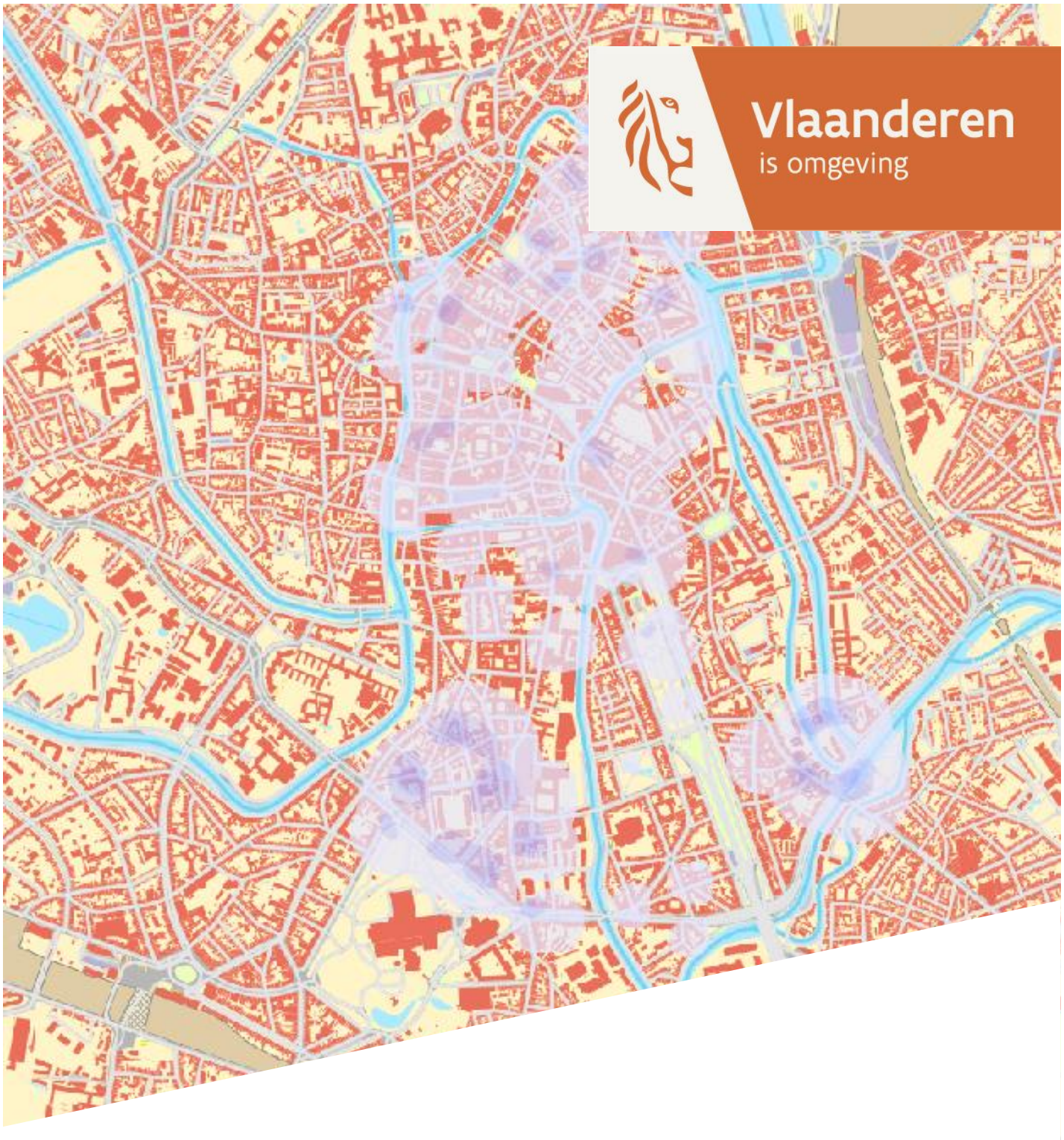


Rapport simulaties uitrol 5G

Eindrapport

DEPARTEMENT
OMGEVING

omgevingvlaanderen.be

SIMULATIE VAN DE VIRTUELE UITROL VAN 5G IN VLAANDEREN

Worst case simulatie van de uitrol van 5G, gebruik makend van de gegevens van de antennes in afgeleverde conformiteitsattesten voor vast opgestelde zendantennes.

Dit rapport bevat de mening van de auteur(s) en niet noodzakelijk die van de Vlaamse Overheid.

Versie op datum van 13/4/2021

COLOFON

Verantwoordelijke uitgever
Peter Cabus
Departement Omgeving
Vlaams Planbureau voor Omgeving
Koning Albert II-laan 20 bus 8, 1000 Brussel
vpo.omgeving@vlaanderen.be
www.omgevingvlaanderen.be

Auteurs
Mart Verlaek – Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving
Niels De Kempeneer – Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving
Michel Goethals – Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving
Tine Van Hoof – Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving
Hans Reynders – Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving
Karen Van Campenhout – Departement Omgeving, Vlaams Planbureau voor Omgeving

Wijze van citeren
Verlaek M., De Kempeneer N., Goethals M. G., Van Hoof T., Reynders H., Van Campenhout K. (2021). *Rapport simulaties uitrol 5G*.

INHOUDSTAFEL

1 Inleiding 4
2 Doel 4
3 Methodiek 4
3.1 Selectie locaties 5
3.2 Worst case simulatie 5
3.3 Gebruikte 5G-antennes 6
3.4 Bestaande antennes 7
3.5 Uitvoering berekeningen 7
3.5.1 Aanpak 7
3.5.2 Rekenmodel 8
3.5.3 Veldsterktes op verschillende hoogte 8
3.5.4 Aftoetsing aan de normen 9
4 Resultaten 11
4.1 Antwerpen linkeroever 11
4.1.1 Afbakening gebied met sites 11
4.1.2 Toegevoegde 5G-antennes 11
4.1.3 Aantal antennes van de operatoren 12
4.1.4 Resultaat tov. cumulatieve norm en norm per operator 12
4.1.5 Conclusie 13
4.2 Leopoldsburg 13
4.2.1 Afbakening gebied met sites 13
4.2.2 Toegevoegde 5G antennes 14
4.2.3 Aantal antennes van de operatoren 14
4.2.4 Resultaat tov. cumulatieve norm en norm per operator 15
4.2.5 Conclusie 16
4.3 Gent-centrum 17
4.3.1 Afbakening gebied met sites 17
4.3.2 Toegevoegde 5G-antennes 17
4.3.3 Aantal antennes van de operatoren 18
4.3.4 Resultaat tov. cumulatieve norm en norm per operator 18
4.3.5 Conclusie 20
4.4 Sint-Niklaas 21
4.4.1 Afbakening gebied met sites 21
4.4.2 Toegevoegde 5G-antennes 21
4.4.3 Aantal antennes van de operatoren 21
4.4.4 Resultaat tov. cumulatieve norm en norm per operator 22
4.4.5 Conclusie 23
5 Besluit 24
Referenties 25

1 INLEIDING

Dit rapport kadert in Deel 5 “Simulaties” van het onderzoek ‘Nieuwe ontwikkelingen rond 5G, de maatschappelijke impact van de uitrol van 5G-netwerken op de stralingsblootstelling’[1].
Als gevolg van technologische evoluties is een aanpassing van de wetgeving voor het beperken van de blootstelling aan elektromagnetische straling van zendantennes noodzakelijk.

Onderdeel van de technische evolutie is de uitrol van het 5G-netwerk. In het voorstel om de wetgeving aan te passen blijft de huidige cumulatieve norm bestaan. De huidige norm per antenne is niet meer geschikt om de blootstelling aan elektromagnetische straling van zendantennes te beperken. Daarom wordt het toepassen van een technologie-onafhankelijke norm onderzocht, een norm per operator.

