

Belgisch Instituut voor postdiensten en telecommunicatie

**Studie van 12 september 2018  
betreffende de impact van de  
Brusselse stralingsnormen op de  
uitrol van de mobiele netwerken**



## Inhoudsopgave

---

<b>1.</b>	<b>Context .....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>Stralingsnormen.....</b>	<b>4</b>
<b>3.</b>	<b>Stralingsnormen in België .....</b>	<b>5</b>
3.1.	Algemeen .....	5
3.2.	Brussels Hoofdstedelijk Gewest .....	6
3.3.	Vlaams Gewest .....	6
3.4.	Waals Gewest .....	6
<b>4.</b>	<b>Brusselse normen in 2018 .....</b>	<b>7</b>
4.1.	Vergelijking met de andere normen.....	7
4.2.	Impact op de ontwikkeling van de telecommunicatie.....	8
<b>5.</b>	<b>Evolutie van de sector van de mobiele telecommunicatie.....</b>	<b>9</b>
5.1.	Technologische evolutie .....	9
5.2.	Toename van het verkeer.....	10
5.3.	Massive MIMO.....	11
<b>6.</b>	<b>Evolutie van de mobiele telecommunicatie in België .....</b>	<b>13</b>
6.1.	Huidige situatie .....	13
6.2.	Multibandveiling.....	14
6.3.	Situatie na 2020 .....	14
6.4.	Stopzetting van 2G en/of 3G.....	14
<b>7.</b>	<b>Evolutie van de Brusselse normen.....</b>	<b>15</b>
7.1.	Algemeen .....	15
7.2.	Massive MIMO.....	16
7.3.	Optimale limieten (nominaal vermogen, maximale kwaliteit).....	16
7.4.	Conservatieve limieten (huidige vermogen per MHz, huidige kwaliteit) .....	19
<b>8.</b>	<b>Conclusies .....</b>	<b>20</b>
<b>Bijlage 1: Vergelijking van de nationale normen.....</b>		<b>21</b>
<b>Bijlage 2: Berekeningsmethode gebruikt voor het bekomen van de optimale limieten</b>		<b>23</b>

## 1. Context

In een brief die ontvangen is op 18 juli 2018 heeft vice-eersteminister en minister van Telecom, de heer Alexander De Croo, aan het BIPT gevraagd om hem aanbevelingen te geven over de wijzigingen die moeten worden aangebracht in de Brusselse stralingsnormen om te kunnen voldoen aan de toekomstige behoeften van de telecommunicatiesector.

In zijn brief heeft hij meer bepaald het volgende gevraagd:

*« In België worden de stralingsnormen op gewestelijk niveau vastgelegd. Vooral in Brussel maakt de opgelegde norm (6 volt per meter cumulatief voor alle operatoren) het onmogelijk om te investeren in 5G en zullen er ook meer en meer congestieproblemen ontstaan voor 4G.*

*Het lijkt me aangewezen dat het BIPT een studie uitvoert en een aanbeveling schrijft over welke stralingsnormen noodzakelijk zijn om aan de minimale noden van de sector te voldoen in de nabije toekomst.*

*Op die manier kunnen we het debat objectiveren. »*

In een brief die ontvangen is op 17 augustus 2018 heeft de minister van Milieu, mevrouw Céline Fremault, aan het BIPT gevraagd om haar een advies te verstrekken over de bestaande Brusselse stralingsnormen, alsook over de mogelijkheid om af te zien van bepaalde technologieën die momenteel worden gebruikt.

In haar brief is meer bepaald het volgende gevraagd:

*“Kunt u ons daarom een advies verstrekken over de stand van de verzadiging van het huidige Brusselse netwerk ((2G,3G,4G) in het kader van de huidige norm van 6V/m? In concreto, maakt de huidige norm van 6V/m het mogelijk een kwaliteitsvol en goed presterend netwerk te garanderen met de technologieën die momenteel worden gebruikt (2G, 3G, 4G)?*

*Zou u ook in dat advies kunnen vermelden of het mogelijk zou zijn om de nieuwe 5G-technologie te integreren in het kader van de huidige norm van 6V/m, rekening houdende met de huidige netwerken en technologieën?*

*Zou u, parallel met deze vragen kunnen aangeven of het op korte of middellange termijn denkbaar is om af te zien van bepaalde technologieën die momenteel worden gebruikt, om plaats te maken voor de 5G-technologie? Zou, in een bevestigend geval, de afstand van een technologie snel genoeg effectief kunnen zijn om plaats vrij te maken voor 5G terwijl er goed presterende netwerken behouden blijven voor alle soorten gebruikers?” (vrije vertaling)*

Deze impactstudie geeft een antwoord op de bovenstaande vragen.

