-oefenplein, Sociale woningen Tervuursesteenweg). Hierbij dient opgemerkt dat de impact van het stedelijke hitte-eilandeffect op de sociale woonwijken mogelijks lager is gezien hun perifere ligging. Tot

slot is de aangroei van de overstroombare gebieden in dichtbevolkte gebieden problematisch.

Impacted Policy Sector	Expected Impact	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	Timeframe	Impact-related indicators
<u>Buildings</u>	Vraag naar koeling	Likely	Moderate	Short-term	*Eigen monitoring huistemperatuur.
<u>Buildings</u>	Schade door overstroming	Likely	High	Long-term	*Aantal schadedossier door droogte *Aantal meldingen brandweer
<u>Buildings</u>	Stabiliteit probleem door droogte.	Not known	High	Not known	*Aantal schadedossier door droogte

Tabel 23: impact op gebouwen SECAP template

C. Transport

I. Definitie CoM

Alle transport over de weg, de lucht en water en de gerelateerde infrastructuur. Het betreft een uitgebreide groep van zowel private en publieke middelen en diensten maar het betreft niet de voertuigen (en de onderdelen en processen).

II. Lokaal beschikbare gegevens

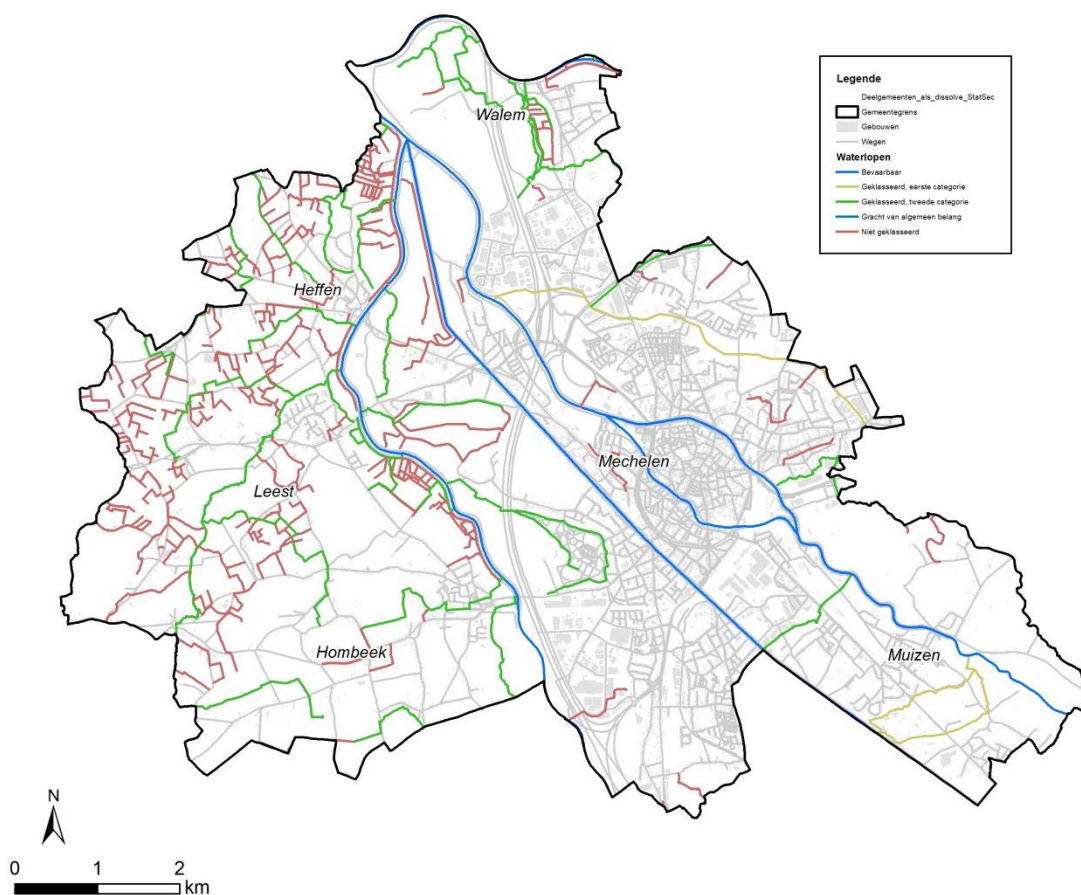
Extreme hitte

Zowel waterwegen, treinsporen als wegen zijn gevoelig aan extreme hitte. Zo kan een wegdek in gewapend beton uitzetten en omhoog komen, asfalt kan smelten en treinsporen kunnen uitzetten en zelfs buigen of breken. Verder kan ook het staal in bruggen en viaducten uitzetten en tot problemen leiden. Beweegbare bruggen kunnen hierdoor ook "klemmen". Wegen met natuursteen en kasseien ondervinden minder invloed van extreme hitte.

Mechelen heeft een veelheid aan wegen, treinsporen en waterwegen die over zijn grondgebied lopen. Deze zijn nog niet geïnventariseerd vanuit een klimaatkwetsbaarheidsoogpunt (bv. door het kruisen van gebruiksintensiteiten van wegen met de kwetsbaarheid op basis van type bestrating). Hieronder volgt een eerste verkenning.

Vooreerst zijn er drie bevaarbare waterlopen: Zenne, Dijle en het Kanaal Leuven-Dijle. Hierbij is vooral het Kanaal Leuven-Dijle een relevante as (bevaarbaar voor schepen klasse II (600 ton)). Binnenvaart in het gehele Bovenschelde gebied neemt toe de afgelopen jaren (+6,6% in tonnage en +27,55% in containers tussen januari 2016 en januari 2017) (De Vlaamse Waterweg, 2017). Er zijn geen gegevens per waterweg meer

beschikbaar (laatste in 2010). Uit deze laatste gegevens bleek dat het volume vervoerd over het kanaal Leuven-Dijle erg fluctueert in functie van grondafvoer (voornamelijk bouwwerken UZ Leuven). De Beneden-Dijle blijkt in 2010 voornamelijk een aanvoerder te zijn (174 lossingen versus 12 ladingen). Dit kan te wijten zijn aan een betoncentrale die beleverd wordt via deze waterweg. Deze betoncentrale verdwijnt echter op middellange termijn van deze locatie (stadsontwikkelingsproject Keerdok-Eandis). De hitte zorgt mogelijks voor **een intensievere plantengroei, meer recreatie en defecte sluzen en bruggen**, wat de scheepvaart kan hinderen.



Figuur 69: Bevaarbare waterlopen Mechelen (Bron: (Informatie Vlaanderen))

Mechelen is een knooppunt van spoorwegen. Enerzijds loopt de grote as Antwerpen-Brussel over het grondgebied. Anderzijds takken hier een lijn naar Leuven en een lijn naar Dendermonde van af. Door de toegenomen hitte kunnen de sporen uitzetten en de elektrische installaties falen. Dit probleem kan toenemen bij intensere hitte. Dit probleem wordt internationaal opgevolgd binnen het UIC (Union Internationale des Chemins de fer) met het project ARISCC (Adaptation of Railway Infrastructure to Climate Change). (ARISCC, 2019). Bovendien vallen deze periodes vaak samen met een extra belasting van het net voor recreatie (uitstappen).

Factor	Trend	Effect	Impact on Railways/Assets
All listed factors/events will occur more often and their impacts will be more severe according to the existing climate models			
1. Temperature	change of distribution patterns, higher average and maximum temperature		
1.1 High temperatures and heat waves		overheating	infrastructure equipment rolling stock equipment
1.2 Sudden temp changes		tension	track buckling
1.3 Intense sunlight		overheating	track buckling, slope fires, signaling problems
2. Precipitation	change of distribution patterns, more extreme events		
2.1 Intense rainfall		soil erosion, land slides, flooding	damage to embankments, earthwork
2.2 Extended rain periods		slower drainage, soil erosion	other infrastructure assets, operation
2.3 Flooding: coastal, surface water, fluvial		landslides	drainage systems, tunnels, bridges
2.4 Drought		desiccation	earthworks desiccation
3. Wind	change of distribution patterns, more extreme events		
3.1 Storm/gale (inland)		higher wind forces	damage to installations, catenary
		uprooting of trees	restrictions/disruption of train operation
3.2 Coastal storms & sea level raise		Coastal flooding	embankments, earthwork, operation
4. Lightning strikes and thunderstorms		Overvoltage	catenary and signaling
5. Vegetation	faster plant growth, new plants		vegetation management

Tabel 24: Impact klimaatverandering op spoorweginfrastructuur (bron: arisc.org)

Mechelen heeft een uitgebreid wegennet, met clusters in het stedelijke gebied en de dorpskernen en 1 autosnelweg tussen Brussel en Antwerpen (E19). De aanleg en het onderhoud van de wegen is afhankelijk van het type weg een verantwoordelijkheid van de stad Mechelen, de provincie Antwerpen of het Vlaamse agentschap wegen en verkeer. In de wegen op het grondgebied zijn verschillende materialen gebruikt: kasseien (centrum), klinkers (centrum en stedelijk gebied), natuursteen (pleinen en centrum), betonplaten (landelijk gebied) en asfalt (stedelijk gebied buiten centrum). De ervaring op het terrein leert dat de herstellingen die de afgelopen jaren zijn uitgevoerd naar aanleiding van hitte redelijk beperkt blijven. Een beperkt aantal betonplaten en vluchtheuvels kwam omhoog door de hitte, er zijn weinig tot geen problemen met de asfalt en kasseiwegen. Bij kasseien geven enkel de kasseien gezet in cementproducten problemen bij hitte. Bij kasseien ingebed in porfier vormt de hitte minder een probleem. De toename van de intensiteit van de hitteperiodes in de toekomst kan deze problemen wel intensifiëren. Hierbij dient er extra aandacht te zijn voor het stedelijk gebied gezien het groot aantal intensief gebruikte wegen en het stedelijke hitte-eilandeffect. Hier staat wel tegenover dat er in het centrum overwegend kasseien, klinkers en natuursteen werden gebruikt. Dit zijn materialen die mogelijk beter bestand zijn tegen de hitte. Er dient ook onderlijnd te worden dat de autosnelweg gevoelig is voor intensere hitte. Een onderbreking op deze weg heeft een zeer grote impact op economisch en mobiliteitsgebied.



Figuur 70: Wegennet Mechelen (Bron: (Informatie Vlaanderen))

Droogte

De impact van droogte op de (spoor)wegen is onduidelijk. Mogelijk komt de stabiliteit van de wegen in het gedrang, conform bovenstaande gebouwen. Hier is echter geen gedetailleerde informatie over.

De impact van droogte op de waterwegen is momenteel nog niet merkbaar. De bevaarbare waterlopen op het grondgebied worden voldoende gevoed vanuit het achterland om bevaarbaar te blijven. Bovendien hebben de getijden een grote invloed op de waterstanden van de getijdenrivieren. Het peil van het kanaal Leuven-Dijle (meest relevante as) wordt kunstmatig voldoende hoog gehouden met water uit de Dijle. Bij langere periodes van droogte kan het peil hier onder lijden. Dit kan op middellange termijn voor problemen zorgen.

Overstroming

De toegenomen frequentie en intensiteit van overstromingen zorgt voor een risico voor de wegen. De aangroei van het overstroombare gebied, zet dit zich vooral door langs de vier grote natuurlijke waterlopen met uitspringers ten zuiden van het centrum van Heffen, op Nekkerspoel (tussen de vijver van De Nekker en de Vrouwvliet), in het zuidwesten van Hombeek en op de site van het nieuwe ziekenhuis. Hierbij valt op dat in de wijk Nekkerspoel niet alleen een zeer hoog aantal wegen gelegen is, maar ook een knooppunt van spoorwegen en een station. Deze spoorlijn ligt echter op een verhoogde berm.

Niet alleen kunnen wegen tijdens de periode van overstroming niet beschikbaar zijn door wateroverlast, de onderbouw van de wegen kan ook leiden onder intensere regenbuien, er is ook een verhoogd risico op erosie (bv. nieuwe taluds) door extreme neerslag. Bovendien kan een toename van de extreme neerslag zorgen voor een verlaagde verkeersveiligheid (aquaplanning, zicht en zichtbaarheid,...). Deze effecten zijn gelijkaardig voor spoorwegen, met het bijkomende risico voor de elektrische installaties. Een bijzonder risico lopen tunnelcomplexen. Er is nog geen inventarisatie van de wegen vanuit het oogpunt van de kwetsbaarheid voor klimaatverandering. Ervaring op het terrein leert echter dat door de goed onderhouden kolken en riolering de wateroverlast op de weg momenteel tot een minimum beperkt blijft. Ook blijkt de bestrating in kasseien redelijk waterdoorlatend te zijn (mits gelegd in porfier). Deze vergt echter wel onderhoud.

Ook de waterwegen lopen een risico bij 'overstroming'. Zo kan er een hoger peil zijn in de rivieren wat manoeuvreren en aanmeren bemoeilijkt. Daarnaast kunnen ook kelders van beweegbare bruggen onderlopen. Dit lijkt op het eerste zicht een beperkt risico voor het kanaal Leuven-Dijle, daar dit kunstmatig op peil wordt gehouden.

III. Conclusie

De transportinfrastructuur op het grondgebied Mechelen is gevoelig voor hitte. In het stedelijk gebied kan het stedelijke hitte-eilandeffect zorgen voor een bijkomende hitte, hetgeen deels wordt gecompenseerd door een bestrating die meer hittebestendig is. In het landelijk gebied en op de autosnelweg is de bestrating minder hittebestendig (asfalt, beton en betonplaten). Een verstoring van de mobiliteit op de autosnelweg heeft bovendien een zeer grote impact. Door overstromingen is er een bijkomend risico voor de stabiliteit van de wegen en wateroverlast op het grondgebied. Zeker in de wijk Nekkerspoel kan er door klimaatverandering meer wateroverlast optreden. De spoorweginfrastructuur lijkt op het eerste zicht vooral risico te lopen op schade door hitte. Tot slot zal ook het kanaal Leuven-Dijle te kampen krijgen met klimaatverandering. Niet alleen is er een risico voor toegenomen plantengroei, defecte infrastructuur en recreatiedruk, ook het op peil houden van het kanaal kan op lange termijn problematisch worden.

Impacted Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	<u>Time frame</u>	Impact-related indicators
<u>Transport</u>	Schade aan (spoor)weginfrastructuur door hitte.	Likely	Moderate	Medium-term	*Aantal schadegevallen aan wegen. *Aantal spoorweginterventies *Aantal snelweginterventies.
<u>Transport</u>	Overstroming wegen	Possible	Moderate	Medium-term	Aantal interventies
<u>Transport</u>	Peil waterwegen	Unlikely	Low	Long-term	Aantal dagen sluiting waterweg

Tabel 25: Impact op transport SECAP template

D. Energie

I. Definitie CoM

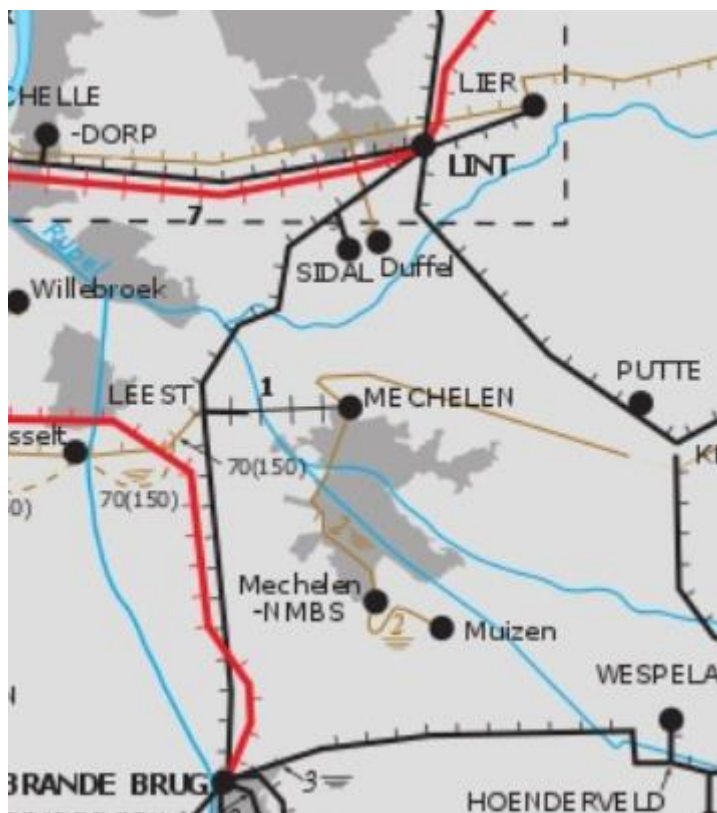
Energievoorziening en de gekoppelde infrastructuur. Inclusief kolen, ruwe olie, (vloeibaar) gas, geraffineerde brandstoffen, additieven, brandbare hernieuwbare energie en afval, elektriciteit en warmte.