Om te bepalen wat de impact is van de norm per operator, werd onderzocht of deze norm beperkingen zou opleggen aan de netwerken met vast opgestelde zendantennes. Daarbij werd ook een 5G-uitrol gesimuleerd via toepassing van modelberekeningen, toegevoegd aan bestaande antennesites. Dit rapport beschrijft de uitgevoerde simulaties.

2 DOEL

Onderzoek naar de haalbaarheid van de uitrol van een 5G-netwerk in Vlaanderen, toegevoegd aan de bestaande telecomnetwerken, rekening houdend met een aangepast normenkader.

3 METHODIEK

Het Departement Omgeving heeft, samen met IMEC, een toepassing ontwikkeld die het mogelijk maakt om de blootstelling aan straling in elk punt in Vlaanderen te berekenen op basis van de gegevens uit de meest recente afgeleverde conformiteitsattesten waarvan de antennes nog een significante invloed kunnen geven.

Die toepassing werd aangepast om 5G-antennes te kunnen toevoegen aan bestaande antennesites zodat een virtuele uitrol van 5G kan gesimuleerd worden. Die simulatie geeft weer in welke mate de blootstelling in Vlaanderen verandert na toevoegen van 5G-antennes. Hiermee wordt onderzocht of de norm per operator (NPO), die voorgesteld wordt in de nieuwe Vlaamse wetgeving, in combinatie met de al bestaande cumulatieve norm haalbaar is.

Het Departement Omgeving behandelt de aanvragen van een conformiteitsattest voor vast opgestelde zendantennes. Die aanvraag bevat de technische gegevens van de antennes, zoals zendvermogen, azimut en tilt, die nodig zijn om de blootstelling in de omgeving te berekenen. Daarnaast bevat de aanvraag de noodzakelijke kenmerken van de onmiddellijke omgeving, zoals gebouwen met hoogtes en type demping (muren, beton, …), tot een afstand waar een normoverschrijding zou kunnen voorkomen. Die gegevens worden gebruikt om te berekenen of de norm kan overschreden worden in de omgeving van de zendantennes.

[1] https://researchportal.be/nl/project/nieuwe-ontwikkelingen-rond-5g-de-maatschappelijke-impact-van-de-uitrol-van-5g-netwerken-op

3.1 SELECTIE LOCATIES

Bij de selectie van de simulatiegebieden werd gezocht naar een evenwicht tussen de haalbaarheid van de manuele data-cleaning en toch voldoende oppervlakte om een representatief beeld te geven van de landelijke en stedelijke context, rekening houdend met de densiteit van de antennes. Er werden daarom gebieden geselecteerd met een stedelijk karakter (in regel met een hogere blootstelling door de kortere afstand tot de antennes), maar ook gebieden met een landelijk karakter (hogere vermogens voor de antennes).

Doorrekeningen en simulaties voor alle bestaande sites met antennes in Vlaanderen zijn praktisch niet uitvoerbaar door de noodzakelijke manuele voorbereiding van de data die voorafgaat aan de berekeningen. In de dataset zijn er door de import van historische sites met antennes soms meerdere sites voor dezelfde locatie ontstaan. De dataset wordt doorlopend bijgewerkt om dat te corrigeren, maar voorlopig moet dat nog manueel nagekeken en gecorrigeerd worden voor de simulaties om te vermijden dat er te veel antennes doorgerekend worden. De rekensoftware gebruikt immers van elke site de meest recent goedgekeurde antennes.

In de simulatie werd geen rekening gehouden met picocellen (bv. in winkelstraten) omdat die antennes een laag vermogen gebruiken. In de simulaties worden enkel 5G-antennes toegevoegd met vermogens (zie 3.2) voor grotere cellen. Bij picocellen is het vermogen van de antennes lager omdat die antennes maar een klein gebied (bv. een winkelstraat) moeten bedienen. Daardoor zou dit bij onze simulaties voor onrealistisch hoge waarden zorgen voor die locaties.

De eerste locatie is Antwerpen - linkeroever. Deze locatie werd gekozen omdat dit in een stedelijke omgeving ligt met heel wat antennes. Dat maakt het mogelijk om de blootstelling in die context met hogere gebouwen in kaart te brengen. In hogere gebouwen is er in het algemeen een hogere blootstelling omdat die dichter bij de antennes staan. Ook in het centrum van Gent werden om dezelfde reden als in Antwerpen simulaties uitgevoerd. Er werd ook een simulatie uitgevoerd voor de stad Sint-Niklaas. Deze stad bestaat uit stedelijke, maar ook meer landelijke delen zodat ook dit type locatie onderzocht wordt. De laatste locatie is Leopoldsburg, met een voornamelijk landelijk karakter (minder antennes en minder hoge gebouwen), maar wel antennes met een hoger zendvermogen omdat de zone die een antenne moet bedienen groter is en er minder inwoners zijn.

3.2 WORST CASE SIMULATIE

Het gaat om een ‘worst case’ simulatie:
<u>Gebruikte vermogens voor antennes in de simulaties</u>

- In de conformiteitsattesten moeten operatoren steeds het maximaal mogelijke vermogen dat ze wensen te gebruiken voor de antennes, aangeven. Deze gegevens worden in deze simulaties gebruikt voor de bestaande antennes.
- Voor bestaande antennes wordt steeds de informatie uit het meest recente conformiteitsattest per operator per locatie genomen.
- Voor de virtueel toegevoegde 5G-antennes wordt eenzelfde aanpak gevolgd. Als vermogen wordt gekozen voor het hoogste vermogen uit een aanvraagdossier met 5G-antennes (testsite). Ook op basis van studies van het BIPT en inzichten van IMEC (zie 3.5) blijkt dit een worst-case benadering: sommige bestaande antennes gebruiken immers lagere zendvermogens omdat er een kleiner gebied moet bediend worden, 5G-antennes zouden

dan logischerwijs ook een lager zendvermogen hebben. Maar daar is geen rekening mee gehouden in deze simulatie. Er wordt wel rekening gehouden met een onderscheid tussen stedelijk gebied en landelijk gebied. In landelijke gebieden wordt een hoger zendvermogen gebruikt voor de toegevoegde 5G-antennes (zie punt 3.1).

- Op elke site worden 5G-antennes toegevoegd op 700, 1400 en 3500 MHz (de extra frequenties waarop 5G zal uitgerold worden, zie 3.3.). Mogelijk zullen niet alle frequenties op elke site gebruikt worden.

Gebruikte dempingsfactoren

- Bij de simulaties van de norm per operator, die enkel voor verblijfplaatsen[2] van toepassing is, wordt de laagst mogelijke demping 'muur met ramen' (mmr) gebruikt, gelijk aan een demping van 5 dB. Voor gebouwen waarop de antennes staan, is in de praktijk vaak een hogere demping zoals 'betonnen dak' mogelijk. In dat geval geeft de simulatie dus een overschatting van de blootstelling.

Simulatie cumulatieve norm

- Bij het simuleren van de cumulatieve norm, die overal van toepassing is, worden geen dempingsfactoren voor gebouwen gebruikt. Als een berekend punt in een verblijfplaats gelegen is, dan moet er in de praktijk wel demping worden toegepast. Bij de simulaties wordt daarom gecontroleerd of het punt waar de cumulatieve norm is overschreden, in een verblijfplaats gelegen is.