## 2. Stralingsnormen

Het doel van de stralingsnormen is om het publiek te beschermen tegen de effecten die zich kunnen voordoen als gevolg van een blootstelling aan elektromagnetische velden.

De stralingslimieten worden doorgaans gespecificeerd door een limiet van het elektrisch veld uitgedrukt in V/m, of door een limiet van de vermogensfluxdichtheid uitgedrukt in W/m<sup>2</sup>.

Er is een verband tussen de vermogensfluxdichtheid ( $P_s$ ) en het elektrisch veld (E):

$$P_s = \frac{E^2}{376,73}$$

als men het vermogen van een antenne verdubbelt, dan wordt de vermogensfluxdichtheid die door deze antenne wordt voortgebracht verdubbeld, terwijl het elektrisch veld dat wordt voortgebracht, vermenigvuldigd wordt met  $\sqrt{2}$  (ongeveer 1,4).

De stralingslimieten variëren doorgaans naargelang van de gebruikte frequentie. Voor de eenvoud specificeert men vaak enkel de stralingslimiet die overeenkomt met de 900 MHz-frequentie.

Blootstellingsnormen bestaan al tientallen jaren en hebben als bedoeling de mensen te beschermen tegen te hoge RF-straling, en dit in verschillende omgevingen. Naargelang de omgeving worden er internationaal verschillende normen gehanteerd. Typische voorbeelden zijn militaire normen, normen voor werknemers en normen voor het algemene publiek. In elk van deze gebieden worden telkens strengere normen gehanteerd.

Wereldwijd geniet de ICNIRP<sup>1</sup>-norm voor werknemers en voor het algemene publiek de grootste bekendheid. Die norm is gebaseerd op de wetenschappelijke vaststelling dat weefsel kan opwarmen wanneer het blootgesteld wordt aan RF-energie (bv. microgolfoven). De ICNIRP-normen garanderen dat deze opwarming niet zal optreden.

De EU heeft op een aanbeveling uitgevaardigd met normen voor het algemene publiek die aansluiten bij deze ICNIRP-norm. De verschillende regio's in België hebben tot bijkomende, strengere, normen besloten.

Binnen de wetenschappelijke wereld bestaat er een consensus over de degelijkheid van deze normen om garanties te bieden om de hierboven vernoemde opwarmingseffecten te vermijden. Over de fysische en medische mechanismen die de achtergrond vormen voor het ontstaan van andere mogelijk effecten worden al jarenlang talloze studies uitgevoerd. Het BIPT heeft geen bevoegdheid noch competentie op het vlak van het milieu noch op het vlak van de volksgezondheid. Het beschikt immers over geen algemeen gedragen bewijs dat er andere effecten mogelijk zou zijn.

Daarom in dit document onderzoeken wij het stralingsniveau, vertrekkende van de technische kenmerken van de radionetten en met het doel de optimale werking ervan te garanderen, en dit los van mogelijke andere elementen. Dit document stelt enkel waarden voor op basis van wat radiotechnisch mogelijk en nodig is voor het ontplooiën van netwerken. Hierbij dient opgemerkt te worden dat het technisch mogelijk is om het zendvermogen van een mast, binnen bepaalde grenzen, in te stellen. Dit heeft zijn weerslag op de dekking en kwaliteit van de dienst die wordt aangeboden via de mast. De twee uitersten - maximaal vermogen met maximale kwaliteit (zie paragraaf 7.3) en huidige vermogen per MHz met huidige kwaliteit (zie paragraaf 7.4) - zullen verderop in dit document worden besproken.