II. Lokaal beschikbare gegevens

Extreme hitte

Op het grondgebied Mechelen is de lokale elektriciteitsproductie beperkt tot overwegend kleinschalige installaties van zonnepanelen. Warmte wordt overwegend geleverd door gas en in beperkte mate door andere bronnen (overwegend stookolie). De betrokken infrastructuur betreft dus zonnepanelen, het bovengrondse en ondergrondse elektriciteitsnet en het aardgasnet. Het elektriciteits- en aardgasnet worden beheerd door Fluvius. Het hoogspanningsnet door Elia. Dit betekent dat het grondgebied zeer afhankelijk is van elektriciteit en aardgas. In mindere mate betreft het ook kleinschalige opslag van gas en stookolie. Tot slot loopt er ook een brandstofleiding van de NAVO over het grondgebied.

BOVENGRONDSE LIJNEN		
	Uitbatingsspanning	
	380kV	
	220kV	
	150kV	
	110kV	
	70kV	
	Aantal draadstellen	
	voorzien	uitgerust
	1	1
	2	1
	2	2
> 2		
(met referentienummer in de samenstellingstabel)		



ONDERGRONDSE KABELS	
	380kV
	220kV
	150kV
	110kV
	70kV
	HVDC
	in aanbouw of in ontwerp
	parallele kabels
	kabel eigendom van een derde (1)

STATIONS	
	HS

Figuur 71: Hoogspanningsnet Elia in Mechelen (Bron: (ELIA, 2019))

Het effect van hitte op het elektriciteitsnet lijkt beperkt. Een eerste verkenning leert dat hogere luchttemperaturen zorgen voor een risico op oververhitting van het bovengrondse net en een verlaagde efficiëntie. Hier is echter lokaal geen eenduidige informatie over. Het ondergrondse aardgasnet ondervindt geen impact van de extreme hitte.

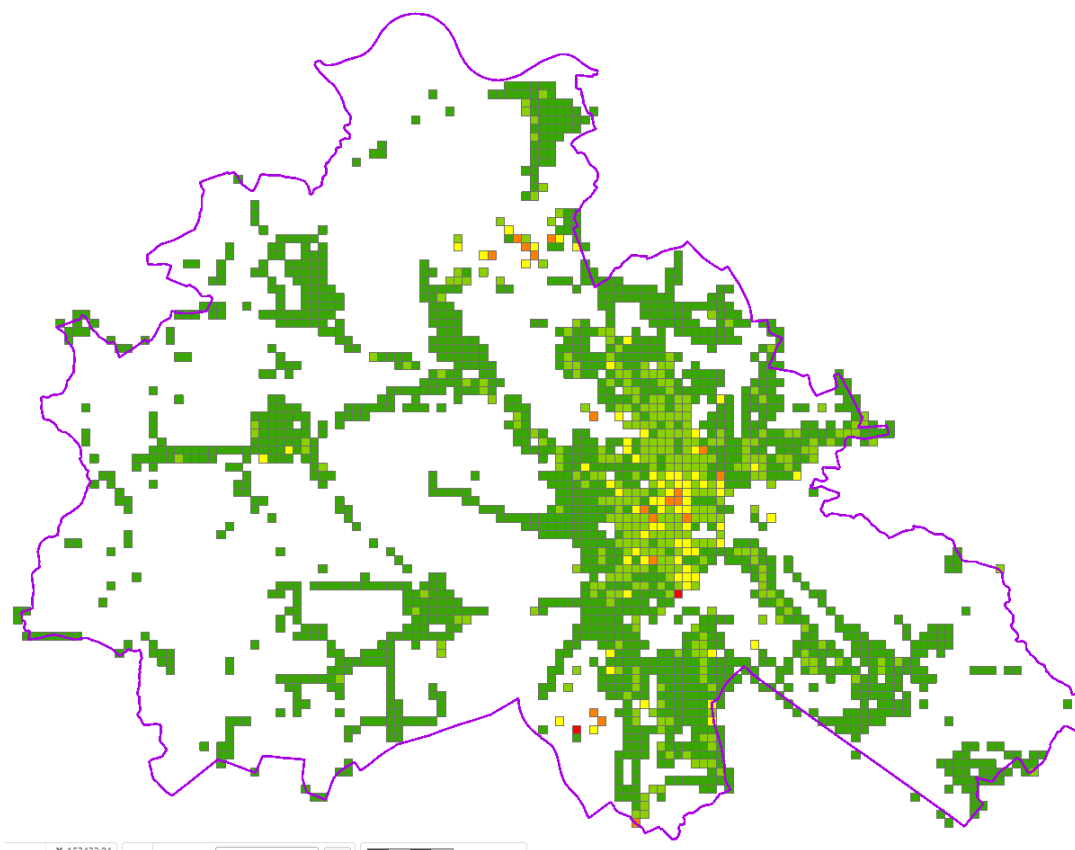
Er is wel een effect van hitte op private opslag van gas (aardgastanks). Deze tanks kunnen erg heet worden. Hierdoor zet het gas uit en kan de tank in overdruk gaan. Deze tanks zijn hiervoor beveiligd met een overdrukventiel.

De hitte zorgt verder voor een veranderende energievraag met een piekvragen in de zomer (koeling). Deze veranderende energievraag sluit aan bij de hogere energieproductie door fotovoltaïsche panelen in de zomermaanden. De hitte heeft echter wel een negatieve impact op de productie van energie door zonnepanelen. Deze produceren immers minder elektriciteit bij een hogere temperatuur.

Droogte

Droogte (en overstromingen) kunnen instabiliteit in de ondergrond veroorzaken, dit kan mogelijk een impact hebben op de ondergrondse leidingen. Er is onvoldoende informatie beschikbaar over de impact van droogte op de ondergrondse distributienetten. Dit risico dient verder onderzocht te worden.

Droogte heeft een impact op de beschikbaarheid van koelwater voor elektriciteitscentrales. In combinatie met de hogere temperaturen van het koelwater kan dit een impact hebben op de energieproductie. Dit heeft slechts een indirecte impact op het grondgebied, daar er geen elektriciteitscentrales op het grondgebied zijn. Een tekort aan productie of een grote vraag kunnen zorgen dat er energieschaarste ontstaat. Elia heeft daarom een afschakelplan opgesteld. Uit dit plan blijkt dat een gedeelte van het grondgebied Mechelen niet wordt afgeschakeld en een gedeelte in schijf twee (161 kabines) en een gedeelte in schijf vijf (45 kabines) . Bij energieschaarste worden de zones te beginnen bij 8 afgeschakeld. In het totaal (alle zones) zijn er 205 van de 707 kabines die kunnen worden afgeschakeld bij energieschaarste.



Figuur 73: Elektriciteitsvraagkaart Mechelen (Bron: (Fluvius))

Hierbij dient ook onderlijnd te worden dat het uitvallen van het elektriciteitsnetwerk een belangrijk Cascade-effect heeft op andere diensten (bv. telecom). Al hebben deze vaak ook een beperkte noodstroomvoorziening.

Ook het aardgasnet is mogelijk kwetsbaar voor overstromingen. De meeste cabines zijn bovengronds. Indien een cabine geconfronteerd wordt met een overstroming is het mogelijk dat de regelaars niet meer kunnen afblazen. Dit zou het aardgasnet (lage druk) kunnen verstoren/stil leggen.

III. Conclusie

De voornaamste impact van klimaatverandering op energie ligt in de kwetsbaarheid van het elektriciteits- en aardgasnet voor overstromingen. Hierbij is vooral het stedelijke gebied extra kwetsbaar. Gezien de hoge afhankelijkheid van elektriciteit en aardgas wordt de impact van storingen op het net als hoog ingeschaald.

Impacted Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	<u>Timeframe</u>	Impact-related indicators
<u>Energy</u>	Overstroming aardgas en elektriciteitsnet	Possible	High	Long-term	Aantal dagen met onderbrekingen.

Tabel 26: Impact op energie - SECAP template

E. Water

I. Definitie CoM

De dienstverlening rond (drink)water en de (drink)waterinfrastructuur. Dit betekent enerzijds waterverbruik (huishoudens, industrie, energieproductie, landbouw,...) en waterbeheer (afval-en regenwater). Dit omvat riolen, drainage en waterzuivering.

II. Lokaal beschikbare gegevens

De drinkwaterinfrastructuur (460.977 meter leidingen, 30.885 aftakkingen en 3.523 brandkranen) van Mechelen wordt beheerd door de drinkwatermaatschappij Pidpa. De stad Mechelen is zelf beheerder van de riolering en een aantal grachten. Daarnaast staan ook de poldergraaf en de provincie in voor het beheer van een aantal waterlopen. De Vlaamse Waterweg beheert tot slot de bevaarbare waterlopen (Dijle, Zenne en Kanaal Leuven-Dijle). Bijna alle afvalwater (rioleringsgraad van 91%) en het niet afgekoppelde hemelwater wordt gezuiverd in de rioolwaterzuiveringsinstallatie Mechelen-Noord, in beheer van Aquafin. Er zijn een beperkt aantal IBA (individuele behandeling afvalwater) in het niet-stedelijke gebied.

Extreme hitte

De extreme hitte zorgt voor een verhoogde vraag naar drinkwater (bv. het vullen van zwembaden). De hitte zorgt anderzijds voor een verhoogde verdamping in de zomer. Hetgeen op zijn beurt zorgt voor lagere grondwatertafels en rivierdebieten Dit heeft op zijn beurt impact op de drinkwatervoorziening (zie droogte).

Daarnaast zorgt de verhoogde temperatuur ook voor een verhoogde temperatuur van de waterlopen (0,8°C stijging watertemperatuur per graad stijging luchttemperatuur). De hogere watertemperatuur heeft een impact op de **waterkwaliteit**. Het leidt tot een verhoogde algenbloei en een verminderd zuurstofgehalte. Zuurstof is van groot belang voor de zelf-zuiverende processen en het leven in het water. De verhoogde temperatuur zorgt langs de andere kant wel voor een versnelde afbraak van sommige (verontreinigende) stoffen. Het is niet duidelijk wat de directe impact is van de verhoogde temperatuur op de afvalwaterzuivering.

Tot slot leidt de verhoogde temperatuur voor een bijkomende recreatiedruk op zwemwater en het aanwezige leven. De kwaliteit van het zwemwater kan echter wel verminderen. Mechelen beschikt momenteel over 1 gebied met een open zwemwater op zijn grondgebied: Provinciaal recreatiedomein De Nekker. Er kan gezwommen worden in de grote en de kleine vijver. Beiden krijgen "uitstekende waterkwaliteit" als langetermijnbeoordeling van de zwemwaterkwaliteit. Er zijn twee vijvers waar aan watersport wordt gedaan op het grondgebied: Eglegemvijver en de Mechelse waterskiclub-Mechelen (Blarenberglaan). De Eglegemvijver krijgt een "goede waterkwaliteit" langetermijnbeoordeling en de Mechelse waterskiclub een "uitstekende waterkwaliteit"langetermijnbeoordeling. Er zijn de afgelopen jaren geen problemen geweest met blauwalg in deze wateren. (Agentschap Zorg en Gezondheid, 2019)

Droogte

Vlaanderen is een regio met waterschaarste (1480m³/inwoner beschikbaar water) De droogte heeft een impact op de drinkwaterwinning. Door de lagere rivierdebieten en grondwaterstanden komt er een druk op de waterbeschikbaarheid. In combinatie met de hoge bevolkingsdichtheid in Mechelen kan dit voor problemen zorgen. De provincie

Antwerpen beschikt echter over grote hoogkwalitatieve grondwatervoorraden. Het drinkwater is voor 95% afkomstig van grondwaterputten. Deze worden overwegend gevoed door hemelwater en staan dus onder druk bij een verminderende neerslag/infiltratie. De afgelopen jaren bleken deze voorraden redelijk robuust, maar in een veranderend klimaat is hier toch alertheid geboden. De drinkwatermaatschappijen volgen dit op. Er wordt dus op korte termijn ook geen drinkwatertekort verwacht. Er is geen waterwingebied (ondergronds of oppervlaktewater) op het grondgebied Mechelen. De drinkwatermaatschappij Pidpa produceert zelf 95% van het geleverde rein water. De overige 5% wordt gekocht van andere waterleidingbedrijven. De lokale productie lijkt dus erg dekkend voor de drinkwatervraag.

Zoals boven geschetst is het niet duidelijk of de freatische grondwaterstanden dalen. De peilputten geven echter wel een dalende trend aan. Bovendien kunnen door langere periodes van droogte de debieten in oppervlaktewater dalen. (Landbouw)bedrijven die grondwater of oppervlaktewater inzetten voor hun productie kunnen dan geconfronteerd worden met schaarste. De provinciegouverneur kan immers een captatieverbod (verbod van onttrekken water uit geklasseerde waterlopen) uitvaardigen. Dit kan van toepassing zijn op twee stroomgebieden op het grondgebied (zwarte beek in het oosten en Vrouwvliet in het westen van Mechelen). Deze stroomgebieden nemen slechts een klein gedeelte van het grondgebied in. Daarnaast kan ook De Vlaamse Waterweg een captatieverbod instellen voor de captatiepunten op de Dijle en het kanaal Leuven-Dijle op het grondgebied. Verder zijn ook de voorwaarden zoals opgenomen in de grondwatervergunningen van toepassing. Ondiepe grondwatervergunningen kunnen droogvallen bij droogte en diepe grondwatervergunningen kunnen mogelijks moeilijker bekomen worden in de toekomst. Een verdere studie op deze grondwatervergunningen kan interessant zijn. Meer algemeen werkt de Vlaamse overheid aan een "afschakelplan water". Het is momenteel nog onduidelijk welke concrete gevolgen dit heeft voor de Mechelse regio.

De verlaagde regenwatervrachten zorgt voor een verhoogde concentratie van het afvalwater. Dit kan mogelijks een negatieve impact hebben op de waterzuivering.

Tot slot kan de piekvraag en de uitdrogende ondergrond ook zorgen voor breuken in de waterleiding.

Overstroming

Zoals boven geschetst is er meer neerslag in de winter, minder in de zomer maar wel zomerse buien. De verhoogde neerslag in de winter en de piekneerslag in de zomer zorgen voor een druk op de saneringsinfrastructuur. Riolen voeren immers vaak nog hemelwater af. Enerzijds verhoogt het risico op overstromingen van de riool en anderzijds zal de infrastructuur vaker overstorten in oppervlaktewater. Dit heeft een negatieve impact op de kwaliteit van het oppervlaktewater, daar de waterkwaliteit bij deze overstorten onvoldoende is. Er is nog geen zicht op welke overstorten problematisch kunnen zijn.

Bovendien zorgt de lage ligging van Mechelen voor een risico op dijkdoorbraken. Zo liggen grote delen van het stedelijk gebied onder het peil van de rivieren (6m TAW bij hoogtij en 8m TAW bij stormtij).

De veranderende neerslagverdeling zal ook het hydrologisch regime van de stromende wateren veranderen. Concreet heeft het een impact op het sedimentatie- en erosieproces

binnen de bedding. Hier is geen onderzoek naar en geen specifieke informatie over op het grondgebied.

De hogere regenwatervracht op de riolering zorgt voor een verhoogde verdunning van het afvalwater. Dit kan mogelijk een negatieve impact hebben op de waterzuivering.

Daarnaast zorgen de meer frequente en intensiever buien ook voor een verhoogde afstroom van pollutanten van landbouwgronden naar oppervlaktewater.

III. Conclusie

Klimaatverandering heeft een impact op de (drink)waterinfrastructuur. Enerzijds zorgen de toegenomen (intensiteit) van de buien voor een bijkomende druk op de riolering met meer overstromingen en overstorten als gevolg. Dit heeft een impact op de waterkwaliteit. De waterkwaliteit leidt ook onder de extreme hitte en de geleidelijke verhoging van de temperatuur (algenbloei). Anderzijds zorgt de droogte voor een verminderde waterbeschikbaarheid. Hier lijken vooral de (landbouw)bedrijven getroffen te worden. De provincie Antwerpen beschikt immers over grote ondergrondse drinkwatervoorraden. Gezien het strategische belang van drinkwater worden deze desalniettemin opgenomen als risico.