3.3 GEBRUIKTE 5G-ANTENNES

Er werden antennes met een frequentie van 700, 1400 en 3500 MHz gebruikt voor de simulatie van de virtuele uitrol van 5G. Dit zijn de bijkomende frequenties die geveild worden door het BIPT en die de operatoren zullen inzetten voor de 5G-uitrol. Het type antenne werd geselecteerd uit een reeds afgeleverd conformiteitsattest.

700 MHz antenne

- Hoogte: 2,7 m
- Breedte: 0,43 m
- Horizontale openingshoek: 75°
- Verticale openingshoek: 8,4°
- Winst: 15,2 dBi
- Elektrische tilt: variabele tilt van -2° tot -10°
- Zendvermogen: 48 dBm of 52 dBm in landelijke gebieden
- Gebruikte frequentie: 763 MHz

1400 MHz antenne

- Hoogte: 2,7 m
- Breedte: 0,43 m
- Horizontale openingshoek: 75°
- Verticale openingshoek: 8,4°
- Winst: 15,2 dBi

[2] Verblijfplaats : een plaats die voldoet aan een of meer van de volgende beschrijvingen :

a) lokaal van een gebouw waar personen kunnen verblijven, zoals lokalen van woningen, scholen, crèches, ziekenhuizen, rust- en verzorgingstehuizen;
b) bedrijfsruimte waar werknemers zich regelmatig bevinden;
c) speelplaatsen van scholen;

VLAREM II, Deel 1 Algemene bepalingen, Hoofdstuk 1.1.2, definities Elektromagnetische golven (19)

- Elektrische tilt: variabele tilt van -2° tot -10°
- Zendvermogen: 48 dBm of 52 dBm in landelijke gebieden
- Gebruikte frequentie: 1410 MHz

3500 MHz antenne

- Massive MIMO-technologie, 64T64R
- Hoogte: 0,9 m
- Breedte: 0,45 m
- Horizontale openingshoek: 75°
- Verticale openingshoek: 12,5°
- Winst: 24,8 dBi
- Elektrische tilt: variabele tilt van 0° tot -6°
- Zendvermogen: 55 dBm
- Gebruikte frequentie: 3750 MHz

3.4 BESTAANDE ANTENNES

De gegevens van de bestaande antennes die nodig zijn voor het berekenen van de blootstelling worden opgehaald via een connectie met een database[3] (linked open data) die zorgt voor de publicatie van deze gegevens. Het gaat om de parameters die nodig zijn voor de berekening van de blootstelling zoals hoogte en locatie van de antenne, zendvermogen, winst, tilt en het stralingsdiagram. Er wordt telkens gebruik gemaakt van de gegevens van de laatst goedgekeurde attesten van elke operator. Dat is de meest actuele situatie zoals doorgegeven door de operatoren in hun aanvragen voor een conformiteitsattest. Operatoren zijn immers verplicht om bij wijzigingen aan de antennes een nieuw attest aan te vragen.

3.5 UITVOERING BEREKENINGEN

3.5.1 Aanpak

Voor de berekening van de veldsterkte worden, per locatie (zie 3.1) en per operator die aan de norm per operator moet voldoen, alle antennes geselecteerd waarvoor het meest recente conformiteitsattest werd afgeleverd. De berekening maakt gebruikt van de technische gegevens van die antennes, zoals beschreven in 3.4 Vervolgens worden representatieve 5G-antennes (zie 3.3) met een frequentie van 700 MHz, 1400 MHz en 3500 MHz toegevoegd. Dit zijn de frequenties die gebruikt zullen worden bij de 5G-uitrol.

Na de selectie van de bestaande antennes en de virtuele toevoeging van 5G-antennes worden simulaties uitgevoerd van de maximale blootstelling. De berekeningen maken gebruik van hetzelfde rekenmodel dat ook gebruikt wordt bij de simulaties van de blootstelling in de aanvragen voor een conformiteitsattest. De berekende veldsterktes worden afgetoetst aan de nieuw voorgestelde norm per operator (enkel voor verblijfplaatsen) en de cumulatieve norm (zie 3.5.4).

Ook de blootstelling aan antennes van andere operatoren, die niet moeten voldoen aan de norm per operator, wordt berekend om te onderzoeken of dit een significante bijdrage levert op de punten waar telecomantennes de hoogste stralingswaarden bereiken.

[3] https://data.zendantennes.omgeving.vlaanderen.be/

3.5.2 Rekenmodel

Het rekenmodel dat gebruikt wordt in de simulaties is gebaseerd op een verre veldbenadering. Dit rekenmodel wordt ook gebruikt bij de behandeling van de aanvragen voor een attest. Deze berekeningen maken gebruik van antennepatronen, verre veldformules en specificaties van de site (hoogte en technische eigenschappen van de antennes). Op basis hiervan wordt de blootstelling in de omgeving gesimuleerd. Ook worden dempingswaarden voor gebouwen toegepast als er verblijfplaatsen worden doorgerekend.

Voor 5G-antennes die gebruik maken van TDD (Time Division Duplex) en beamforming worden correctiefactoren gebruikt, gelijk aan respectievelijk 1.2 en 6 dB. Reden hiervoor is dat op een vaste locatie slechts gedurende een beperkt gedeelte van de tijd de maximale stralingsbundel waargenomen wordt. De dempingsfactoren werden onderbouwd door IMEC-WAVES op basis van literatuur- en eigen onderzoek (Joseph W, 2021).

De resultaten van het rekenmodel werden, in eerdere studies, vergeleken met simulaties uitgevoerd door IMEC met FEKO-software en de FDTD-methode. De resultaten van de veldsterkteberekeningen van het model dat gebruikt wordt voor de behandeling van attestaanvragen, blijkt een goede overeenkomst te hebben met de simulaties van IMEC (lopend onderzoek). De resultaten van de berekeningen van het rekenmodel werden ook vergeleken met metingen in een nog lopende meetstudie. Ook in dat onderzoek was de overeenkomst tussen metingen en berekeningen goed.

3.5.3 Veldsterktes op verschillende hoogte

In een grid van vijf op vijf meter wordt voor verschillende hoogtes de veldsterkte berekend. Het grondniveau wordt in de tool voor het aanvragen van de attesten ook berekend op 2.2 m hoogte omdat dit gezien wordt als een worst case benadering van de blootstelling op grondniveau. De andere hoogtes die berekend werden zijn 4, 7, 10, 13 en 16 meter die telkens overeenkomen met de blootstelling van een extra verdieping. In de simulatiegebieden was 16 m hoogte voldoende, rekening houdend met de hoogte van de verblijfplaatsen in de omgeving. Input voor de berekeningen zijn de gegevens van de laatst goedgekeurde antenne(s), samen met de toegevoegde 5G-antennes (zie 3.3) voor alle operatoren in het simulatiegebied.

Met behulp van die veldsterktelaag wordt voor elk berekend punt in de grid bepaald in welke mate de norm per operator en de cumulatieve norm worden opgevuld door de blootstelling aan de straling van de antennes. Na de simulatie werden de conformiteitsattesten van de antennes gebruikt om de hoogtes van de omliggende verblijfplaatsen manueel op te zoeken om een controle uit te voeren welke simulatiepunten er binnen een toegankelijk deel van een verblijfplaats liggen met mogelijke overschrijdingen tot gevolg.

3.5.4 Aftoetsing aan de normen

Cumulatieve norm

Het resultaat van de berekeningen wordt afgetoetst aan de cumulatieve norm zoals opgenomen in het voorstel voor normenkader, zie tabel. De berekeningen worden uitgevoerd op de hoogtes vermeld in 3.5.3.