### 3. Stralingsnormen in België

#### 3.1. Algemeen

Het Grondwettelijk Hof heeft geoordeeld<sup>2</sup> dat de algemene bevoegdheid van de gewesten die tot doel heeft de bescherming van het leefmilieu te regelen, de bevoegdheid impliceerde om maatregelen te nemen, teneinde de risico's die verbonden zijn aan de niet-ioniserende stralingen te voorkomen en te beperken, inclusief de beperking van de blootstelling van de mens aan het risico van deze stralingen die zich in het milieu verspreiden.

De stralingsnormen variëren dus van gewest tot gewest. De drie gewesten hebben strengere stralingsnormen vastgesteld dan wordt aanbevolen in de aanbevelingen van de ICNIRP<sup>3</sup> en van de Europese Unie<sup>4</sup>.

---

<sup>1</sup> International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, <https://www.icnirp.org/>

<sup>2</sup> Arrest nr. 2/2009 van 15 januari 2009.

<sup>3</sup> International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, "Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)", *Health Physics* 74(4): 494-522 (1998).

<sup>4</sup> Aanbeveling 1999/519/EG van de Raad van 12 juli 1999 betreffende de beperking van blootstelling van de bevolking aan elektromagnetische velden van 0 Hz — 300 GHz.

### 3.2. Brussels Hoofdstedelijk Gewest

De ordonnantie van 1 maart 2007 *betreffende de bescherming van het leefmilieu tegen de eventuele schadelijke effecten en hinder van niet-ioniserende stralingen* legt een cumulatieve limiet van 0,096 W/m<sup>2</sup> (of ongeveer 6 V/m) op bij een frequentie van 900 MHz in alle voor het publiek toegankelijke plaatsen. Deze limiet varieert naargelang van de frequentie:

- 0,043 W/m<sup>2</sup> voor de frequenties tussen 0,1 en 400 MHz;
- $f/9375$  uitgedrukt in W/m<sup>2</sup> tussen 400 MHz en 2 GHz, waarbij f staat voor de frequentie uitgedrukt in MHz;
- 0,22 W/m<sup>2</sup> voor de frequenties tussen 2 GHz en 300 GHz.

Krachtens het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 30 oktober 2009 *betreffende bepaalde antennes die elektromagnetische golven uitzenden* mag het geheel van de antennes van een operator 33% van de cumulatieve limiet niet overschrijden.

Het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 8 oktober 2009 *tot vaststelling van de methode en de omstandigheden voor de meting van het elektromagnetische veld dat door bepaalde zendmasten uitgezonden wordt*, alsook het ministerieel besluit van 30 juni 2010 *betreffende de validering van een simulatietool voor de berekening van het elektrisch veld van een antenne die elektromagnetische golven uitzendt*, zijn eveneens van toepassing.

### 3.3. Vlaams Gewest

Het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 *houdende algemene en sectorale bepalingen inzake milieuhygiëne (VLAREM II)* stelt een cumulatieve limiet vast van 20,58 V / m bij een frequentie van 900 MHz, voor alle voor het publiek toegankelijke plaatsen. Deze limiet varieert naargelang van de frequentie:

- 13,7 V/m voor de frequenties tussen 10 en 400 MHz;
- $0,686 \sqrt{f}$  uitgedrukt in V/m tussen 400 MHz en 2 GHz, waarbij f staat voor de frequentie uitgedrukt in MHz;
- 30,7 V/m voor de frequenties tussen 2 GHz en 10 GHz.

Krachtens het besluit van de Vlaamse Regering van 1 juni 1995 mag geen enkele antenne<sup>5</sup> van een operator 3 V/m overschrijden bij een frequentie van 900 MHz, wat overeenstemt met 2,125%<sup>6</sup> van de cumulatieve limiet.

In de praktijk<sup>7</sup> is het dus altijd de limiet per antenne die het meest restrictief is.

### 3.4. Waals Gewest

Het decreet van 3 april 2009 *betreffende de bescherming tegen de eventuele schadelijke effecten en hinder van de niet-ioniserende stralingen die door stationaire zendantennes gegenereerd worden* stelt een limiet van 3 V/m voor elke antenne<sup>8</sup> van een operator vast, ongeacht de frequentie.

---

<sup>5</sup> Voor het Vlaams Gewest moet ervan worden uitgegaan dat er een antenne is per aangewende technologie en per frequentieband.

<sup>6</sup>  $(3/20,58)^2$ .