Impact of Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	Timeframe	Impact-related indicators
<u>Water</u>	Drinkwaterschaarste	Unlikely	High	Long-term	Drinkwaterschaarste indicator

Tabel 27: Impact op water – SECAP template

F. Afval

I. Definitie CoM

Alle activiteiten rond het beheren (inzamelen, behandelen en verwerken) van verschillende soorten afval (vast, vloeibaar, industrieel en huishoudelijk afval) en vervuilde sites.

II. Lokaal beschikbare gegevens

Afval wordt in 4 verschillende fracties huis-aan-huis opgehaald. Voor de overige fracties zijn er twee recyclageparken op het grondgebied. Er zijn geen installaties voor het verwerken van afval op het grondgebied. Er is enkel overslag van afval op de Ivarem site op de Leuvensesteenweg. Afvalwater werd boven besproken.

Extreme hitte

Periodes van extreme hitte kunnen de huis-aan-huis ophaling bemoeilijken. Het wordt immers erg warm voor de afvalophalers. De afvalintercommunale IVAREM hanteert nu de regel dat de afvalophaling vroeger start bij extreme hitte. De extreme hitte kan verder de elektronica van ondergrondse opslagcontainers verstoren. De recyclageparken en afvaloverslag ondervinden geen hinder van de hoge temperaturen.

Droogte

Er is geen informatie over de impact van droogte op de afvalophaling en -verwerking.

Overstroming

Overstroming kan de afvalophaling en de recyclageparken bedreigen. Dit wordt in meer detail behandeld bij de overstroming van gebouwen en transport. De recyclageparken en afvaloverslag. De sites zijn weinig overstromingsgevoelig.

III. Conclusie

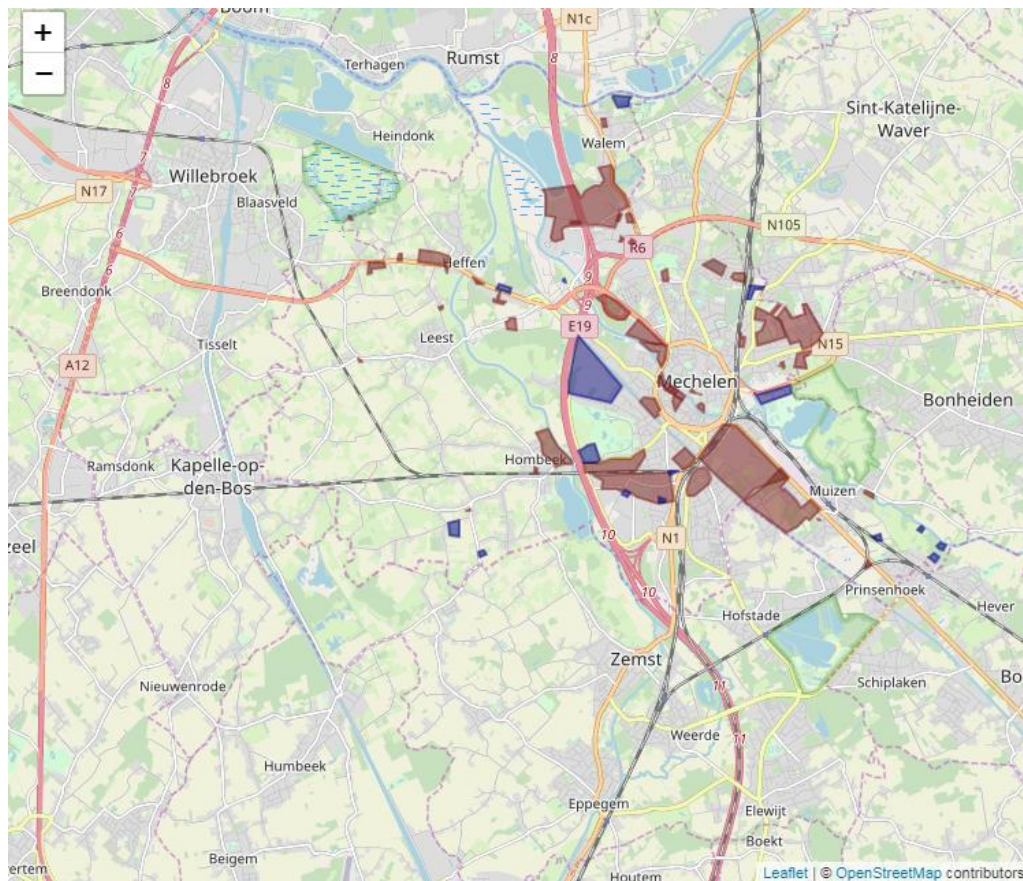
Klimaatverandering lijkt slechts een zeer beperkte invloed te hebben op de afvalverzameling en – verwerking op het grondgebied. De warmte beïnvloedt de afval ophaling (thermisch comfort afvalophalers).

G. Ruimtelijke planning**I. Definitie CoM**

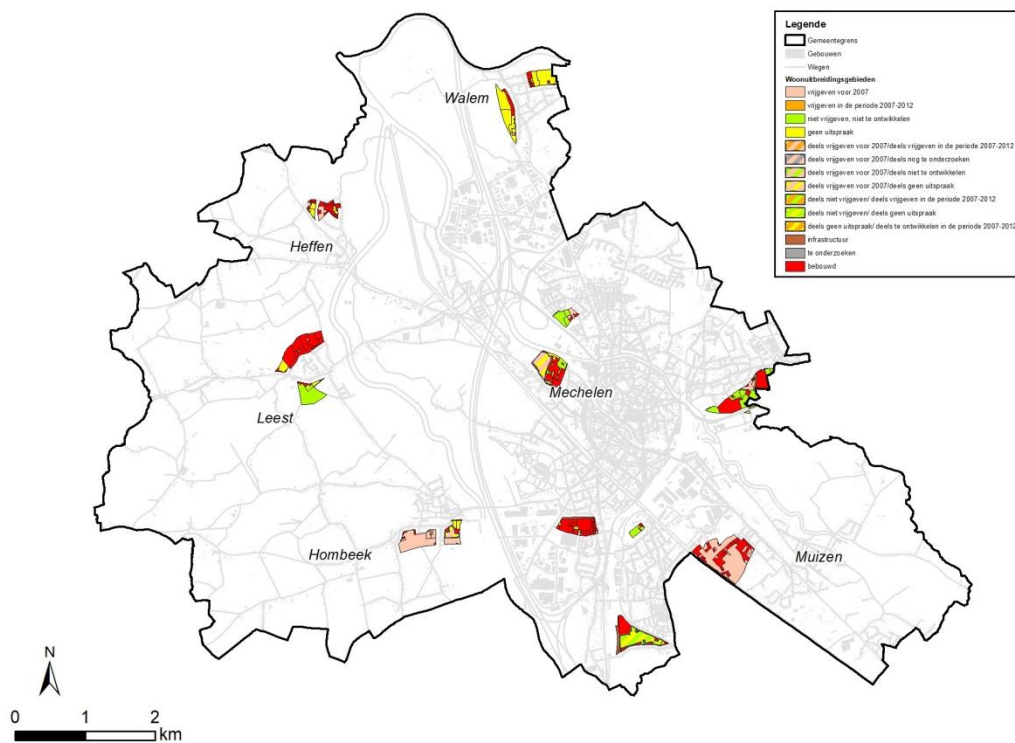
Proces van openbare overheden om de verschillende opties voor het gebruik van land te identificeren, te evalueren en er over te beslissen. Inclusief het daaropvolgend formuleren en bekendmaken van plannen of regels die de toegestane of aanvaardbare gebruiken schetsen.

II. Lokaal beschikbare gegevens

Ruimtelijke planning is het instrument bij uitstek om het grondgebied in te richten voor een veranderend klimaat. Het richtinggevend kader hiervoor is het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen. De voornaamste krachtlijn van dit plan is het beschermen van de resterende open ruimte en het herwaarderen van steden als aangename plekken om te leven. Meer specifiek zijn er 16 Bijzondere Plannen van Aanleg en 17 stedelijke ruimtelijke uitvoeringsplannen, waarvan drie in opmaak. Naast het werken rond zonevreemde recreatie, betreft het grootste gedeelte van deze plannen het ontwikkelen van het stedelijk gebied. Dit ligt in lijn met de visie van het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen.



Figuur 74: Gemeentelijke ruimtelijke uitvoeringsplannen (Bron: (Stad Mechelen))



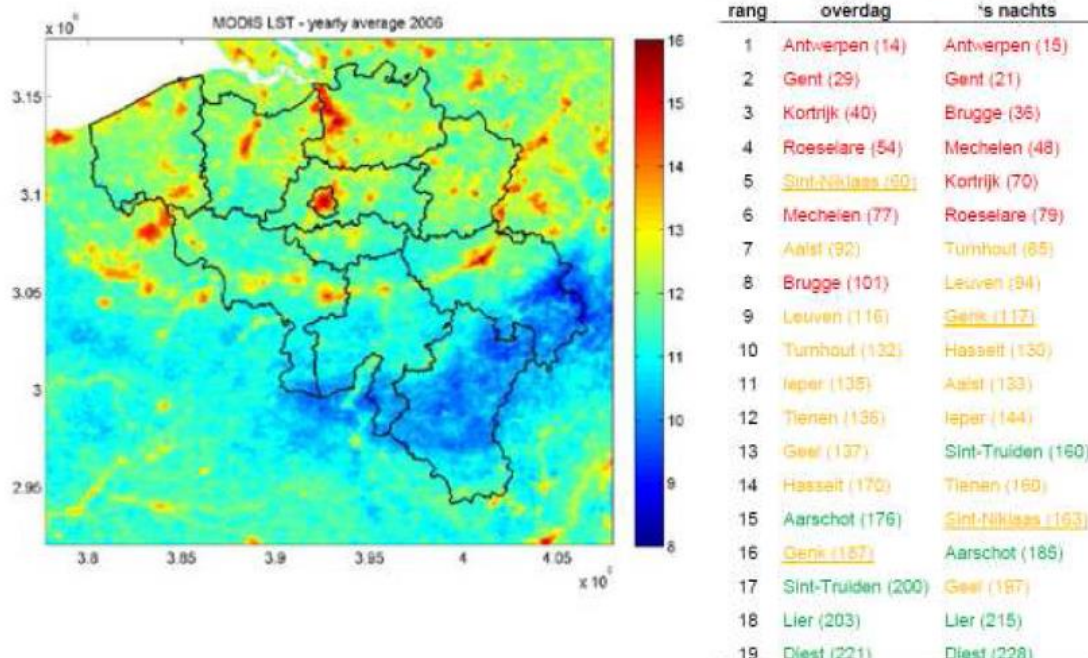
Figuur 75: Atlas woonuitbreidingsgebied (bron: (Geopunt))

Op het grondgebied is zowel een stedelijk gebied als open ruimte gelegen. De stad Mechelen maakt daarom een uitgebreid beleidsplan ruimte in de komende legislatuur. Het is niet de ambitie van deze analyse om dit volledig over te doen. De analyse is hier beperkt tot het schetsen van de conflicten tussen de huidige ruimtelijke ordening en de klimaatverandering.

Extreme hitte

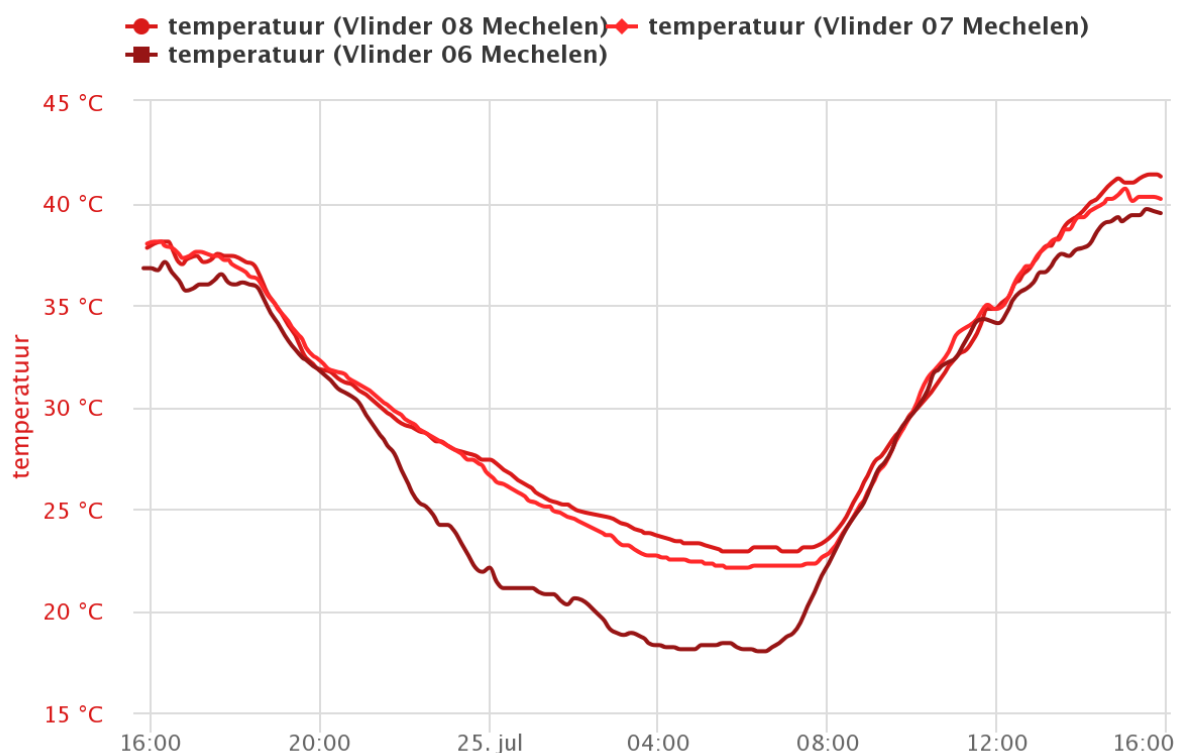
De bevolking en de bebouwing zijn geconcentreerd in het oosten van het grondgebied, rondom het historische centrum van de stad. De toenemende temperaturen die leiden tot extreme hitte in de zomer, worden hier nog versterkt door het hitte-eiland effect:

"De grote hoeveelheden beton en steen, vaak gekoppeld aan grote weerskaatsende gevels, vangen de door de zon ingestraalde warmte op en houden deze vast om ze tijdens de avond en de nacht weer uit te stralen. Dit effect wordt versterkt bij veel donkere oppervlakken zoals asfalt of bepaalde kleuren baksteen. Waar groene planten of watergebieden ontbreken in de stad, is de temperatuur gemiddeld merkkelijk hoger. Bij lange periodes van hitte maakt dit dat de stad na zonsondergang niet meer voldoende afkoelt, waardoor ook de temperaturen overdag, ten opzichte van het buitengebied, zullen stijgen. Dit wordt het hitte-eilandeffect genoemd. Het kan temperatuurverschillen tot 6°C tussen binnen en buiten de stad veroorzaken. Hoge gebouwen en smalle straten kunnen een barrière vormen voor luchtverplaatsingen waardoor de koelere lucht uit de omgeving en het koelend effect van groene en blauwe ruimte de stad niet kunnen afkoelen. Ook kan geproduceerde warmte van verkeer, industrie, koeling,... niet afgevoerd worden. De mate van barrièrewerking hangt af van de structuur van de bebouwde omgeving, de dominante windstormen en de aanwezige verkoelende elementen in de stad, zoals wateroppervlakten, parken, bossen, fonteinen,... "



Figuur 76: Afbeelding van de jaargemiddelde oppervlaktetemperatuur voor België 2006 en rangschikking volgens de sterkte van het hitte-eilandeffect op basis van oppervlaktetemperaturen (SUHI) in de zomer (april-september) over de jaren 2002-2013.

VITO bracht in 2014 het stedelijk hitte-eilandeffect voor Vlaanderen in beeld op basis van satellietbeelden. In vergelijking met het platteland ligt in steden vooral de nachtelijke temperatuur hoger. Gemiddeld voor Vlaanderen loopt dit verschil op tot enkele graden, met uitschieters tot 7 à 8°C en meer. Er blijkt een sterk verband te bestaan tussen de verhardingsgraad van een stad en de sterkte van het hitte-eilandeffect. Mechelen heeft een redelijke sterk hitte-eiland effect: 6^e plaats overdag en 4^e plaats 's nachts van alle centrumsteden (De Ridder, Maiheu, Wouters, & Van Lipzig, 2015). Er is geen studie voor Mechelen waarbij in detail wordt bepaald waar dit effect in Mechelen zich het sterkst manifesteert (Gent, 2016). Sinds de zomer van 2019 wordt de temperatuur in en rond de stad via een aantal weerstation gemeten. Deze weerstations bevestigen het stedelijke hitte-eiland effect. Het weerstation in het Mechels broek (Vlinder 6) toont duidelijk lagere nachtelijke temperaturen dan de stations in het stedelijke gebied (Vlinder 7 en Vlinder 8).