Tabel 1: cumulatieve norm

Frequentie: f in MHz	Elektrische veldsterkte: E in V/m (E_{iref})	Magnetische veldsterkte H in A/m (H_{iref})
0,1 – 30	150/ $f^{0,7}$	1,1/f
>30 – 400	13,7	n.v.t.
>400 – 2 000	0,686*√f	n.v.t.
>2 000 – 300 000	30,7	n.v.t.

Om aan de normen te voldoen moet de elektrische veldsterkte beperkt worden zodat voor samengestelde velden geldt:

$$\sum_{100kHz}^{300\,GHz} \left(\frac{E_i}{E_{iref}}\right)^2 \leq 1$$

Om aan de normen te voldoen moet de magnetische veldsterkte beperkt worden zodat voor samengestelde velden geldt:

$$\sum_{100kHz}^{30MHz} \left(\frac{H_i}{H_{iref}}\right)^2 \leq 1$$

In de tabel met resultaten van de berekeningen (zie resultaten per locatie) wordt het aantal doorgerekende punten en het punt met de hoogste blootstelling weergegeven. Bij de simulatie van de cumulatieve norm wordt, indien nodig, bekeken of er demping moet toegepast worden als het berekend punt in een verblijfplaats ligt. Bijkomend wordt ook berekend wat de bijdrage is van andere operatoren dan telecomoperatoren, die niet moeten voldoen aan de norm per operator.

Norm per operator

Voor de berekening van de blootstelling per operator wordt telkens demping ‘muur met ramen’ toegepast (5 dB) omdat deze norm enkel op verblijfplaatsen gerespecteerd moet worden. De berekeningen worden uitgevoerd op de hoogtes vermeld in 3.5.3. De gesimuleerde maximale blootstelling wordt vervolgens afgetoetst met de grenswaarden van het nieuwe normenkader, zie onderstaande tabel. Omdat de norm per operator enkel van toepassing is op verblijfplaatsen, wordt bij een overschrijding altijd gecontroleerd of het punt met de overschrijding in een verblijfplaats gelegen is. De punten in de tabel met resultaten van de berekeningen (zie resultaat per locatie) zijn dus altijd met demping ‘muur met ramen’.

Tabel 2: norm per operator

Frequentie: f in MHz	Elektrische veldsterkte: E in V/m (E_{iref})	Magnetische veldsterkte H in A/m (H_{iref})
0,1 - 30	$67/f^{0,7}$	0,49/f
>30 - 400	6,1	n.v.t.
>400 – 2 000	0,307√f	n.v.t.
>2 000 – 300 000	13,7	n.v.t.

Om aan de normen te voldoen moet de elektrische veldsterkte beperkt worden zodat voor samengestelde velden geldt:

$$\sum_{100kHz}^{300GHz} \left(\frac{E_i}{E_{iref}}\right)^2 \leq 1$$

Om aan de normen te voldoen moet de magnetische veldsterkte beperkt worden zodat voor samengestelde velden geldt:

$$\sum_{100KHz}^{30MHz} \left(\frac{H_i}{H_{iref}}\right)^2 \leq 1$$

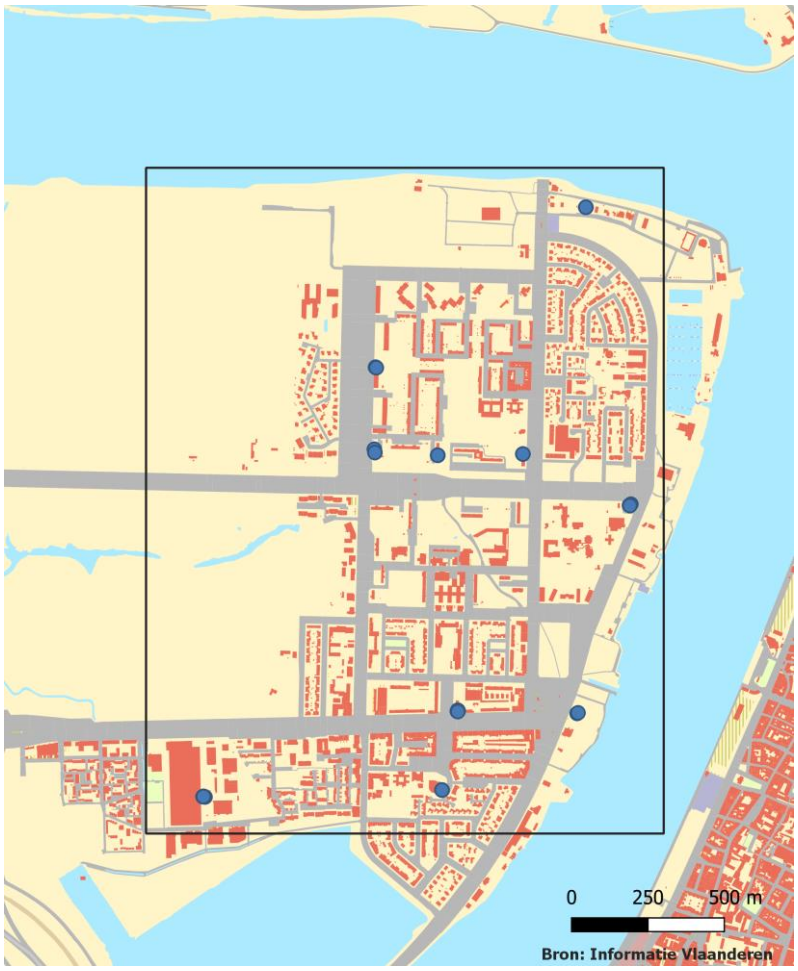
In de tabel met resultaten van berekeningen wordt per operator het aantal doorgerekende punten en het punt met de hoogste blootstelling (in een verblijfplaats) weergegeven

4 RESULTATEN

4.1 ANTWERPEN LINKEROEVER

4.1.1 Afbakening gebied met sites

Figuur 1 geeft sites weer van de telecomoperatoren die in deze simulatie werden meegenomen (waar 5G-antennes virtueel aan toegevoegd werden).



Figuur 1: locatie van de antennes voor verschillende sites binnen afgebakende gebied Antwerpen (linkeroever)

4.1.2 Toegevoegde 5G-antennes

Tabel 3: overzicht toegevoegde 5G-antennes en de gebruikte zendvermogens (Antwerpen, linkeroever) (cf. 3.5.2)

Frequentie (MHz)	Vermogen (dBm)
700	48
1400	48
3500	55

4.1.3 Aantal antennes van de operatoren

Tabel 4: overzicht aantal antennes dat werd meegenomen in de berekeningen (Antwerpen, linkeroever)

	Aantal antennes (inclusief 5G)
Operator 1	62
Operator 2	54
Operator 3	93
Totaal	209

4.1.4 Resultaat tov. cumulatieve norm en norm per operator

<u>Simulatie van de blootstelling per operator en vergelijking met de norm per operator</u>

Tabel 5: overzicht van de opvulling van de norm per operator voor en na virtuele uitrol 5G (Antwerpen, linkeroever)

Opvulling van de norm per operator voor en na virtuele uitrol 5G (Antwerpen, linkeroever)						
				Zonder 5G-antennes		Met 5G- antennes
Operator	Hoogte (m)	Demping	Aantal punten	Maximale opvulling NPO (>1 is overschreden)	Aantal punten	Maximale opvulling NPO (>1 is overschreden)
Operator 1	10	Mmr	61230	0.22	69980	0.25
Operator 2	10	Mmr	50400	0.31	72324	0.53
Operator 3	10	Mmr	32939	0.60	32955	0.99
Operator 1	7	Mmr	61223	0.16	69782	0.20
Operator 2	7	Mmr	50303	0.19	72305	0.29
Operator 3	7	Mmr	32925	0.34	32950	0.51
Operator 1	4	Mmr	61208	0.14	69508	0.16
Operator 2	4	Mmr	50183	0.13	72279	0.20
Operator 3	4	Mmr	32913	0.22	32938	0.32
Operator 1	2.2	Mmr	61199	0.13	69339	0.14
Operator 2	2.2	Mmr	50125	0.11	72244	0.16
Operator 3	2.2	Mmr	32908	0.18	32935	0.26

Tabel 5 geeft per operator weer in welke mate de norm per operator maximaal wordt opgevuld voor verschillende hoogtes (> 1 is een overschrijding). Enkel hoogtes waarop effectief verblijfplaatsen voorkomen worden weergegeven in de tabel. De simulatie voor de huidige situatie (zonder 5G) en met virtuele toevoeging van 5G wordt weergegeven. Er worden geen overschrijdingen van de norm per operator vastgesteld in deze simulatie.