Dit effect kan ervoor zorgen dat leven in de stad minder aantrekkelijk wordt. Bij de aanleg van het openbaar domein, bij het aansnijden van nieuwe ruimte en het ontwerpen van gebouwen in het stedelijke gebied, dient dus maximaal rekening gehouden te worden met het stedelijk hitte-eilandeffect. De landelijke gebieden zijn beter beschermd tegen de extreme hitte, aangezien ze minder gevoelig zijn voor het hitte-eilandeffect. Sinds 2019 voert de stad temperatuurmetingen uit op het grondgebied om plaatselijke verschillen in temperatuur op te volgen. Hierbij onderzoekt de stad de impact van dit effect op verschillende plaatsen in de stad. Eerste gegevens tonen aan dat de temperatuur in het centrum duidelijk hoger ligt dan buiten het stedelijk gebied.

Droogte

Droogte zal vooral een directe impact hebben op de landbouw- en natuurgebieden. Bij toekomstige ruimtelijke ordening kan er gekeken worden naar de mate waarin de gebieden en teelten afhankelijk zijn van water. Hierbij dient vraag en aanbod maximaal gekoppeld te worden. Er is onvoldoende informatie over de mate waarin droogte stabiliteit van gebouwen bedreigt.

Overstroming

Naast de extreme hitte in de stad, zijn vooral overstromingen erg belangrijk om rekening mee te houden bij ruimtelijke ordening. De huidige woonuitbreidingsgebieden liggen overwegend niet in overstromingsgevoelig gebied. Hierbij valt wel het woonuitbreidingsgebieden op te Nekkerspoel (Nekkerhal) op. Dit is immers extra gevoelig voor overstroming in de toekomst. Verder dient zeker bij toekomstige ruimtelijke ordening maximaal rekening gehouden te worden met het risico van overstromingen. Hierbij dient bemerkt te worden dat er nu reeds twee bouwvrije signaalgebieden zijn (Weverstraat-Walem en Barebeek Muizen, ten noorden van Planckendael).

III. Conclusie

Ruimtelijke ordening is een erg krachtig instrument om het grondgebied weerbaar te maken voor klimaatverandering. De huidige Vlaamse visie op ruimtelijke ordening vertrekt van het vrijwaren van de open ruimte en het versterken van de aantrekkelijkheid van het stedelijk gebied om te wonen. In de toekomst dient verder rekening gehouden te worden met het grotere risico op overstromingen en het stedelijk hitte-eiland effect (met als oplossing meer groenblauwe infrastructuur in de stad). Hierbij dient aandacht te zijn voor een evenwicht tussen verdichting (vrijwaren open ruimte en leefbaarheid (stedelijk hitte-eiland effect)).

Impacted Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	<u>Timeframe</u>	Impact-related indicators
<u>Land Use Planning</u>	Stedelijk hitte-eiland	Likely	Moderate	Short-term	% van gebied onderhevig
<u>Land Use Planning</u>	overstroming	Possible	High	Long-term	% van gebied onderhevig

Tabel 28: impact ruimtelijke ordening – SECAP template

H. Land- en bosbouw

I. Definitie CoM

Gebieden bestemd voor land- en bosbouw en organisaties en ondernemingen verbonden aan de creatie en productie op en rond het grondgebied.

II. Lokaal beschikbare gegevens

De invloed van de klimaatverandering op landbouw treedt vooral op via de gewijzigde waterbeschikbaarheid in de bodem (bodemvochtgehalte) en de toenemende CO₂-concentraties in de atmosfeer. De invloed van deze wijzigingen op de gewasgroei werd voor Vlaanderen recent bestudeerd op veld- en perceelsniveau. De gewasopbrengst kan tot 27 % stijgen, en de overeenkomstige biomassa met 23 %. Dit is vooral het gevolg van de toenemende CO₂-concentraties, die de waterproductiviteit (opbrengst voor eenzelfde waterbeschikbaarheid) doet toenemen. De lagere waterbeschikbaarheid in de zomer heeft een negatieve invloed op de gewasgroei, maar dat blijkt de eerstvolgende

decennia minder belangrijk dan de hogere waterproductiviteit. Op langere termijn worden de effecten als gevolg van extremere temperatuur- en neerslagperiodes evenwel belangrijker, met een netto negatieve invloed op de landbouwopbrengst tot gevolg.

Zoals boven geschetst neemt landbouw met zeer diverse teelten tussen de 753 – 1617 hectare van het grondgebied in (overwegend in het westen). Het betreft 80 ondernemingen die goed zijn voor bijna 300 jobs. Deze sector lijkt te stagneren de laatste jaren. Er is geen informatie over bosbouw in Mechelen, maar deze sector lijkt redelijk beperkt. Natuur en biodiversiteit worden in een aparte sectie (zie onder) behandeld.

Extreme hitte

Landbouw is een sector die bij uitstek gevoelig is aan klimaatverandering. De toenemende warmte (en toenemende CO₂ concentraties) kan een positief effect hebben op de groeisnelheid van bepaalde teelten. De extreme warmte kan dan weer zorgen voor (brand)schade aan bepaalde gewassen. De impact van het verminderend aantal vorstdagen is dan weer niet gekend.

Ook dieren ondervinden de gevolgen van hogere temperaturen. De comforttemperatuur van koeien bedraagt bijvoorbeeld 20-25°C, en hittestress treedt op vanaf 25°C. Varkens zijn extra gevoelig voor hittegolven. Temperaturen in stallen kunnen (dodelijk) hoog oplopen en een impact hebben op de melkkwaliteit. Ook bij transport is het erg belangrijk aandacht te hebben voor deze temperaturen. Er is echter geen intensieve veeteelt op het grondgebied. (Provincie Antwerpen, 2016)

Droogte

De toenemende lage waterbeschikbaarheid heeft een grote invloed op de landbouw. Niet alleen verdrogen percelen voor landbouw door droogte. Het is ook moeilijker om aan bijkomend oppervlakte- of grondwater te komen. Zo wordt het mogelijks moeilijker om (diepe) grondwatervergunningen te krijgen en er kan ook een captatieverbod voor oppervlaktewater gelden. De lagere waterbeschikbaarheid kan dus een negatieve invloed hebben op de productiviteit of een verschuiving van het type teelten. Zo zijn bijvoorbeeld groenten, maïs en aardappelen droogtegevoelig, maar zorgt droogte ook voor minder goed groeiend gras en brengt zo ruwvoerwinning voor dieren in het gedrang. Dit blijkt ook uit het hoge aantal schadevergoedingen dat werd aangevraagd naar aanleiding van de droogte in 2018. Uit bovenstaande analyse blijkt dat de bodem van het landelijk gebied matig gevoelig tot gevoelig is voor droogte. Er lopen reeds eerste onderzoeks- en pilootprojecten rond watervoorziening voor de landbouw in de regio in het kader van de oproep "Water-Land-Schap" van de Vlaamse Landmaatschappij. Zo is er het project "Aqualitatieve Mechelse groenteregio". Het initiatief voor dit project ligt in de Mechelse groentestreek. Door praktijkgerichte innovatieve ideeën toe te passen die hun nut al elders bewezen hebben, wil de lokale coalitie samen werken aan een betere waterkwaliteit, een duurzamere watervoorziening, minder wateroverlast en minder watertekorten. Bijvoorbeeld met landbouwers die op vrijwillige basis voor een zware bui ruimte maken in hun hemelwaterbassin of silo (Rainlevelprincipe) of peilgestuurde drainage en zuivering van beken (VLM, 2018).

De droogte kan ook een impact hebben op het welzijn van dieren. Er zijn echter wel uitzonderingen voor weidedieren bij het captatieverbod.

Overstromingen

Overstromingen hebben uiteraard ook een negatieve impact op de landbouwproductie. Niet alleen is er de onmiddellijke schade door de overstroming, ook het achtergebleven slib kan een risico vormen (chemische en microbiële vervuiling) (Hoge Gezondheidsraad, 2000). In Mechelen lijken vooral de graslanden in het Mechels Broek en het zuidwesten van Hombeek nog gevoeliger te worden voor overstroming.

Het veranderend neerslagpatroon heeft ook een impact op de bodemsamenstelling (verdichting bodem, stikstofcyclus,...). De lokale effecten hiervan zijn echter nog niet gekend.

III. Conclusie

Klimaatverandering kan een negatieve impact hebben op landbouw. Niet alleen kan droogte zorgen voor schade aan de gewassen en dieren. Overstromingen kunnen ook schade toebrengen aan de landbouwpercelen. Het risico op overstroming lijkt beperkt tot een aantal graslanden. Het risico op droogte is breder verspreid over het grondgebied, vooral in het noordwesten van Mechelen. Daarnaast kan klimaatverandering een positief effect hebben op de gewasopbrengst door hogere concentraties CO₂, meer zonnestraling en een hogere verdamping (verlenging groeiseizoen). Landbouw draagt verder ook bij tot koolstofopslag, indien er zorg voor de bodem wordt gedragen.

Impacted Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood Of Occurrence	Expected Impact Level	<u>Timeframe</u>	Impact-related indicators
<u>Agriculture & Forestry</u>	Daling productie door droogte	Likely	Moderate	Current	Aantal klachten
<u>Agriculture & Forestry</u>	Daling productie door overstroming	Possible	Low	Long-term	Aantal klachten

Tabel 29: impact op land- en bosbouw - SECAP template

I. Natuur en biodiversiteit

I. Definitie CoM

Natuur verwijst naar groene en blauwe landschappen, luchtkwaliteit en het stedelijke hinterland. Biodiversiteit verwijst naar de variëteit van leven in een bepaald gebied, meetbaar als de variëteit van soorten en ecosystemen.

II. Lokaal beschikbare gegevens

Mechelen is een erg verstedelijkt gebied met ruimte voor landbouw en natuur. Het grondgebied heeft dan ook waardevolle natuur. De natuurgebieden worden gekenmerkt door hun relatie met het water. Naast de natuurgebieden is er natuur en stedelijk groen.

Globaal gezien zorgt klimaatverandering voor een negatieve impact op biodiversiteit. Door de veranderende omstandigheden wordt de huidige habitat ongeschikt voor soorten en migreren ze. Zo zal Mechelen niet alleen soorten zien vertrekken, maar ook andere nieuwe (schadelijke) soorten zien aankomen. Deze laatste zullen ook in competitie treden met inheemse soorten (Sumaqua, 2019).

Extreme hitte

De best bestudeerde effecten zijn deze van temperatuurstijging op fenologie en verschuivingen in het verspreidingsareaal. Door verhoogde temperaturen wordt het sneller warm in de lente, zodat temperatuurgebonden activiteiten zoals het botten van veel boomsoorten, het uitsluipen van insecten of de paddentrek vroeger in de lente zullen voorkomen. Gelijkaardige verschuivingen kunnen ook in de herfst plaatsvinden waardoor het volledige groeiseizoen voor planten langer wordt. Ook in Vlaanderen zijn er studies die deze verschuivingen in de seizoensactiviteit aantonen: uit een onderzoek bij 15 trekvogels blijkt dat het gemiddelde van de eerste aankomstdatum tussen 1985 en 2004 vervroegd is met 7,63 dagen. Dat soorten hun activiteiten verschuiven in de tijd hoeft op zich geen probleem te vormen. Het wordt echter wel een probleem wanneer hun seizoensactiviteiten niet meer gesynchroniseerd zijn met andere elementen die nodig zijn in hun levenscyclus.

Wanneer de klimatologische omstandigheden niet meer voldoen, zullen organismen verdwijnen of zich verplaatsen naar een plaats waar het klimaat nog wel voldoet. Onder stijgende temperaturen kan men verwachten dat soorten naar het noorden zullen migreren. (Van der Aa, et al., 2015)

De geïdentificeerde natuurgebieden zijn vooral natte en waterrijke gebieden. Deze gebieden zijn van nature koeler en dus minder onderhevig aan extreme hitte. Ander stedelijk groen (tuinen, parken, straatbomen,...) heeft hier veel meer te lijden onder de hitte (stedelijk hitte-eiland effect). In natte graslanden kunnen soortspecifieke responsen op klimaatwijzigingen leiden tot een veranderde soortensamenstelling en structuur van de graslandgemeenschap. Een verminderde waterafvoer in rivieren met verminderde overstromingsfrequentie en -duur en verlaagde grondwatertafel in het aangrenzend valleigebied ten gevolge van een verminderde precipitatie, lijkt het meest effect te hebben op overstromingsgraslanden. De gevolgen van klimaatsveranderingen voor natte en vochtige beekdalgraslanden zouden beperkt blijven (Van der Aa, et al., 2015)

Daarnaast lijdt de waterkwaliteit verder onder de hogere temperaturen (>25°C, cfr. VLAREM II). Waterlopen krijgen, behalve met hogere temperaturen en hogere nutriëntenfluxen, af te rekenen met een lagere zomerafvoer en perioden van watertekort, maar ook met hogere piekafvoeren en meer frequente overstorten. De toename van markante eutrofiëringsverschijnselen, zoals algenbloei, zal het sterkst zijn in de trager stromende delen van rivieren en kanalen. Voorkomen en hoeveelheid van invasieve plantensoorten zullen veeleer toenemen. De voorspelde gevolgen voor gebufferde, matig voedselrijke en eutrofe ondiepe meren en plassen omvatten o.a. een negatieve impact op biodiversiteit bij het teloorgaan van de heldere toestand, een minder diverse vegetatie, meer ernstige gevallen van botulisme en een verhoogde verspreiding van ziekten met muggen als vector. (Van der Aa, et al., 2015); Botulisme en blauwalg zijn schadelijk voor de biodiversiteit (en zelfs de mens). Zeker in de warmere binnenstad, waar er een hoge bevolkingsdichtheid is, is er een verhoogd risico. Dit effect is nog niet onderzocht voor de Binnendijle maar lijkt wel van toepassing, temeer daar het water in de Binnendijle zeer traag stroomt.

Tot slot is het niet duidelijk wat het effect is van de veranderende Hydromorfologie en afname van het aantal vorstdagen op de biodiversiteit.

Droogte

De geïdentificeerde natuurgebieden zijn vooral natte gebieden. Deze gebieden zijn van nature minder gevoelig aan droogte. Bij lange periodes van droogte kunnen deze gebieden echter wel verdrogen. Dit kan een zeer grote impact hebben op de lokale fauna (bv. amfibieën, vogels, vlinders,...) en flora. Daarnaast is de stedelijke groene en blauwe (bv. vlietjes) infrastructuur zeer gevoelig aan droogte. Deze flora heeft het sowieso al veel moeilijker om voldoende water te vinden in het stedelijk gebied. Lange periodes van droogte kunnen dan ook zeer schadelijk zijn voor het stedelijk groen en een bijkomende druk zetten op het beschikbare water wanneer ze kunstmatig water krijgen. Droogtestress wordt als een van de grootste risico's van klimaatwijziging voor bossen beschouwd. Ook grondwatergebonden bossen (valleibossen) zijn gevoelig aan verdroging. De gevolgen van een dalend wateraanbod zijn o.a. droogtestress en een verminderde groei. Klimaatwijziging zal ook een invloed hebben op de boomsoortensamenstelling in bossen. Naarmate de verandering ten opzichte van het huidige klimaat groter is, zullen droogtegevoelige soorten het moeilijker krijgen om zich te handhaven en vervangen worden door meer droogteresistente soorten. Voor wat betreft de boomgroei, zijn er zowel positieve als negatieve effecten door klimaatverandering te verwachten. Stijging van de CO₂-concentratie en temperatuurstijgingen zullen de groei in principe doen toenemen, zolang andere standplaatsfactoren niet limiterend werken. Zomerdroogte als gevolg van klimaatwijziging zal negatief effect hebben op de boomgroei. Uit een analyse van de individuele boomgroei in Vlaanderen tijdens de voorbije eeuw, blijkt dat de groei stijgt voor zomereik, tegenover een daling voor beuk (na 1960) en geen wijziging voor den. De wijzigingen bij eik en beuk waren gelinkt aan klimaatfactoren en stikstofdepositie. Beuk behoort volgens heel wat modellen bij de verliezers in zowat alle scenario's van klimaatwijziging en in verschillende Europese landen wordt verwacht dat het belang van deze boomsoort in de toekomst zal afnemen. (Van der Aa, et al., 2015)

Als gevolg van klimaatverandering zal de geschiktheid van de locatie van veel van de huidige habitatvlekken afnemen of op zijn best ruimtelijk verschuiven. Sommige soorten zullen daardoor uit beschermde Natura 2000 gebieden verdwijnen, terwijl nieuwe soorten zich juist zullen willen vestigen als gevolg van de veranderende omstandigheden. Artificiële verandering (antropogene milieudruk, klimaatverandering) betekent in principe verstoring. Generalistische (soorten met een brede ecologische amplitude), voor het natuurbehoud veelal ongewenste storingssoorten zullen derhalve bevoordeligd worden door de klimaatsverandering en zullen een belangrijk aandeel vormen van die zich nieuw vestigende soorten. Als respons op de stijgende temperaturen worden nu al wijzigingen in het verspreidingsgebied van bepaalde soorten vastgesteld, en modelleringen op basis van klimaatveloppes tonen aan dat er nog meer wijzigingen te verwachten zijn (bv Settele et al. 2008). Opdat doelsoorten deze verschuivingen van geschikte habitatvlekken zouden kunnen volgen, is er meer dan ooit nood aan een functioneel netwerk van natuurgebieden, dat migratie van biota in functie van klimaatverandering - en andere aspecten van "global change" - mogelijk maakt. (Van der Aa, et al., 2015)

Verder heeft de waterkwaliteit ook te lijden onder de veranderende neerslagpatronen. Droge periodes zorgen voor meer verontreiniging in de riolering, een verminderde verdunning van de vuilvracht en een verlaging van het zelfreinigend vermogen van de waterlopen.

Tot slot kunnen droogtes in de riolering er ook voor zorgen dat ratten uit de riolering komen en er lokaal een "rattenplaag" kan ontstaan.

Overstroming

De geïdentificeerde natuurgebieden zijn vooral natte en waterrijke gebieden. Deze gebieden zijn minder gevoelig aan kleine overstromingen, maar wel aan grote extreme overstromingen. Het is momenteel onduidelijk in welke mate deze gebieden voldoende vaak gecontroleerd overstromen. Indien deze gebieden lange periodes droog staan kan dit de biodiversiteit schaden en de waterbergingscapaciteit van de bodem verlagen. De natuurgebieden dienen wel verder onderzocht te worden aan de hand van de evaluatiematrix van de Universiteit Antwerpen.

Het toegenomen aantal overstromingen kan een negatieve impact hebben op de waterkwaliteit, door het toegenomen aantal overstorten uit de riolering en de hogere afvoer van pollutanten uit akkers. Dit kan de waterflora – en fauna schaden. Tot slot kunnen overstromingen ook leiden tot een plotse rattenplaag, daar ratten vluchten uit overstromende rioleringen.

De voorspelde toename van de neerslag tijdens de winter zal leiden tot meer frequente en langdurige periodes van waterverzadiging in de bodem, wat resulteert in een verminderde stabiliteit en een kleinere weerstand van de bomen tegen stormwind. Vooral naaldhoutbestanden met fijnspar en douglas blijken windgevoelig te zijn, evenals homogene beukenbestanden, berken- en populierenbestanden. Het toegenomen risico op bosbranden en grootschalige stormschade als gevolg van klimaatwijziging, kan ook leiden tot een verhoogd aanbod aan broedbiotoop voor verschillende potentieel schadelijke bastkevers. Bomen onder stress (bv. droogte) zijn gevoeliger voor ziekten en aantastingen, en sommige plaaginsecten zullen profiteren van de voorspelde klimaatwijziging. Vooral bladluizen, bastkevers, bladwespen, snuitkevers en vlinders waarvan de rupsen in hout leven zouden toenemen. (Van der Aa, et al., 2015)

Ondanks dat de windkracht niet veel verandert, merken we toch meer stormschade in bossen en parken. Dit heeft te maken met 3 factoren :

- Bovenvermelde nattere ondergrond waardoor bomen sneller omvallen in de wintermaanden.
- Bomen/takken die sneller breken doordat ze verzwakt zijn door droogteperiodes in de zomermaanden.
- Een langer bladhoudend seizoen waardoor bomen meer wind vangen.

In het kader van een studie van het INBO werd ook de Dijlevallei stroomopwaarts van Leuven onderzocht. Uit deze casestudie bleek dat vooral meer frequente overstromingen en daling van het grondwater een verschuiving vna soorten tot gevolg hebben. (Van der Aa, et al., 2015)

III. Conclusie

Als gevolg van klimaatverandering zal de geschiktheid van de locatie van veel van de huidige habitatvlekken afnemen of op zijn best ruimtelijk verschuiven. Sommige soorten zullen daardoor uit beschermde Natura 2000 gebieden verdwijnen, terwijl nieuwe soorten zich juist zullen willen vestigen als gevolg van de veranderende omstandigheden.

Klimaatverandering kan een negatieve impact hebben op de lokale biodiversiteit in Mechelen. Mechelen is bovendien een sterk verstedelijkt gebied waar er reeds veel druk op ruimte is vanuit bebouwing en landbouw. Dit vormt een bedreiging voor natuurlijke habitats die ecosysteemdiensten leveren. Zo staat het stedelijk groen erg onder druk door klimaatverandering daar dit groen reeds zeer kwetsbaar is voor droogte en extreme hitte (stedelijk hitte-eiland), vooral in het vegetatie seizoen. Anderzijds lijkt de aard van de natuurreservaten (natte gebieden) wel weerbaar te zijn tegen extreme hitte, droogte en overstromingen, al is hier onvoldoende informatie over beschikbaar. Dit neemt verder niet weg dat de natuur en biodiversiteit onder druk staan door soorten die migreren omwille van klimaatverandering.

Bovendien zet klimaatverandering een grote druk op de waterkwaliteit (vooral in de zomer). Het is tot slot onduidelijk welke impact klimaatverandering heeft op 'hinderlijke' soorten zoals wespen, vliegen en inheemse muggen (Natuurpunt, 2019). Uitheemse 'hinderlijke' soorten migreren naar Europa (bv. de ziekteverspreidende tiggermug). Er kan ook een verhoogd aantal rattenplagen zijn door klimaatverandering.

Impacted Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	Timeframe	Impact-related indicators
<u>Environment & Biodiversity</u>	Verdroging stedelijk groen	Likely	Low	Current	% verlies groene gebieden
<u>Environment & Biodiversity</u>	Migratie soorten	Possible	High	Long-term	Aantal soorten
<u>Environment & Biodiversity</u>	Water kwaliteit	Likely	Moderate	Short-term	*Dagen met watert° boven 25°C. *Waterkwaliteitsindicator (VMM)

Tabel 30: impact op biodiversiteit – SECAP template

J. Gezondheid

I. Definitie CoM

Geografische verspreiding van dominante pathologieën, informatie over het welzijn van mensen met een (in)directe link naar de kwaliteit van de leefomgeving. Dit omvat ook de diensten en infrastructuur van de gezondheidszorg.

II. Lokaal beschikbare gegevens

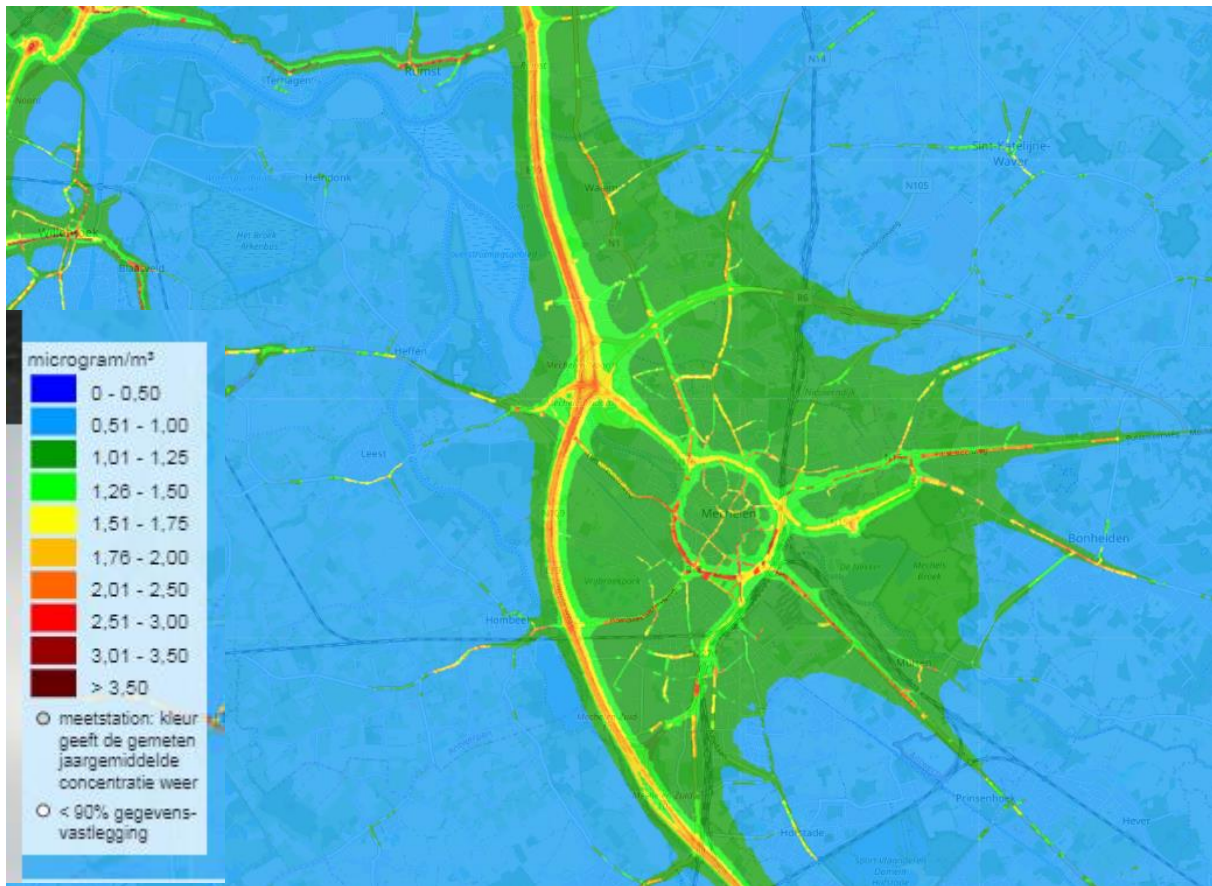
Extreme hitte

Hitte heeft een zeer directe invloed op de gezondheid van de bevolking. Tijdens de recente hittegolven werd een oversterfte vastgesteld onder de bevolking en vooral bij risicogroepen (vooral ouderen). Het merendeel van deze overlijdens is toe te schrijven aan cardiovasculaire en respiratoire aandoeningen. Deze tendensen zijn op Vlaams niveau statistisch significant. Er zijn geen lokale (Mechelse) data om dit effect lokaal te staven. Hierbij dienen wel drie kanttekeningen gemaakt te worden. Vooreerst wordt de oversterfte sterk beïnvloed door de impact van oversterfte tijdens de griepperiode in de winter. Indien er een hoge oversterfte is in de winter door de griep, daalt de oversterfte

in de zomer door de hitte. Anderzijds is er ook een 'oogsteffect' bij hittegolven. Het gaat hier om overlijdens waarvan het tijdstip door de hitte 'slechts' een aantal dagen, weken of maanden is vervroegd. (ZonMw, 2019). Volledigheidshalve vermelden we hier ook de invloed van de relatieve vochtigheid op de hittestress. Een hoge vochtigheid zorgt ervoor dat mensen sneller hittestress ervaren. Op dat moment wordt het lichaam minder goed afgekoeld door transpiratie omdat het zweet moeilijker verdampt. Hitte blijkt ook een impact te hebben op vroeggeboorte. In 2016 konden onderzoekers aantonen dat hittegolven niet enkel leiden tot vroegtijdige overlijdens, maar dat hoge omgevingstemperaturen ook leiden tot significant meer vroeggeboortes (geboorte na 36 weken of minder zwangerschap) in Vlaanderen. Vroeggeboorte is in Westerse landen niet enkel de belangrijkste doodsoorzaak voor pasgeboren kinderen, maar kinderen die toch weten te overleven blijken er zelfs tot op volwassen leeftijd gezondheidseffecten van te ondervinden. (VMM)

Naast deze directe impact, werkt hitte ook door op gezondheid via het verslechteren van de luchtkwaliteit, de hogere blootstelling aan UV-stralen en de verhoogde pollenproductie. De veranderingen in de luchtkwaliteit hebben bijna uitsluitend effecten op de volksgezondheid. Klimaatverandering zal de luchtkwaliteit verslechteren, zeker in steden en andere dichtbevolkte gebieden. Dit is te wijten aan het verminderen van processen die verontreiniging uit de lucht halen (bv. dispersie en neerslag), stijgende temperaturen en door veranderende chemische processen. De veranderingen zijn momenteel zelfs al zichtbaar met stijgingen van de bevolkingsgemiddelde fijn stof en ozon concentraties wanneer het pre-industriële en huidige klimaat met elkaar vergeleken worden. Europese studies voorspellen een stijging van het aantal sterfgevallen met 15-20% in België. (Sumaqua, 2019) De huidige kaarten tonen aan dat dit probleem zich vooral situeert in het stedelijk gebied en met name rond de grote verkeersaders (autosnelweg, ringweg en grote invalswegen). Ter illustratie wordt de kaart met de concentratie Black Carbon weergegeven, maar de fijn stofconcentratie en stikstofdioxide concentratie volgen een gelijkaardig patroon.

Ook wordt er een toename van ziekten verwacht die gerelateerd zijn aan een verhoogde blootstelling aan schadelijke UV-stralen. Dit komt omdat mensen langer buiten blijven door de aangename temperaturen. De verwachte groei van het toerisme versterkt dit effect. Verwacht wordt dat de pollenproductie van planten verhoogt en dat het pollenseizoen wordt verlengd door de klimaatverandering. Ook zal de lucht minder gezuiverd worden wanneer het 's zomers minder zal regenen, waardoor mensen langere periodes blootgesteld worden aan lucht met veel pollen. Mensen, die niet gevoelig waren aan pollen van de oorspronkelijke vegetatie, zijn misschien wel gevoelig aan pollen van de nieuwe soorten die zich hier zullen vestigen. Daarnaast bestaat de kans dat men door lange tijd blootgesteld te worden aan 'vervuilde' situaties op termijn gevoeliger wordt aan pollen. Verwacht wordt dat de impact van de veranderende smog en fijn stof concentraties veel groter zal zijn dan die van de veranderde aanwezigheid van pollen. (Sumaqua, 2019)



Figuur 77: Black Carbon in Mechelen 2017 (Bron: (VMM))

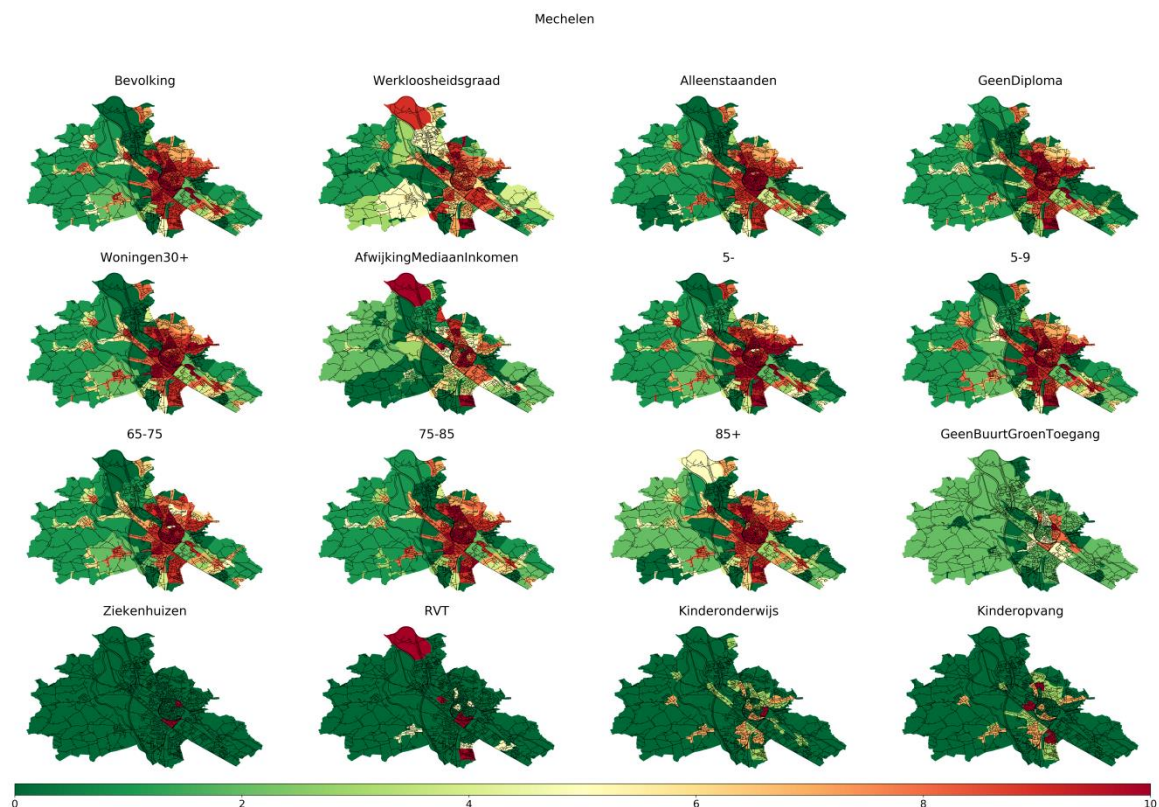
Hitte kan ook een invloed hebben op ziekteverzuim en het verlaagt de arbeidsproductiviteit. Ook bij grote evenementen in de buitenruimte kan hitte een risico vormen. Klachten bij hitte zijn concentratieproblemen, lusteloosheid, huiduitslag, zonnebrand, uitdroging, gezwollen ledematen, hittekrampen, hitte-uitputting, zonnslag of zelfs hitteberoerte (kan tot de dood leiden). Ook de verhoogde ozonconcentraties bij hitte kunnen leiden tot klachten aan de luchtwegen, ogen en hoofdpijn. (Zorg en gezondheid, 2019) Tot slot kan hitte ook zorgen voor psychologische welzijnsproblematieken (bv. agressie).