Simulatie van de blootstelling en vergelijking met de cumulatieve norm

Tabel 6: overzicht van de opvulling van de cumulatieve norm na virtuele uitrol 5G (Antwerpen, linkeroever)

Opvulling van de cumulatieve norm voor en na virtuele uitrol 5G (Antwerpen, linkeroever)						
				Zonder 5G-antennes		Met 5G- antennes
	Hoogte (m)	Demping	Aantal punten	Maximale opvulling cumulatieve norm (>1 is overschreden)	Aantal punten	Maximale opvulling cumulatieve norm (>1 is overschreden)
Cumulatief	10	Geen	94352	0.54	111684	0.82
Cumulatief	7	Geen	94300	0.33	111682	0.50
Cumulatief	4	Geen	24249	0.22	111678	0.32
Cumulatief	2.2	Geen	94222	0.18	111674	0.26

Tabel 6 geeft op verschillende hoogtes de maximale cumulatieve blootstelling weer in verhouding tot de cumulatieve norm (> 1 is een overschrijding). De tabel geeft enkel hoogtes weer op plaatsen waar mensen kunnen komen. In het onderzoeksgebied zijn er geen andere operatoren (die enkel moeten voldoen aan de cumulatieve norm zoals radio en TV-antennes) aanwezig.

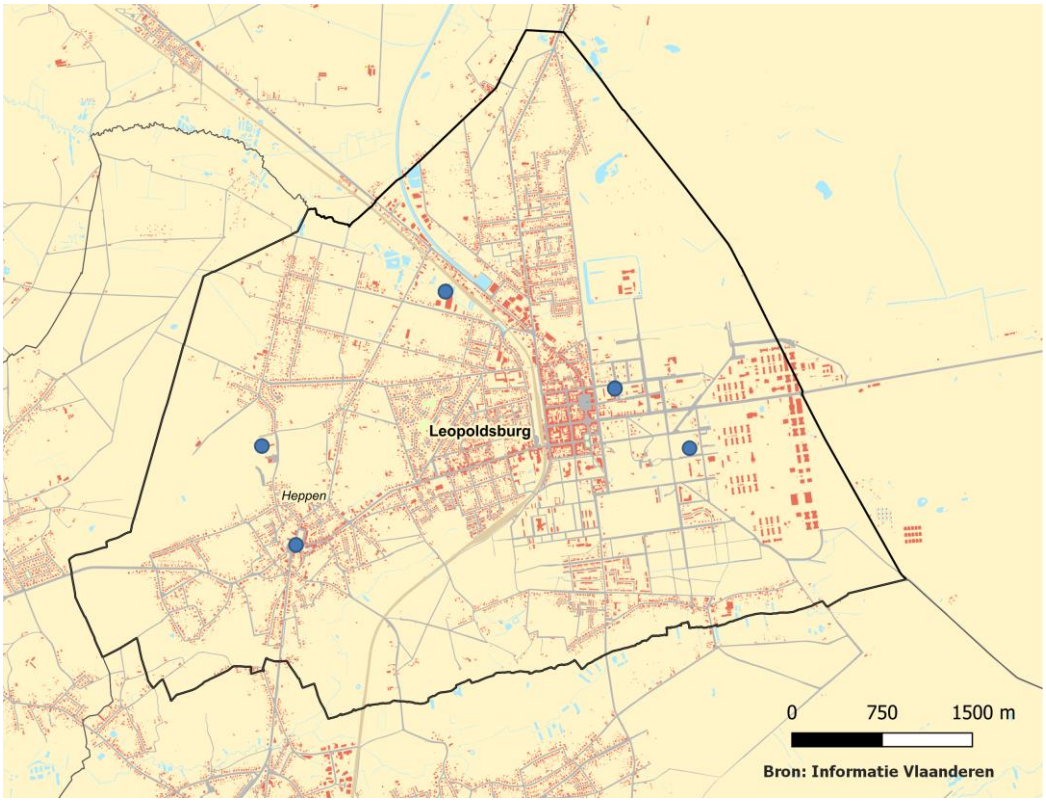
4.1.5 Conclusie

Er worden geen overschrijdingen van norm per operator of van de cumulatieve norm vastgesteld na de virtuele uitrol van 5G. Volgens de simulaties kan de 5G-uitrol plaatsvinden in dit deel van Antwerpen, rekening houdend met het aangepaste normenkader.

4.2 LEOPOLDSBURG

4.2.1 Afbakening gebied met sites

Figuur 2 geeft sites weer van de telecomoperatoren die in deze simulatie werden meegenomen (waar 5G-antennes virtueel aan toegevoegd werden). In deze simulatie wordt de hele gemeente Leopoldburg onderzocht.



Figuur 2: locatie van de antennes voor verschillende sites in Leopoldsburg

4.2.2 Toegevoegde 5G antennes

Tabel 7: overzicht toegevoegde 5G-antennes en de gebruikte zendvermogens (Leopoldsburg) (cf.3.5.2)

Frequentie (MHz)	Vermogen (dBm)
700	52
1400	52
3500	55

4.2.3 Aantal antennes van de operatoren

Tabel 8: overzicht aantal antennes dat werd meegenomen in de simulaties (Leopoldsburg)

	Aantal antennes (inclusief 5G)
Operator 1	63
Operator 2	45
Operator 3	99
Totaal	207

4.2.4 Resultaat tov. cumulatieve norm en norm per operator

Simulatie van de blootstelling per operator en vergelijking met de norm per operator

Tabel 9: overzicht van de opvulling van de norm per operator na de virtuele uitrol 5G (Leopoldsburg)

Opvulling van de norm per operator voor en na de virtuele uitrol 5G (Leopoldsburg)						
				Zonder 5G-antennes		Met 5G-antennes
Operator	Hoogte (m)	Demping	Aantal punten	Maximale opvulling NPO (>1 is overschreden)	Aantal punten	Maximale opvulling NPO (>1 is overschreden)
Operator 1	10	Mmr	62198	0.35	62196	0.48
Operator 2	10	Mmr	30861	0.28	30861	0.46
Operator 3	10	Mmr	46782	0.16	46795	0.40
Operator 1	7	Mmr	62198	0.26	62194	0.36
Operator 2	7	Mmr	30861	0.20	30861	0.33
Operator 3	7	Mmr	46780	0.12	46795	0.27
Operator 1	4	Mmr	62198	0.2	62192	0.27
Operator 2	4	Mmr	30861	0.14	30860	0.24
Operator 3	4	Mmr	46775	0.08	46794	0.19
Operator 1	2.2	Mmr	62198	0.17	62198	0.24
Operator 2	2.2	Mmr	30861	0.12	30860	0.20
Operator 3	2.2	Mmr	46777	0.08	46793	0.16

Tabel 9 geeft per operator weer in welke mate de norm per operator maximaal wordt opgevuld voor verschillende hoogtes (> 1 is een overschrijding). Enkel hoogtes waarop effectief verblijfplaatsen voorkomen worden weergegeven in de tabel. De simulatie voor de huidige situatie (zonder 5G) en met virtuele toevoeging van 5G wordt weergegeven. Er worden geen overschrijdingen van de norm per operator vastgesteld in deze simulatie.

Simulatie van de blootstelling en vergelijking met de cumulatieve norm

Tabel 10: overzicht van de opvulling van de cumulatieve norm na de virtuele uitrol 5G (Leopoldsburg)

Opvulling van de cumulatieve norm voor en na de virtuele uitrol 5G (Leopoldsburg)						
				Zonder 5G-antennes		Met 5G- antennes
	Hoogte (m)	Demping	Aantal punten	Maximale opvulling cumulatieve norm (>1 is overschreden)	Aantal punten	Maximale opvulling cumulatieve norm (>1 is overschreden)
Cumulatief	10	Geen	77757	0.42	77757	0.67
Cumulatief	7	Geen	77757	0.31	77757	0.50
Cumulatief	4	Geen	77757	0.24	77757	0.38
Cumulatief	2.2	Geen	77757	0.21	77757	0.33

Tabel 10 geeft op verschillende hoogtes de maximale cumulatieve blootstelling weer in verhouding tot de cumulatieve norm (> 1 is een overschrijding). In het onderzoeksgebied zijn er andere operatoren (die enkel moeten voldoen aan de cumulatieve norm zoals radio- en TV-antennes) aanwezig. De bijdrage aan de opvulling van de cumulatieve norm is echter beperkt (maximaal 0.1 %). Er worden geen overschrijdingen van de norm vastgesteld in deze simulatie.

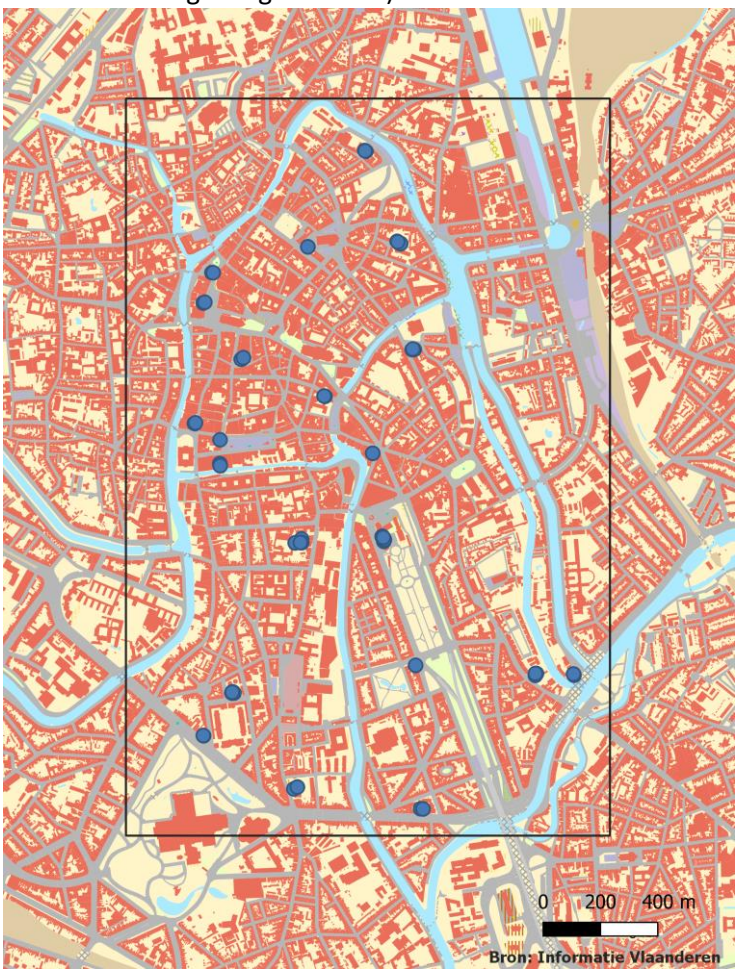
4.2.5 Conclusie

Er worden geen overschrijdingen van de norm per operator of van de cumulatieve norm vastgesteld na de virtuele uitrol van 5G. Volgens de simulaties kan de 5G-uitrol plaatsvinden in Leopoldburg, rekening houdend met het aangepaste normenkader.

4.3 GENT-CENTRUM

4.3.1 Afbakening gebied met sites

Figuur 3 geeft sites weer van de telecomoperatoren die in deze simulatie werden meegenomen (waar 5G-antennes virtueel aan toegevoegd werden).



Figuur 3: locatie van de antennes voor verschillende sites binnen het afgebakende gebied Gent (centrum)

4.3.2 Toegevoegde 5G-antennes

Tabel 11: overzicht toegevoegde 5G-antennes en gebruikte zendvermogen (Gent, centrum) (cf. 3.5.2)

Frequentie (MHz)	Vermogen (dBm)
700	48
1400	48
3500	55

4.3.3 Aantal antennes van de operatoren

Tabel 12: overzicht aantal antennes per operator dat werd meegenomen in de berekeningen (Gent, centrum)

	Aantal antennes (inclusief 5G)
Operator 1	161
Operator 2	194
Operator 3	483
Totaal	838

4.3.4 Resultaat tov. cumulatieve norm en norm per operator

<u>Simulatie van de blootstelling per operator en vergelijking met de norm per operator</u>

Tabel 13: overzicht van de opvulling van de norm per operator na de virtuele uitrol 5G (Gent, centrum)

Opvulling van de norm per operator voor en na de virtuele uitrol 5G (Gent, centrum)						
				Zonder 5G-antennes		Met 5G-antennes
Operator	Hoogte (m)	Demping	Aantal punten	Maximale opvulling NPO (>1 is overschreden)	Aantal punten	Maximale opvulling NPO (>1 is overschreden)
Operator 1	16	Mmr	114600	0.61	114594	0.95
Operator 2	16	Mmr	99297	0.62	99283	0.86
Operator 3	16	Mmr	142318	1.22 *	142348	**1,30****
Operator 1	13	Mmr	114546	0.39	114584	0.62
Operator 2	13	Mmr	99254	0.35	99282	0.48
Operator 3	13	Mmr	142314	0.49	142346	0.90
Operator 1	10	Mmr	114498	0.27	114559	0.42
Operator 2	10	Mmr	99245	0.23	99279	0.30
Operator 3	10	Mmr	142313	0.34	142345	0.48
Operator 1	7	Mmr	114470	0.20	114540	0.31
Operator 2	7	Mmr	99234	0.17	99277	0.21
Operator 3	7	Mmr	142311	0.24	142344	0.33
Operator 1	4	Mmr	114428	0.15	114499	0.24
Operator 2	4	Mmr	99222	0.13	99269	0.17
Operator 3	4	Mmr	142305	0.18	142343	0.25
Operator 1	2.2	Mmr	114411	0.13	114480	0.20
Operator 2	2.2	Mmr	99210	0.12	99262	0.15
Operator 3	2.2	Mmr	142298	0.16	142340	0.22

*waar er overschrijdingen zijn, zijn er geen verblijfplaatsen

** hoogste overschrijding die werd vastgesteld

Tabel 13 geeft per operator weer in welke mate de norm per operator maximaal wordt opgevuld voor verschillende hoogtes (> 1 is een overschrijding). Enkel hoogtes waarop effectief verblijfplaatsen voorkomen worden weergegeven in de tabel. De simulatie voor de huidige situatie (zonder 5G) en met virtuele toevoeging van 5G wordt weergegeven.