Daarnaast zijn er ook bijkomende maatregelen nodig in ziekenhuizen, kinderdagverblijven en woonzorgcentra tijdens periodes van hitte. Dit om het thermisch comfort van de patiënten/bewoners te optimaliseren. De ziekenhuizen (Sint-Maarten en Imelda) zijn buiten de stad gelegen, het stedelijk hitte-eiland effect speelt hier dus geen rol. Een aantal woonzorgcentra en kinderdagverblijven zijn echter wel in de stad gelegen. Deze kunnen dus mogelijks een groter risico op hitte lopen. Zoals boven geschetst zijn bijna alle kwetsbare instellingen echter vatbaar voor hittestress vanaf 2030.

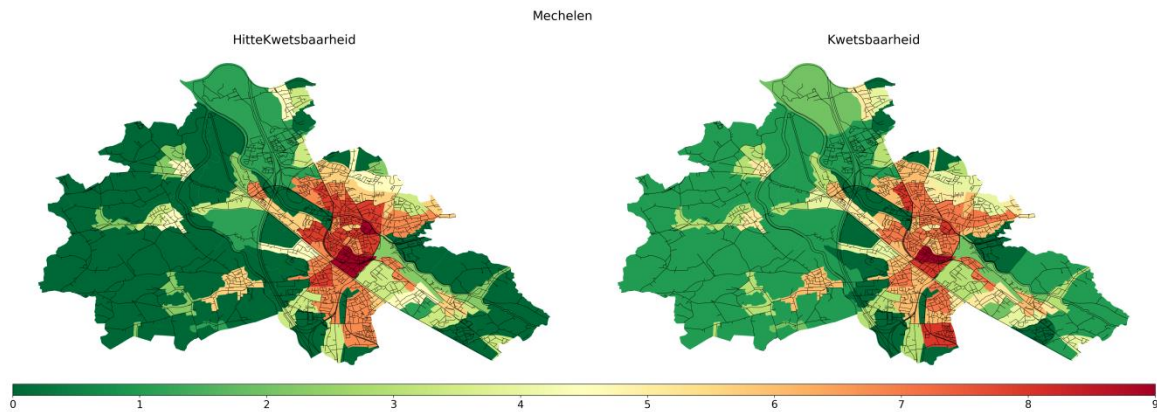
Tot slot zorgt extreme hitte ook voor een veranderende leefomgeving. Zo kan extreme hitte zorgen voor een explosieve groei van blauwalg in het water. Deze kan diverse klachten veroorzaken bij mensen die ermee in contact komen (bv. zwemmers). Ook zorgt het warmere klimaat er voor dat nieuwe insecten deze gebieden bevolken. Deze insecten kunnen nieuwe infectieziekten overdragen (bv. tijgermug (EOS wetenschap , 2019).

LOGO Mechelen maakte in 2019 een hittekwaetsbaarheidskaart op voor Mechelen op het niveau van de statistische sector. Bij de opmaak van deze kaart wordt rekening

gehouden met de bevolkingsdichtheid, inkomen, scholing, gezinssituatie en leeftijd van de woning. Ook de aanwezigheid van groene ruimte, woonzorgcentra en ziekenhuizen wordt in rekening gebracht. Uit deze kaart blijkt dat vooral het stedelijke gebied extra kwetsbaar is voor hitte. In combinatie met bovenstaande informatie vallen hier zeker de kwetsbare wijken (Oud-oefenplein, Sociale woningen Tervuursesteenweg en Bethaniënpolder) op



Figuur 78: 16 parameters voor hittekwaetsbaarheid (Bron: (VITO, 2019))



Figuur 79: hittekwaetsbaarheid Mechelen (Bron: (VITO, 2019))

Droogte

Droogte heeft op korte termijn een lage invloed op de volksgezondheid. Wanneer echter de drinkwatervoorziening (schaarste) in het gedrang komt, heeft dit uiteraard een impact op de volksgezondheid. Daarnaast kan droogte er ook voor zorgen dat ratten de riolering verlaten en lokaal voor een rattenplaag zorgen.

Overstroming

Er is weinig informatie beschikbaar over overstromingsdieptes en snelheden. De gemiddelde overstromingsdiepte in 2100 lijkt te stijgen van 38 cm naar 60 cm. Dit wordt niet ingeschaald als gevaarlijke overstromingen. Naast het directe gevaar voor de volksgezondheid, kan ook in de periode na de overstroming een gezondheidsrisico blijven bestaan. Zo kan de overstroming zorgen voor microbiële, chemische en radioactieve contaminatie (slib) op het openbaar domein, in woningen, in moestuinen, in akkers en weiden,... Ook de kwaliteit van de drinkwatervoorziening kan een risico lopen. Er is echter geen Vlaamse en lokale data over ziekte en stres bij overstromingen. Tot slot kan een overstroming er ook voor zorgen dat ratten de riolen en waterlopen verlaten. Ratten zijn een bedreiging voor de volksgezondheid, daar ze verschillende ziektes kunnen verspreiden. Zoals boven geschetst loopt vooral het stedelijk gebied, en zeker de wijk Nekkerspoel een verhoogd risico op overstroming. Tot slot zijn zoals boven geschetst meer dan een vierde van de kwetsbare instellingen bedreigd door overstroming in 2100. Hierbij dient er extra aandacht te zijn voor het ziekenhuis Sint-Maarten, daar hier mogelijk een verhoogd risico op overstroming is en er mogelijk kritische infrastructuur ondergronds geplaatst is.

III. Conclusie

Hitte vormt de grootste bedreiging voor de volksgezondheid door klimaatverandering. Niet alleen is er oversterfte tijdens hittegolven bij kwetsbare groepen (vooral ouderen), de bevolking ondervindt ook diverse gezondheidsklachten door hitte. Daarnaast vormen overstromingen op lange termijn ook een risico voor de volksgezondheid door het potentieel gecontamineerde slib.

Impacted Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	<u>Timeframe</u>	Impact-related indicators
<u>Health</u>	Oversterfte door hitte	Likely	High	Current	Statistiek oversterfte door hitte
<u>Health</u>	Ziekteverzuim door hitte	Likely	Moderate	Current	Steekproef ziekteverzuim door hitte
<u>Health</u>	Disease rate by flooding	Unlikely	Low	Long-term	Steekproef ziekteverzuim door hitte

Tabel 31: Impact op gezondheid – SECAP template

K. Civiele bescherming en noodgevallen

I. Definitie CoM

De werking van de civiele bescherming en nooddiensten door of vanwege de overheid. Dit omvat het verminderen van het risico op lokale rampen en rampenplanning (bv. capaciteitsopbouw, coördinatie, materiaal, noodplanning,...)

II. Lokaal beschikbare gegevens

Extreme hitte

Gezien de grote impact van hitte op volksgezondheid en de lage mate waarin het patrimonium aangepast is aan extreme hitte is er een grote nood aan een planning hieromtrent. Enerzijds dient er ingezet te worden op het preventief informeren van de bevolking en het verminderen van het risico door gebouwen aan te passen. Anderzijds dient er tijdens hittegolven ingezet te worden op het informeren van de bevolking en het aanbieden van voldoende verkoelende plaatsen en water. Hierbij dienen zeker de zorginstelling verkoelende maatregelen te treffen. De diensten dienen ook een verhoogde paraatheid te hebben om op te treden bij hitte. Het is echter niet duidelijk in welke mate hittegolven een verhoogde druk meebrengen voor gezondheidsdiensten.

Droogte

De droogte kan een grote impact hebben op de waterbeschikbaarheid. Hoewel de provincie over grote voorraden aan kwalitatief ondergronds drinkwater beschikt, dient er toch voldoende ingezet te worden op het preventief informeren van de bevolking over het spaarzaam omgaan met (drink)water. Daarnaast dienen ook de captatie- en sproeiverboden tijdig te worden ingesteld om de watervoorraden te sparen. Mogelijks dient er ook een verhoogde alertheid en paraatheid te zijn voor brandgevaar (zie boven). In de recente hittegolven bleek er op het eerste zicht geen verhoogd aantal brandmeldingen. Dit dient echter verder onderzocht te worden in samenwerking met de brandweer.

Overstroming

Overstroming lijkt de grootste druk te leggen op de nooddiensten. Een lokale overstroming vraagt immers de inzet van de verschillende hulpdiensten (brandweer, civiele bescherming, ziekenhuizen, politie,...) op een zeer korte termijn. Deze diensten dienen maximaal op elkaar ingespeeld te zijn en correct te reageren. Het (boven)lokale bestuur kan deze coördinatie op zich nemen. Bovendien kunnen overstromingen mogelijks deels voorspeld worden op basis van water- en neerslagmodellen. Dit kan het

werk van de hulpdiensten verbeteren, daar er dan kan geanticipeerd worden op rampen. Klimaatverandering kan zorgen voor een toename van de intensiteit en frequentie van overstromingen. Dit kan een verhoogde druk op deze diensten leggen.

III. Conclusie

Op het grondgebied lijken vooral de toename van de intensiteit en frequentie van extreme hitte en overstroming een druk te leggen op de hulpdiensten. Extreme hitte vergt de inzet op grootschalige sensibilisatie en het voorzien van koele plaatsen. Het is onduidelijk wat de impact van extreme hitte op de gezondheidsdiensten is. Dit effect kan in de toekomst mogelijks onderzocht worden aan de hand van de databanken van de urgentiedienst van de ziekenhuizen en nieuwe dataverzameling bij huisartsen (Integoproject). Anderzijds zorgen overstromingen voor een onmiddellijke vraag naar de verschillende hulpdiensten

Impacted Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	<u>Timeframe</u>	Impact-related indicators
<u>Civil Protection & Emergency</u>	Verhoogde inzet door overstroming	Likely	High	Long-term	Aantal interventies voor overstroming
<u>Civil Protection & Emergency</u>	Verhoogde druk op gezondheidsdiensten	Possible	Moderate	Short-term	Aantal ziekenhuisopnames door hitte

Tabel 32: Impact op hulddiensten – SECAP template

L. Toerisme

I. Definitie CoM

Activiteiten van personen die reizen naar en verblijven op plaatsen die niet hun gewoonlijke omgeving zijn voor een periode niet langer dan 1 jaar met als reden ontspanning, zaken of andere doelen. De activiteit mag niet vergoed worden door de plaats die bezocht wordt.

II. Lokaal beschikbare gegevens

Het toerisme in de steden zal minder invloed ondervinden van de klimaatwijziging dan aan de kust. Bij het kiezen van de citytripbestemming is aangenaam weer mooi meegenomen maar geen absolute voorwaarde. Niet stadsgericht toerisme (wandelen en fietsen) is wel weersgevoelig maar betreft vooral de binnenlandse markt. Het voor- en najaar zullen de beste periodes blijven voor deze vakanties.

De Tourism Climate Index (TCI) geeft een indicatie van de aantrekkelijkheid van een bepaald gebied, voor toeristen, aan de hand van een getalwaarde tussen 0 en 100. Hoe hoger deze score, hoe groter de kans dat het gebied toeristen zal aantrekken. Bij het berekenen van de index houdt men rekening met de volgende aspecten: thermisch comfort tijdens de dag, gemiddelde dagelijkse temperatuur en vochtigheid, totale regenval per maand, totaal aantal uren zonneschijn per dag en de windsnelheid. Voor de zomermaanden juni, juli en august wordt voor Vlaanderen een zeer goede score (70-80) voorspeld voor de periode 2070-2100. Dit is het gevolg van de stijgende temperaturen en langere droge periodes. Men kan dus verwachten dat de stad Mechelen in de

toekomst nog meer toeristen zal aantrekken. Dit wordt bovendien versterkt doordat het zuiden van Europa met oncomfortabel hoge temperaturen zal kampen, waardoor mensen minder geneigd zijn om daar op vakantie te gaan. Wanneer het echter te warm wordt in de binnenstad, o.a. als gevolg van het hitte eiland effect, dan zullen toeristen eerder naar andere gebieden trekken om daar verkoeling te zoeken. (Sumaqua, 2019)

Extreme hitte

Lange periodes van hitte doen de nood aan recreatie en recreatie bij water toenemen. Dit brengt een verhoogde druk op recreatiegebieden, zwemwateren en toeristische gebieden. Het is onduidelijk wat de impact van extreme hitte is op toerisme in de binnenstad. Mogelijks verschuift het toerisme naar meer koele zones (groene zones, zwemwateren en gekoelde binnenruimtes). Let op, de verhoogde druk op zwemwateren kan gecombineerd worden met een explosieve groei van blauwalgen wat de wateren ontoegankelijk maakt.

Droogte

Het is onduidelijk wat het effect van droogte op toerisme kan zijn. Er wordt gewerkt met verschillende brandfases in de natuurgebieden (groen – geel – oranje – rood). Door droogte kunnen de natuurgebieden in Mechelen brandfase rood krijgen. Hierdoor wordt de toegang tot de gebieden afgeraden. Dit valt vaak samen met periodes waarin er veel vraag is naar koele ruimtes.

Daarnaast kunnen waterlichamen ook droog komen te liggen en geurhinder veroorzaken.

Tot slot is er ook een impact van droogte op de pleziervaart. Door droogte en beperkte watervoorraden zal het aantal schuttingen van de sluizen beperkt worden, om de waterverliezen te limiteren. Concreet betekent dit dat slechts een beperkt aantal keren per dag geschut wordt, of dat dit samen met de beroepsvaart moet gebeuren. In beide gevallen zal dit leiden tot lange wachttijden. Indien dit fenomeen zich meer frequent gaat voordoen, kan gevreesd worden voor het verschuiven van de pleziervaart. Het is echter niet duidelijk of de grote impact van dit fenomeen in de kustregio een bijkomende druk zal leggen op de huidige jachthaven in Mechelen of de activiteit in deze haven net zal verminderen door het hoger aantal schuttingen. Dit effect heeft een grote impact, daar momenteel het plaatsen van een nieuwe jachthaven aan de Ragheno site wordt onderzocht. (Sumaqua, 2019)

Overstromingen

Overstromingen maken toerisme lokaal zeer moeilijk of onmogelijk. Dit lijkt vooral een impact te hebben voor de overstromingen in de zomer (pluviale overstromingen) bij intensieve regenbuien. De twee voornaamste recreatiegebieden op het grondgebied (provinciale domeinen De Nekker en het Vrijbroekpark) liggen bovendien beiden in overstromingsgevoelig gebied.

III. Conclusie

Klimaatverandering kan de vraag van toerisme en de druk van toerisme op het grondgebied doen toenemen. Bovendien kan in periodes van extreme hitte er een grote druk ontstaan op blauwe en groene recreatiegebieden. Deze gebieden lopen in deze periode extra risico op blauwalg, overstromingen en brand. In de winter 'beperkt' het risico zich tot overstromingen.

Impacted Policy Sector	Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	<u>Time frame</u>	Impact-related indicators
<u>Tourism</u>	Verhoogde vraag naar groenblauwe infrastructuur	Likely	Low	Short-term	Aantal bezoekers recreatiegebieden
<u>Tourism</u>	Verhoogde kwetsbaarheid van groenblauwe recreatie	Possible	Low	Medium-term	Aantal dagen ongewilde sluiting.