Er worden overschrijding van de norm per operator vastgesteld in 16 punten (het aantal berekende punten is op 16m hoogte 142318). Het gaat om overschrijdingen bij twee sites van één operator. De range van de overschrijdingen gaat van 1 tot 1.30, de grootte van de overschrijdingen is dus beperkt.

De verblijfplaatsen met een overschrijdingen hebben in de attestaanvraag voor deze sites demping muren zoals ook gebruikt in de simulatie.

Simulatie van de blootstelling en vergelijking met de cumulatieve norm

Tabel 14: overzicht van de opvulling van de cumulatieve norm na de virtuele uitrol 5G (Gent, centrum)

Opvulling van de cumulatieve norm voor en na de virtuele uitrol 5G (Gent, centrum)						
				Zonder 5G-antennes		Met 5G-antennes
	Hoogte (m)	Demping	Aantal punten	Maximale opvulling cumulatieve norm (>1 is overschreden)	Aantal punten	Maximale opvulling cumulatieve norm (>1 is overschreden)
Cumulatief	16	geen	154484	0.78	154485	**1.03 (0.32) ***
Cumulatief	13	geen	154484	0.38	154485	0.60
Cumulatief	10	geen	154483	0.28	154485	0.40
Cumulatief	7	geen	154479	0.22	154484	0.30
Cumulatief	4	geen	154480	0.18	154483	0.25
Cumulatief	2.2	geen	154479	0.16	154484	0.23

*Na toepassing van die demping omdat dit punt in een verblijfplaats gelegen is, blijkt dat er geen overschrijding. De opvulling van cumulatieve norm is dan gelijk aan 0.32.

Tabel 14 geeft op verschillende hoogtes de maximale cumulatieve blootstelling weer in verhouding tot de cumulatieve norm (> 1 is een overschrijding). Er wordt op 16 m hoogte een overschrijding van de cumulatieve norm vastgesteld in dezelfde verblijfplaats waar de norm per operator overschreden werd. Dit is echter in een verblijfplaats waardoor ook voor dit punt minstens de demping muur met raam moet toegepast worden. In het onderzoeksgebied zijn er andere operatoren (die enkel moeten voldoen aan de cumulatieve norm zoals radio en TV-antennes). De bijdrage aan de opvulling van de cumulatieve norm is maximaal gelijk aan 3.5 %. Op de locatie met de overschrijding is er echter geen bijdrage van andere operatoren.

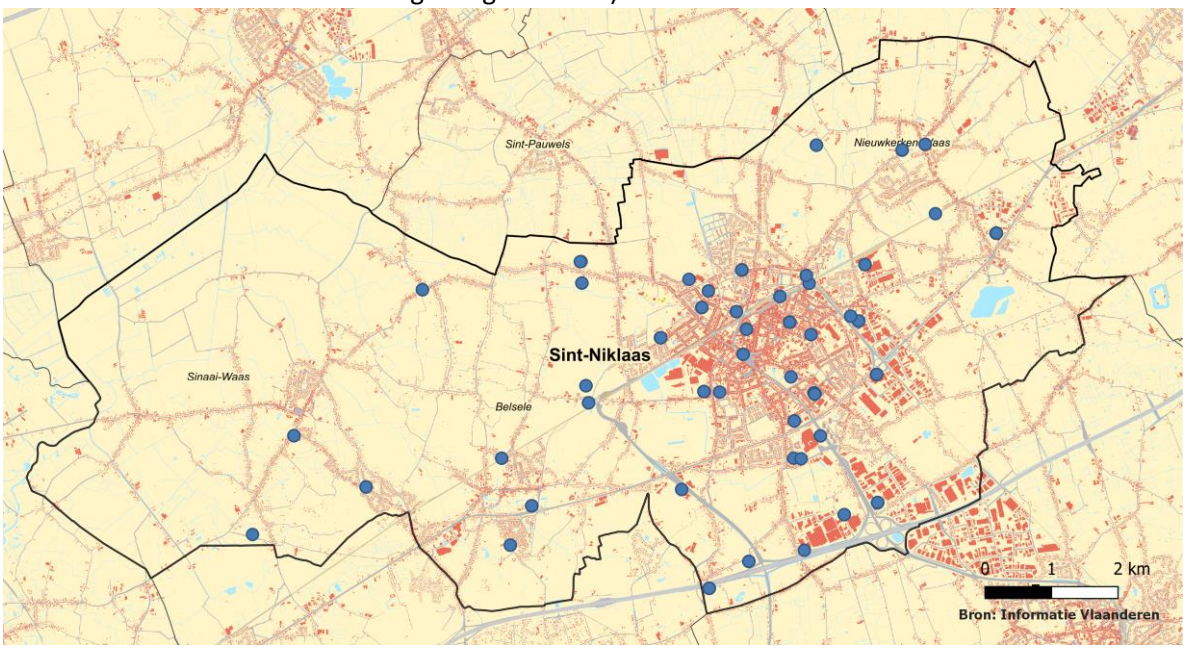
4.3.5 Conclusie

Er wordt geen overschrijding vastgesteld van de cumulatieve norm. Voor de norm per operator werden overschrijdingen gevonden. Om te bepalen om hoeveel overschrijdingen het ging, werden voor een aantal hoogtes waarop verblijfplaatsen voorkomen, detailberekeningen uitgevoerd (14.2m, 14.5m en 15m) op een grid van per hoogte telkens 15361 doorgerekende punten. Ook op 16m hoogte waren er verblijfplaatsen met een overschrijding. Daarvoor werd gebruik gemaakt van het grid op 16m hoogte voor Gent centrum, dat 142338 doorgerekende punten bevat. In minder dan 0.01% van de punten (16 op 188421) werd een overschrijding van de norm per operator vastgesteld. De range van de overschrijding gaat van 1 tot 1.3 en is dus beperkt (> 1 is overschrijding van de norm). Er zijn verschillende mogelijke oplossingen voor deze overschrijding die kunnen toegepast worden. Dat kan bv. door het verminderen van het vermogen van de antennes die zorgen voor de overschrijding. Een andere manier is door bv. 5G-antennes wat meer vermogen te geven en oudere technologie zoals 3G wat minder. De norm per operator laat dit soort aanpassingen toe (in tegenstelling tot de eerdere norm per antenne). Volgens de simulaties kan de 5G-uitrol plaatsvinden in dit gebied Gent (centrum) na beperkte aanpassingen. Er moet ook rekening mee gehouden worden dat de virtuele uitrol van 5G een worst case simulatie is.

4.4 SINT-NIKLAAS

4.4.1 Afbakening gebied met sites

Figuur 4 geeft sites weer van de telecomoperatoren die in deze simulatie werden meegenomen (waar 5G-antennes virtueel aan toegevoegd werden).



Figuur 4: locatie van de antennes voor verschillende sites binnen afgebakende gebied Sint-Niklaas

4.4.2 Toegevoegde 5G-antennes

Deze antennes werden toegevoegd aan de bestaande sites met antennes.

Tabel 15: overzicht toegevoegde 5G-antennes en de gebruikte zendvermogens (Sint-Niklaas) (cf. 3.5.2)

Frequentie (MHz)	Vermogen (dBm)
700	48
1400	48
3500	55

4.4.3 Aantal antennes van de operatoren

Tabel 16: overzicht aantal antennes dat meegenomen werd in de berekeningen (Sint-Niklaas)

	Aantal antennes (inclusief 5G)
Operator 1	317
Operator 2	314
Operator 3	420
Totaal	1051

4.4.4 Resultaat tov. cumulatieve norm en norm per operator

Simulatie van de blootstelling per operator en vergelijking met de norm per operator

Tabel 17: overzicht van de opvulling van de norm per operator na virtuele uitrol 5G (Sint-Niklaas)

Opvulling van de norm per operator na virtuele uitrol 5G (Sint-Niklaas)						
				Zonder 5G-antennes		Met 5G-antennes
Operator	Hoogte (m)	Demping	Aantal punten	Maximale opvulling NPO (>1 is overschreden)	Aantal punten	Maximale Opvulling NPO (>1 is overschreden)
Operator 1	10	Mmr	353186	0.56	353305	0.72
Operator 2	10	Mmr	335820	1.04*	183843	1.33*
Operator 3	10	Mmr	342279	0.53	342522	0.71
Operator 1	7	Mmr	353163	0.32	353247	0.43
Operator 2	7	Mmr	335665	0.61	336321	0.78
Operator 3	7	Mmr	342236	0.33	342445	0.44
Operator 1	4	Mmr	353137	0.21	353302	0.28
Operator 2	4	Mmr	335497	0.40	336368	0.52
Operator 3	4	Mmr	342181	0.24	267809	0.31
Operator 1	2.2	Mmr	353128	0.18	353300	0.23
Operator 2	2.2	Mmr	335397	0.32	336366	0.43
Operator 3	2.2	Mmr	342155	0.20	342521	0.26

*geen verblijfplaatsen waar er overschrijdingen werden gevonden

Tabel 17 geeft per operator weer in welke mate de norm per operator maximaal wordt opgevuld voor verschillende hoogtes (> 1 is een overschrijding). De simulatie voor de huidige situatie (zonder 5G) en met virtuele toevoeging van 5G wordt weergegeven. Na controle van de simulatielocatie blijkt dat er geen verblijfplaatsen voorkomen met een hoogte van 13 m of hoger. De overschrijdingen op 10 m hoogte bevinden zich niet in verblijfplaatsen. Er worden geen overschrijdingen van de norm per operator vastgesteld in deze simulatie.

Simulatie van de blootstelling en vergelijking met de cumulatieve norm

Tabel 18: overzicht van de opvulling van de cumulatieve norm na de virtuele uitrol 5G (Sint-Niklaas)

Opvulling norm per operator en cumulatieve norm na virtuele uitrol 5G (Sint-Niklaas)						
				Zonder 5G-antennes		Met 5G-antennes
	Hoogte (m)	Demping	Aantal punten	Maximale opvulling cumulatieve norm (>1 is overschreden)	Aantal punten	Maximale opvulling cumulatieve norm (>1 is overschreden)
Cumulatief	10	geen	559263	0.66	559308	0.90
Cumulatief	7	geen	559232	0.41	559307	0.59
Cumulatief	4	geen	559172	0.27	559312	0.39
Cumulatief	2.2	geen	559156	0.23	559221	0.32

Tabel 18 geeft op verschillende hoogtes de maximale cumulatieve blootstelling weer in verhouding tot de cumulatieve norm (> 1 is een overschrijding). Per hoogte wordt telkens het punt met de hoogste blootstelling weergegeven in de tabel. De tabel geeft enkel hoogtes weer op plaatsen waar mensen kunnen komen. Er worden geen overschrijdingen van de norm vastgesteld in deze simulatie. Na controle van de simulatielocatie blijkt dat er geen plaatsen waar mensen kunnen komen, voorkomen met een hoogte van 13 m of hoger. De cumulatieve norm is op die hoogtes dus niet van

toepassing. In het onderzoeksgebied zijn er andere operatoren (die enkel moeten voldoen aan de cumulatieve norm zoals radio en TV-antennes) aanwezig. De bijdrage van andere operatoren dan telecomoperatoren is beperkt en maximaal 4% op locaties waar ook antennes van telecomoperatoren aanwezig zijn.

4.4.5 Conclusie

Er worden geen overschrijdingen van de norm per operator of van de cumulatieve norm vastgesteld na de virtuele uitrol van 5G. Volgens de simulaties kan de 5G-uitrol plaatsvinden in Sint-Niklaas, rekening houdend met het aangepaste normenkader.

5 BESLUIT

Dit rapport kadert in Deel 5 “Simulaties” van het onderzoek ‘Nieuwe ontwikkelingen rond 5G, de maatschappelijke impact van de uitrol van 5G-netwerken op de stralingsblootstelling’ en heeft als doel de haalbaarheid van de uitrol van een 5G-netwerk in Vlaanderen, toegevoegd aan de bestaande telecomnetwerken te onderzoeken. Hierbij wordt rekening gehouden met een aangepast normenkader.

Met behulp van een toepassing die het Departement Omgeving samen met IMEC ontwikkelde, werd de 5G-uitrol gesimuleerd. Dit gebeurde door middel van simulatieberekeningen, waarbij 5G-antennes (700 MHZ, 1400 MHz en 3500 MHz) werden toegevoegd aan bestaande antennesites.

Het gaat hierbij om een worst case simulatie met telkens hetzelfde vermogen voor de toegevoegde 5G-antennes. Dit is het maximaal mogelijk vermogen en is bepaald op basis van al afgeleverde attesten, studies van het BIPT en op basis van inzichten van IMEC. Daarnaast werd in de worst case simulaties voor verblijfplaatsen enkel rekening gehouden met de laagst mogelijke demping.

In dit rapport zijn de resultaten van de simulaties voor 4 locaties die representatief zijn voor Vlaanderen opgenomen. Het gaat om locaties met een stedelijk of landelijk karakter of om een combinatie van beide.

De resultaten bestaan per simulatie uit een aftoetsing aan de norm per operator en de cumulatieve norm, gebruik makend van de laatst goedgekeurde situatie op het terrein (info uit conformiteitsattesten) en de toegevoegde 5G-antennes. De opvulling van de norm per operator wordt getoetst voor verblijfplaatsen. De opvulling van de cumulatieve norm wordt getoetst voor plaatsen waar mensen kunnen komen.

Het overzicht van de resultaten van de simulaties geeft aan dat er in minder dan 0.01% van de doorgerekende punten een overschrijding werd vastgesteld op een hoogte waar een verblijfplaats gelegen is. De overschrijdingen zijn ook beperkt in grootte met range van 1 tot 1.3 (>1 is een overschrijding). De impact op het netwerk is dus zeer beperkt. Op alle andere berekende punten tonen de simulaties aan dat de 5G-uitrol haalbaar is binnen het nieuwe normenkader.

Bijkomend geven de simulaties aan dat andere operatoren dan de telecomoperatoren (bv. Radio en TV-antennes) slechts weinig bijdragen aan de opvulling van de cumulatieve norm op locaties waar de opvulling van de cumulatieve norm door de telecomoperatoren substantieel is.

Volgens de simulatie is de uitrol van 5G haalbaar, met beperkte inspanningen voor de operatoren, binnen het nieuw voorgestelde normenkader dat bestaat uit een cumulatieve norm en een norm per operator voor verblijfplaatsen die gelijk is aan één vijfde (in vermogen) van de cumulatieve norm.

REFERENTIES

- Reductiefactoren voor actieve antennesystemen (2021) W. Joseph, UGent
- Studie van 15 september 2018 betreffende de impact van de Brusselse stralingsnormen op de uitrol van de mobiele netwerken (2018) Belgisch Instituut voor Postdiensten en Telecommunicatie
- Rekenmodel berekening veldsterkte (2021) Vlaams Planbureau voor Omgeving (Departement Omgeving)