M. Economie

I. Definitie CoM

Deze sector wordt niet aangeleverd door de Covenant of Mayors. Deze werd apart toegevoegd door de stad Mechelen.

II. Lokaal beschikbare data

Extreme hitte

Lokale bedrijven worden geconfronteerd met extreme hitte. Vooreerst heeft dit een impact op de productiviteit van de werknemers in niet-aangepaste gebouwen (geen koeling). In sommige sectoren kan de hitte zelfs leiden tot het stilvallen van de economische activiteit. Bovendien zijn veel bedrijven verweven in het stedelijke gebied en ondervinden ze dus mogelijks de impact van het stedelijke hitte-eiland. Het is niet duidelijk in welke mate dit stedelijk hitte-eiland een impact heeft op de bedrijventerreinen.

Droogte

Droogte heeft vooral een impact op landbouwondernemingen en ondernemingen die afhankelijk zijn van grondwaterwinningen. Een eerste verkenning toont aan dat de landbouw nu reeds geconfronteerd wordt met de impact van droogte (zie boven). Daarnaast blijkt dat ondernemingen die voor de productie afhankelijk zijn van (grond)water, vaak geen alternatieve waterbron ter beschikking hebben.

Overstroming

Overstromingen kunnen een zeer grote impact hebben op ondernemingen (zie bovenstaande sectie gebouwen). Voor een gedetailleerde analyse van de impact van overstromingen op bedrijventerreinen verwijzen we naar het Hemelwaterplan van Mechelen. Hieruit blijkt dat er nu reeds wateroverlast is op deze terreinen. Zonder adaptieve maatregelen, kan deze wateroverlast toenemen door de extreme neerslag.

III. Conclusie

Klimaatverandering heeft een impact op ondernemingen op het grondgebied. De impact op landbouw wordt hoger besproken. Ook andere ondernemingen ondervinden hinder door een daling van de arbeidsproductiviteit en door het risico op overstromingen in de bedrijfsgebouwen.

Een bijkomende studie kan een aantal sectoren identificeren die extra kwetsbaar zijn voor klimaatverandering. Deze kunnen dan ruimtelijk gesitueerd worden. Daarnaast kan

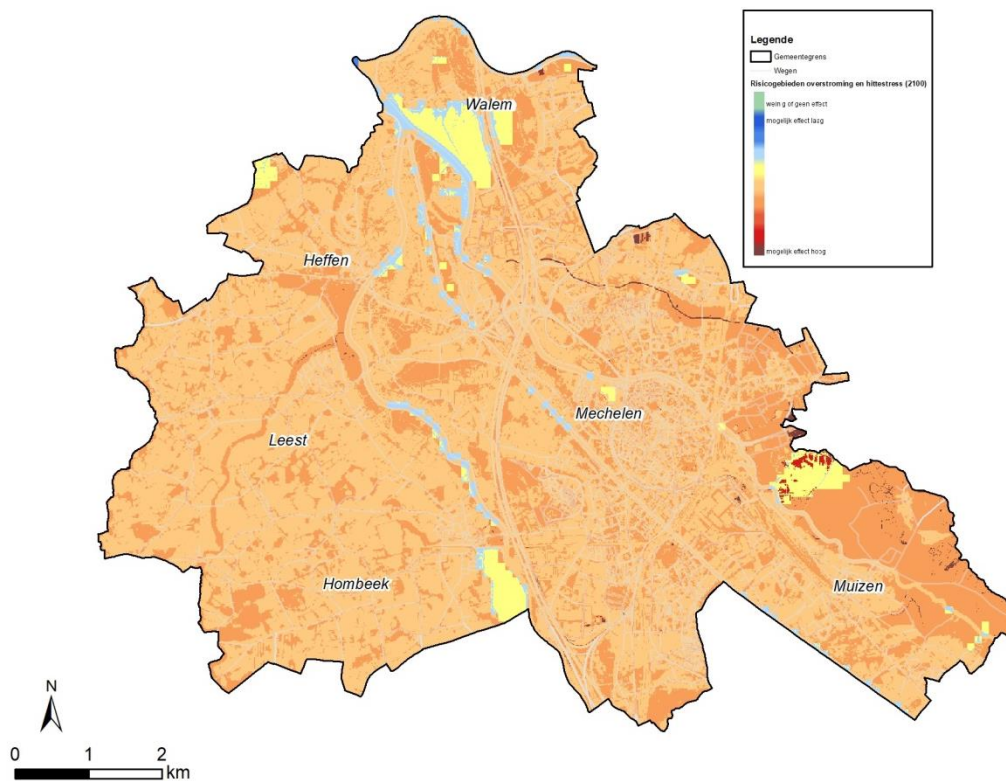
er gekeken worden in welke mate de 10 grootste bedrijven (aantal werknemers) bestand zijn tegen klimaatverandering. Dit vergt een studie in de diepte met interviews ter plaatse.

Impacted Policy Sector		Expected Impact(s)	Likelihood of Occurrence	Expected Impact Level	<u>Timeframe</u>	Impact-related indicators
<u>Oth</u> <u>er</u>	Economie	Daling arbeidsproductiviteit door hitte	Likely	Moderate	Current	Aantal hittegolf dagen

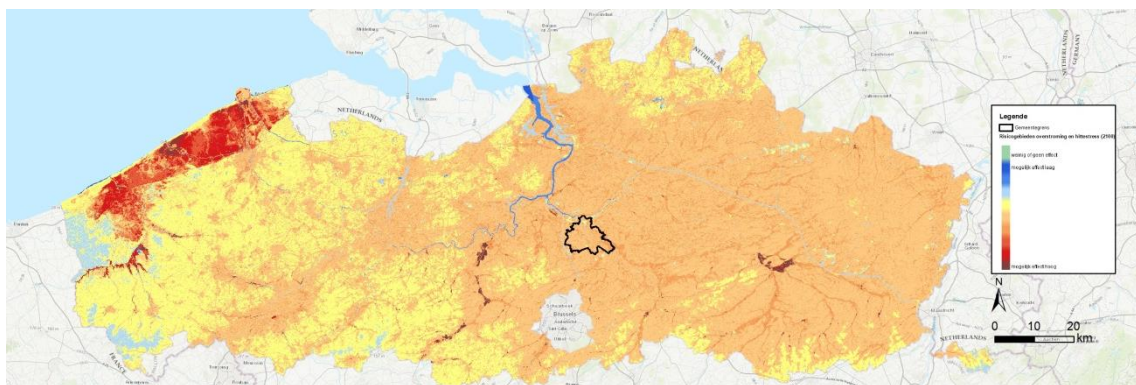
Tabel 33: impact op economie - SECAP template

N. Conclusie klimaatimpact

Uit bovenstaand blijkt dat het grondgebied op verschillende manieren kan beïnvloed worden door klimaatverandering zowel op korte als lange termijn. Hierbij valt op dat op korte termijn vooral de droogte en hitte een risico vormen voor oversterfte (bij kwetsbare groepen), productie (ook arbeidsproductiviteit), nood aan koeling en (stedelijk) groen. Op (middel)lange termijn vormen overstromingen, droogte en hitte dan weer een risico voor de (transport)infrastructuur, drinkwatervoorziening, energie-infrastructuur, volksgezondheid en natuur (migratie soorten en waterkwaliteit). Dit zorgt ook voor een bijkomende druk op de hulpdiensten. Hierbij dient onderlijnd te worden dat het stedelijke gedeelte van het grondgebied hierbij extra kwetsbaar is door het hitte-eiland effect en de kwetsbare aard van de bevolking (zeker in de sociale woonwijken). De VMM (VMM, Klimaatportaal) concludeert ook dat klimaatverandering een 'gemiddeld' effect op het grondgebied kan hebben met een duidelijk verhoogde impact langs de rivieren (Dijlevallei), de zuidelijk rand van de dorpskern van Heffen en het stedelijke gebied. Hiermee nemen we een gemiddelde positie in Vlaanderen.



Figuur 80: Overstroming en hittestress Mechelen (VMM, Klimaatportaal)



Figuur 81: Overstroming en hittestress Vlaanderen (VMM, Klimaatportaal)



Conclusie

6. Conclusie

De impact van klimaatverandering is moeilijk te voorspellen en de voorliggende studie beoogt zeker niet om een exhaustief overzicht te geven van de impact van klimaatverandering op Mechelen. Zo wordt er bijvoorbeeld niet ingegaan op de impact van mondiale risico's (bv. stilvallen warme golfstroom) of tendensen (bv. klimaatvluchtelingen, voedselschaarste en bedreigde nucleaire installaties) op het grondgebied. Dit betekent geenszins dat deze thema's niet relevant zijn, maar ze overstijgen de scope van deze lokale studie. Desalniettemin worden toch een aantal concrete gevolgen van klimaatverandering duidelijk.

Klimaatverandering zet zich in Mechelen op 3 manieren door: extreme hitte, droogte en overstromingen (stedelijke wateroverlast en rivieroverstromingen). Deze veranderingen zetten zich door op korte (hitte en droogte) en middellange termijn (overstromingen). Andere risico's (bosbranden, storm en grondverschuiving) zijn minder van toepassing.

In het oostelijke, verstedelijkte gebied is er een hoge bevolkingsdichtheid. Deze bevolking is bovendien economisch (sociale woonwijken) en fysisch (leeftijd) extra kwetsbaar voor klimaatverandering in sommige wijken. Het stedelijke gebied (en de dorpskernen) huizen een groot aantal kwetsbare instellingen (scholen, woonzorgcentra en kinderdagverblijven) en ondernemingen. Deze zones zijn dus ook extra kwetsbaar. De hoge economische - en bevolkingsdruk op ruimte versterkt bovendien de effecten van klimaatverandering. Zo koelen de dense stedelijke gebieden moeilijker af en worden lokaal temperatuurverschillen opgenomen tot 7°C tussen het landelijke buitengebied en de binnenstad. Ook de hoge graad van verharding draagt bij tot de droogte (water kan immers niet meer infiltreren en watert af via waterlopen).

In het westelijke, landelijke gedeelte van het grondgebied bevinden zich drie dorpskernen (hombeek - heffen - Leest). De dorpskernen volgen in beperkte mate de verhoogde kwetsbaarheid van het stedelijke gebied. Verder wordt het landelijke gedeelte vooral getypeerd door een grote aanwezigheid van landbouw en open ruimte. Dit verlaagt de kwetsbaarheid van dit gebied, al dient er wel extra aandacht te zijn voor de impact van droogte en overstromingen op landbouwproductie.

Klimaatverandering resulteert in 20 concrete potentiële gevolgen op het grondgebied op korte en lange termijn. Op korte termijn vormen vooral de droogte en hitte een risico vormen voor oversterfte (bij kwetsbare groepen), (landbouw)productie en stedelijk groen. Op (middel)lange termijn vormen overstromingen, droogte en hitte dan weer een risico voor de (transport)infrastructuur, volksgezondheid en natuur. Hierbij dient onderlijnd te worden dat het stedelijke gedeelte van het grondgebied hierbij extra kwetsbaar is door het hitte-eiland effect en de kwetsbare aard van de bevolking (zeker in de sociale woonwijken).

Op verschillende terreinen is er nog onvoldoende (kwantitatieve) data beschikbaar of is verdere studie nodig. Hierbij kan gedacht worden aan fijnmazige temperatuur, grondwater - en neerslagdata, inventarisatie van kwetsbare (energie)infrastructuur, kwetsbaarheidsanalyse op wijkniveau, lokale gezondheidsdata, lokale data over habitats, waterkwaliteit en soorten, een analyse van de grondwatervergunningen en -peilen, de klimaatrobustheid van het gebouwenpatrimonium, het Vlaamse afschakelplan water, de klimaatrobustheid van ondernemingen, overstromingskaart met/zonder klimaatverandering voor lagere terugkeerperiodes dan T1000 (en de aangroei van de overstroombare oppervlakte), beheer van grachten, de werking van de overstorten,...

7. Glossarium

DOV: Databank Ondergrond Vlaanderen

GRB: Grootchalig referentiebestand

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

LOGO Mechelen: Lokaal GezondheidsOverleg Mechelen

PET: Potentiële EvapoTranspiratie

RCP: Representatie Concentration Pathway

TAW: Tweede Algemene Waterpassing

VITO: Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek

VLM: Vlaamse Landmaatschappij

VLAGG: Vlaamse afstromingsgevoelige gebieden

VMM: Vlaamse Milieu Maatschappij

8. Referenties

- Agentschap voor Natuur en Bos . (sd). *Natuurgebieden*. Opgeroepen op 10 31, 2019, van Geopunt : www.geopunt.be
- Agentschap voor Natuur en Bos. (2019). *brandprevenite*. Opgeroepen op 2019, van Natuur en Bos: <https://www.natuurenbos.be/brandpreventie-natuur-en-bosgebieden-op-basis-van-kleurcodes>
- Agentschap Zorg en Gezondheid. (2019). Opgeroepen op 10 30, 2019, van Kwaliteit zwemwater: <https://kwaliteitzwemwater.be/nl>
- ARISCC. (2019). Opgeroepen op 08 20, 2019, van ARISCC: www.ariscc.org
- Coen, L., Peeters, P., Plancke, Y., & Mostaert, F. (2011). *Vervolgstudie inventarisatie en historische analyse van slikken en schorren langs de Zeeschelde: Ondersteunende numerieke 1D-modellering. Versie 3_0. WL Rapporten, 713_21*. Antwerpen, België.: Waterbouwkundig laboratorium.
- De Boosere, F. (2019). Opgeroepen op 07 31, 2019, van Frank De Boosere.be: <https://www.frankdeboosere.be/klimaatukkel/tropischedagen.php>
- De Bruyn, L. G. (2007). Klimaatverandering. In D. M, & L. D., *Natuurrapport 2007. Toestand van de natuur in Vlaanderen: cijfers voor het beleid*. Brussel : Mededelingen van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek nr. 4.
- De Ridder, K., Maiheu, B., Wouters, H., & Van Lipzig, N. (2015). *Indicatoren van het stedelijk hitte-eiland in Vlaanderen, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2015/05, VITO* .
- De Vlaamse Waterweg. (2017, januari). *Statistisch verslag De Vlaamse Waterweg*. Opgeroepen op 10 2019, 30, van https://www.vlaamsewaterweg.be/sites/default/files/201701_statistisch_verslag_dvw.pdf
- deVolkskrant. (2018, November 19). Opgeroepen op 8 16, 2019, van Volkskrant: <https://www.volkskrant.nl/nieuws-achtergrond/ook-zonder-palenpest-scheuren-woningen-door-lage-grondwaterstand~b4230adc/>
- ELIA. (2019). *Ons net* . Opgeroepen op 2019, van Elia: <https://www.elia.be/nl/infrastructuur-en-projecten/ons-net>
- EOS wetenschap . (2019, 07 11). *Klimaatverandering duwt tropische ziektes onze richting uit*. Opgeroepen op 08 23, 2019, van EOS wetenschap: <https://www.eoswetenschap.eu/gezondheid/klimaatverandering-duwt-tropische-ziektes-onze-richting-uit>
- Eurostat. (2017). Opgeroepen op 08 8, 2019, van Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/product/view/tps00003?lang=en>
- Fluvius. (sd). *Energieschaarste*. Opgeroepen op 10 31, 2019, van Fluvius : <https://www.fluvius.be/nl/thema/energieschaarste>

- Gent. (2016). *Werken naar een klimaatrobuuste stad - Gents klimaatadaptatieplan 2016-2019*.
- Geopunt. (sd). *Geopunt*. (V. overheid, Producent) Opgeroepen op 10 31, 2019, van Geopunt: www.geopunt.be
- Hoge Gezondheidsraad. (2000). *Hygiënische maatregelen bij overstroming*.
- IDEA Consult . (2018). *Bedrijfsbeleid MEchelen en Gebiedsontwikkeling Ragheno*.
- Informatie Vlaanderen . (sd). *Grootschalig Referentiebestand - Informaite Vlaanderen* . Opgeroepen op 10 31, 2019, van Geopunt : www.geopunt.be
- KMI. (sd). *WeerWoorden*. Opgeroepen op 07 30, 2019, van KMI: <https://www.meteo.be/nl/info/weerwoorden>
- Mechelen. (2019). *Mechelen in cijfers* . Opgeroepen op 08 12, 2019, van <https://mechelen.incijfers.be/jive>
- Natuurpunt. (2019). Opgeroepen op 8 22, 2019, van Natuurpunt : <https://www.natuurpunt.be/nieuws/dit-zijn-de-5-grootste-misverstanden-over-wespen-20190605>
- OECD/European Observatory on Health Systems and Policies. (2017). *België: Landenprofiel Gezondheid 2017, State of Health in the EU*. Brussels: OECD Publishing, Paris/European Observatory on Health Systems and Policies.
- Provincie Antwerpen. (2016). *Provinciaal Klimaatadaptatieplan*. Provincie Antwerpen.
- Rijksregister. (sd). *SWING*. Opgeroepen op 10 31, 2019, van provincies.incijfers.be: www.provincies.incijfers.be
- Samenlevingsopbouw Antwerpen provincie vzw. (2012). *Aandachtsbuurten Mechelen*.
- Stad Mechelen . (sd). *Mechelen*. Opgeroepen op 10 31, 2019, van Mechelen: www.mechelen.be
- Sumaqua. (2018). *Impact van klimaatverandering op rioleringen. Studie uitgevoerd door Sumaqua in opdracht van VLARIO, 33p*.
- Sumaqua. (2019). *Risico- en kwetsbaarheidsanalyse voro de historische binnenstad van Brugge onder klimaatverandering* .
- Sweco. (2019). *Hemelwaterplan Mechelen*.
- SweCo. (2019). *Hemelwaterplan Mechelen* .
- Van der Aa, B., Vriens, L., Van Kerckvoorde, A., De Becker, P., Roskams, P., De Bruyn, L., et al. (2015). *Effecten van klimaatverandering op natuur en bos. Rapporten van het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek 2015 (INBO.R.2015.9952476)* . Brussel : Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek.
- Van der Auwera, A., & Huybrechts, N. (2018). Scheurvorming in gbeouwen door het krimpen of zwellen van plastische gronden. *WTGB dossier, 2018(3)*, 4-5.

- VITO. (2019). *Hittekwaetsbaarheidskarta Mechelen*.
- Vlaamse Milieumaatschappij. (2018). *Impact van klimaatsverandering op meteorologische droogte in Vlaanderen*.
- VLM. (2018). *Water-Land-Schap*. Opgeroepen op 10 31, 2019, van Vlaamse Landmaatschappij .
- VMM. (sd). Opgeroepen op 10 31, 2019, van geopunt: www.geopunt.be
- VMM. (2015). *MIRA climate report 2015*. Vlaanderen.
- VMM. (2017). Opgeroepen op 08 01, 2019, van VMM - topsoil: <https://www.vmm.be/water/projecten/topsoil>
- VMM. (2018). *Milieuraapport*. Opgeroepen op 08 16, 2019, van <https://www.milieuraapport.be/milieuthemas/waterkwantiteit/waterverbruik-beschikbaarheid/grondwaterstand>
- VMM. (sd). *Klimaatportaal* . Opgeroepen op 07 31, 2019, van VMM: www.klimaat.vmm.be
- VMM. (sd). *Recent overstroomde gebieden* . Opgeroepen op 10 31, 2019, van geopunt: www.geopunt.be
- VMM. (sd). *Risicozones voor overstromingen*. Opgeroepen op 10 31, 2019, van geopunt: www.geopunt.be
- VMM. (sd). *VMM*. Opgeroepen op 10 31, 2019, van VMM: www.vmm.be
- VRT. (2018). Opgeroepen op 08 16, 2019, van VRT: <https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/12/27/droogte-doet-huizen-zakken-in-ledegem/>
- Waterinfo Vlaanderen. (sd). Opgeroepen op 07 31, 2019, van Waterinfo: www.waterinfo.be
- Wetenschappelijk instituut voor volksgesondheid. (2019). Opgeroepen op 08 01, 2019, van Sciensano: www.sciensano.be
- ZonMw. (2019). *Kennisagenda Klimaat en Gezondheid* . ZonMw.
- Zorg en gezondheid. (2019). *gezondheidsklachten*. Opgeroepen op 08 23, 2019, van Warme dagen: <https://www.warmedagen.be/gezondheidsklachten>

9. Figuren en tabellen

Figuur 1: Overzicht risico- en kwetsbaarheidsanalyse Mechelen.....	1-10
Figuur 2: Wereldwijde CO ₂ uitstoot per RCP scenario, samen met de historische waarden tot 2014 (bron: (Sumaqua, 2019))	2-12
Figuur 3: Aantal hittegolfdagen per jaar (bron: (VMM, Klimaatportaal) – eigen bewerking)	3-17
Figuur 4: Klimaatscenario's voor de verandering in neerslagintensiteit voor verschillende terugkeerperioden (Ukkel) (bron: (VMM, MIRA climate report 2015, 2015)	3-19
Figuur 5: Waterdiepte bij overstroming in het huidig klimaat voor een T25-composietbui zoals opgenomen in de VLAGG-kaart. Ook historische meldingen van wateroverlast zijn aangeduid (bron: (Sweco, 2019).	3-21
Figuur 6: Aangroei overstroming centrum op basis van VLAGG kaart bij T10 bui	3-22
Figuur 7: Aangroei overstromingen centrum op basis van VLAGG kaart bij T25 bui ...	3-22
Figuur 8: Aangroei overstroming centrum op basis van VLAGG kaart bij T100 bui	3-23
Figuur 9: Water op straat voor de verschillende composietbuizen onder het huidig klimaat (gemiddeld waterpeil).(bron: (Sweco, 2019))	3-24
Figuur 10: Water op straat bij doorrekenen rioolmodel voor de verschillende klimaatbuizen (2100, gemiddeld waterpeil op de ontvangende waterlopen).(bron: (Sweco, 2019)) .	3-25
Figuur 11: Overstroombare gebieden Mechelen (bron: (VMM)).....	3-27
Figuur 12: Recent overstroomde gebieden (Bron: (VMM))	3-28
Figuur 13: Nieuwe en bevestigde risicozones overstromingen (Bron: (VMM))	3-28
Figuur 14: Watertoetskaart Mechelen met “mogelijk” en “effectief” overstromingsgevoelige gebieden (Bron: (Sweco, 2019))	3-29
Figuur 15: Waterdiepte bij overstroming met grote kans (T10) (Bron: (VMM))	3-30
Figuur 16: Waterdiepte bij overstroming met middelgrote kans (T100) (Bron: (VMM))	3-30
Figuur 17: Waterdiepte bij overstroming met kleine kans (T1000) Bron: (VMM))	3-31
Figuur 18: De aangroei van overstroombaar gebied bij een T1000 bui onder een hoog impact scenario voor 2100 [3]. (Bron: (VMM, Klimaatportaal)).....	3-32
Figuur 19: Aangroei overstroombaar gebied 2100	3-33
Figuur 20: Evolutie zeeniveau aan de Belgische kust (Oostende, 1951-2013).....	3-35
Figuur 21: Zeespiegelstijging (Bron:(De Bruyn, 2007))	3-36
Figuur 22: Verschillende tipping elementges of gevoelige elemtnen in het klimaatsysteem met een impact wereldwijd (links) en met een impact in Vlaanderen (rechts).....	3-42
Figuur 23: Bevolkingsdichtheid Vlaanderen (bron: Statbel)	4-45
Figuur 24: Bevolkingsdichtheid Mechelen (Bron: (Rijksregister))	4-46
Figuur 25: Bevolkingsdichtheid centrum Mechelen (Bron: (Mechelen, 2019))	4-46
Figuur 26: Aantal inwoners wijken (Bron: (Mechelen, 2019))	4-47
Figuur 27: Bebouwing Mechelen (Bron: (Informatie Vlaanderen))	4-48
Figuur 28: Kwetsbare instellingen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))	4-49
Figuur 29: Bevolking per 5 jaar (Bron: (Mechelen, 2019))	4-50
Figuur 30: % aantal inwoners die 17 jaar of jonger zijn (Bron: (Mechelen, 2019))....	4-51
Figuur 31: % Aantal inwoners die 18-64 jaar zijn (Bron: (Mechelen, 2019))	4-51
Figuur 32: % Aantal inwoners die 65 jaar of ouder zijn (Bron: (Mechelen, 2019))	4-52
Figuur 33: Mediaan netto inkomen (bron: (Mechelen, 2019)).....	4-54
Figuur 34: % indicatorleerlingen per wijk (woonplaats) voor lager en secundair onderwijs.(bron: (Mechelen, 2019)).....	4-55
Figuur 35: 12 aandachtsbuurten (bron: (Samenlevingsopbouw Antwerpen provincie vzw, 2012))	4-56

Figuur 36: Procentueel aandeel van de inkomende pendel naar Mechelen per herkomstgemeente (Bron: (IDEA Consult , 2018)).....	4-58
Figuur 37: Procentueel aandeel van de inkomende pendel naar Mechelen per bestemmingsgemeente (Bron: (IDEA Consult , 2018)).....	4-59
Figuur 38: Ondernemingen in Mechelen (Bron: (IDEA Consult , 2018))	4-60
Figuur 39: Ruimtelijke spreiding van alle ondernemingen met een bovengemiddelde oppervlakte (Bron: (IDEA Consult , 2018))	4-60
Figuur 40: Digitaal Hoogtemodel (mTAW) en waterlopen in en rond Mechelen [1] (Bron: (Sweco, 2019))	4-62
Figuur 41: Gegeneraliseerde bodemkaart stad Mechelen (Bron: (Sweco, 2019)).....	4-63
Figuur 42: Grondwaterstand Heffen/Leest, (Bron: VMM, eigen bewerking).....	4-64
Figuur 43: Gemiddelde grondwaterstanden in mTAW en locatie van de vergunde grondwaterwinningen (Bron: (Sweco, 2019)).....	4-65
Figuur 44: Gemiddelde grondwaterstanden in m beneden maaiveld (m-mv) (Bron: (Sweco, 2019))	4-66
Figuur 45: Prognose drinkwaterverbruik Mechelen (Bron: Pidpa)	4-67
Figuur 46: Grondwaterkwetsbaarheid en actie- en waakgebieden (Bron: (Sweco, 2019))	4-67
Figuur 47: Bouwjaar gebouwen Mechelen (Bron: (Mechelen, 2019))	4-68
Figuur 48: Natuurgebieden in Mechelen (Bron: (Agentschap voor Natuur en Bos))...	4-70
Figuur 49: Stedelijk groen (Bron: (Informatie Vlaanderen))	4-70
Figuur 50: Bodembedekkingskaart Mechelen (Bron:)	4-71
Figuur 51: Bodembezettingsgraad Mechelen - gemiddelde van de centrumsteden (Bron: (Mechelen, 2019))	4-72
Figuur 52: Bodemafdekkingsanalyse voor Mechelen versus Vlaanderen. (Bron: (Sweco, 2019))	4-72
Figuur 53: Waterdoorlaatbaarheid Mechelen (Bron: (Informatie Vlaanderen)).....	4-73
Figuur 54: Verhardingsgraad per deelzone (Bron: (Sweco, 2019))	4-74
Figuur 55: Grootste verharders Mechelen - centrum	4-74
Figuur 56: Grootste verharders Mechelen	4-75
Figuur 57: Verwachte verandering in verharding aangesloten op de riolering per arrondissement in Vlaanderen tegen 2040 in vergelijking met 2016, voor het BAU-scenario (boven) en het BRV-scenario (onder). (Bron: (Sweco, 2019))	4-76
Figuur 58: Zoneringsplan stad Mechelen (Bron: (Sweco, 2019)).....	4-77
Figuur 59: Opgedragen projecten GUP rioleringsprojecten voor Mechelen (bron: (Sweco, 2019))	4-78
Figuur 60: Knelpunten landbouwkundige droogte (Bron: (Sweco, 2019)).....	4-79
Figuur 61: Infiltratiekansenkaart.(Bron: (Sweco, 2019))	4-80
Figuur 62: Groendaken, regenwaterputten en multifunctionele inrichting (Bron: (Sweco, 2019))	5-86
Figuur 63: Aantal gevaarlijk overstroombare gebouwen (Bron: (VMM, Klimaatportaal)) 5-87	
Figuur 64: Aangroei overstroombaar gebied (Bron: (VMM, Klimaatportaal)).....	5-88
Figuur 65: Aangroei overstroombaar gebied (Bron: (VMM, Klimaatportaal)).....	5-88
Figuur 66: Klimaatverandering en overstromingen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))...	5-89
Figuur 67: huidig aantal kwetsbare instellingen voor overstroming (Bron: (VMM, Klimaatportaal)).....	5-90
Figuur 68: Kwetsbare instellingen voor overstroming in 2100 (Bron: (VMM, Klimaatportaal)).....	5-91
Figuur 69: Bevaarbare waterlopen Mechelen (Bron: (Informatie Vlaanderen)).....	5-93

Figuur 70: Wegennet Mechelen (Bron: (Informatie Vlaanderen))	5-95
Figuur 71: Hoogspanningsnet Elia in Mechelen (Bron: (ELIA, 2019))	5-97
Figuur 72: Afschakelplan provincie Antwerpen (Bron: (Fluvius))	5-99
Figuur 73: Elektriciteitsvraagkaart Mechelen (Bron: (Fluvius)).....	5-100
Figuur 74: Gemeentelijke ruimtelijke uitvoeringsplannen (Bron: (Stad Mechelen) ...	5-105
Figuur 75: Atlas woonuitbreidingsgebied (bron: (Geopunt))	5-105
Figuur 76: Afbeelding van de jaargemiddelde oppervlaktetemperatuur voor België 2006 en rangschikking volgens de sterkte van het hitte-eilandeffect op basis van oppervlaktetemperaturen (SUHI) in de zomer (april-september) over de jaren 2002- 2013.....	5-106
Figuur 77:Black Carbon in Mechelen 2017 (Bron: (VMM)	5-116
Figuur 78: 16 parameters voor hittekwaetsbaarheid (Bron: (VITO, 2019)	5-117
Figuur 79: hittekwaetsbaarheid Mechelen (Bron: (VITO, 2019))	5-118
Figuur 80: Overstroming en hittestress Mechelen (VMM, Klimaatportaal)	5-124
Figuur 81: Overstroming en hittestress Vlaanderen (VMM, Klimaatportaal)	5-124
Tabel 1: Temperatuur Mechelen (bron: VMM, 2019)	3-16
Tabel 2: Temperatuur SECAP template.....	3-18
Tabel 3: Extreme neerslag Mechelen (bron: (VMM, Klimaatportaal).....	3-19
Tabel 4: Extreme neerslag SECAP template	3-26
Tabel 5: Neerslag in Mechelen (bron: (VMM, Klimaatportaal))	3-26
Tabel 6: Overstromingsdiepte (Bron: (VMM, Klimaatportaal))	3-33
Tabel 7: Overstromingen SECAP template	3-34
Tabel 8: Overstromingen SECAP template	3-36
Tabel 9: Gemiddelde maandtemperatuur Mechelen (Bron: (VMM, Klimaatportaal)) ..	3-38
Tabel 10: Neerslag per maand in Mechelen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))	3-39
Tabel 11: Droogte SECAP template	3-39
Tabel 12: Windsnelheid Mechelen (Bron: (VMM, Klimaatportaal))	3-40
Tabel 13: Storm SECAP template.....	3-40
Tabel 14: landverschuiving SECAP template.....	3-41
Tabel 15: Bosbranden SECAP template.....	3-41
Tabel 16: Aantal inwoners wijken (Bron: (Mechelen, 2019))	4-47
Tabel 17: Leeftijd bevolking Mechelen – centrumsteden (Bron: (Mechelen, 2019)) ...	4-50
Tabel 18: Leeftijdsverdeling per wijk (Bron: (Mechelen, 2019))	4-52
Tabel 19: Netto mediaan inkomen – centrumsteden (Bron: (Mechelen, 2019)).....	4-53
Tabel 20: Aantal bedrijven (Bron: (IDEA Consult , 2018))	4-57
Tabel 21: Ruimtegebruik per sector (Bron: (IDEA Consult , 2018))	4-58
Tabel 22: Kwetsbaarheden SECAP template.....	4-81
Tabel 23: impact op gebouwen SECAP template	5-92
Tabel 24: Impact klimaatverandering op spoorweginfrastructuur (bron: ariscc.org) ..	5-94
Tabel 25: Impact op transport SECAP template	5-96
Tabel 26: Impact op energie - SECAP template	5-100
Tabel 27: Impact op water – SECAP template	5-103
Tabel 28: impact ruimtelijke ordening – SECAP template.....	5-108
Tabel 29: impact op land- en bosbouw - SECAP template	5-110
Tabel 30: impact op biodiversiteit – SECAP template.....	5-114
Tabel 31: Impact op gezondheid – SECAP template	5-119
Tabel 32: Impact op huldiensten – SECAP template	5-120
Tabel 33: impact op economie - SECAP template.....	5-123