<sup>7</sup> Tot 47 antennes.

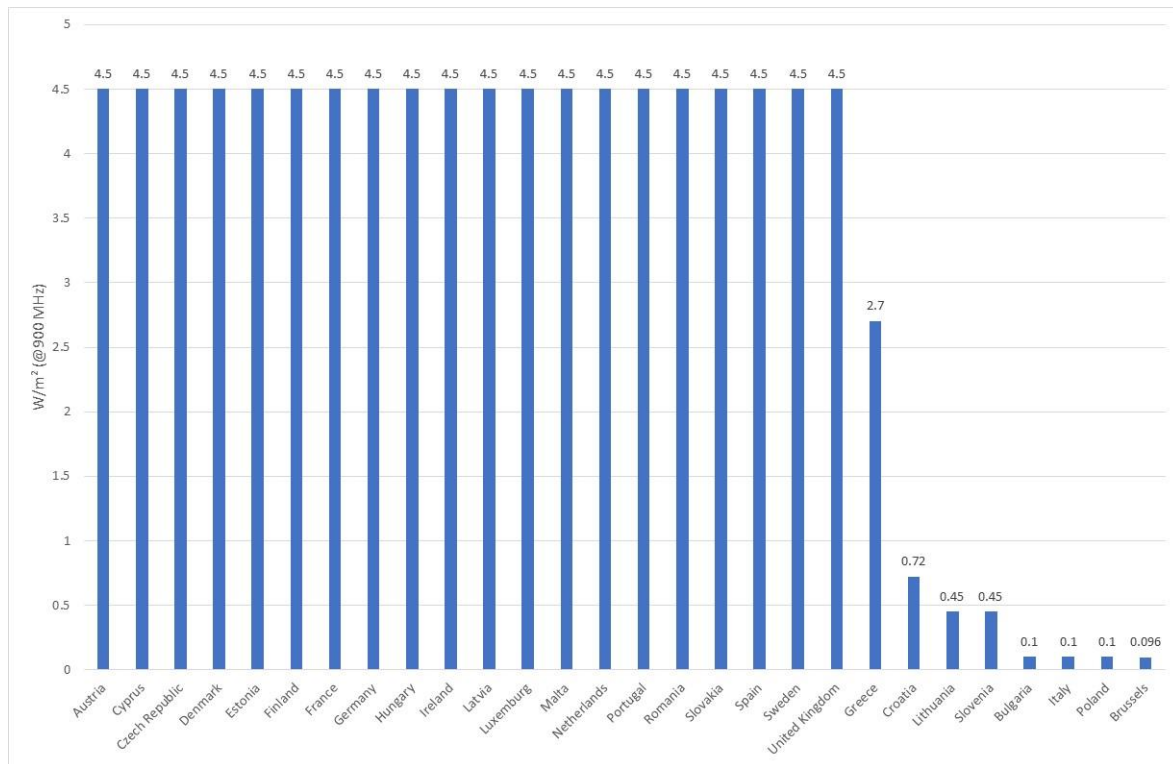
<sup>8</sup> Voor het Waals Gewest moet ervan worden uitgegaan dat er een antenne is per aangewende technologie.

## 4. Brusselse normen in 2018

### 4.1. Vergelijking met de andere normen

De Brusselse stralingsnormen zijn bijna 50 keer strenger dan wat aanbevolen wordt in de aanbevelingen van de ICNIRP en van de Europese Unie.

In figuur 1 is een vergelijking te zien van de stralingslimieten (bij een frequentie van 900 MHz) in de verschillende landen van de Europese Unie.



**Figuur 1 - Vergelijking van de stralingslimieten (@900 MHz) in de Europese Unie<sup>9</sup>**

Het is niet evident om de normen van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (cumulatieve limiet) te vergelijken met de normen van de overige twee gewesten (limiet per antenne). In het geval van limieten per antenne hangt de resulterende totale limiet immers af van het aantal operatoren, van het aantal toegepaste technologieën en van het aantal gebruikte frequentiebanden. Met de komst van 5G, van nieuwe frequentiebanden, zelfs van een vierde operator, zal het aantal antennes toenemen en zal het verschil tussen de normen van het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en de normen van de andere twee gewesten enkel maar vergroten.

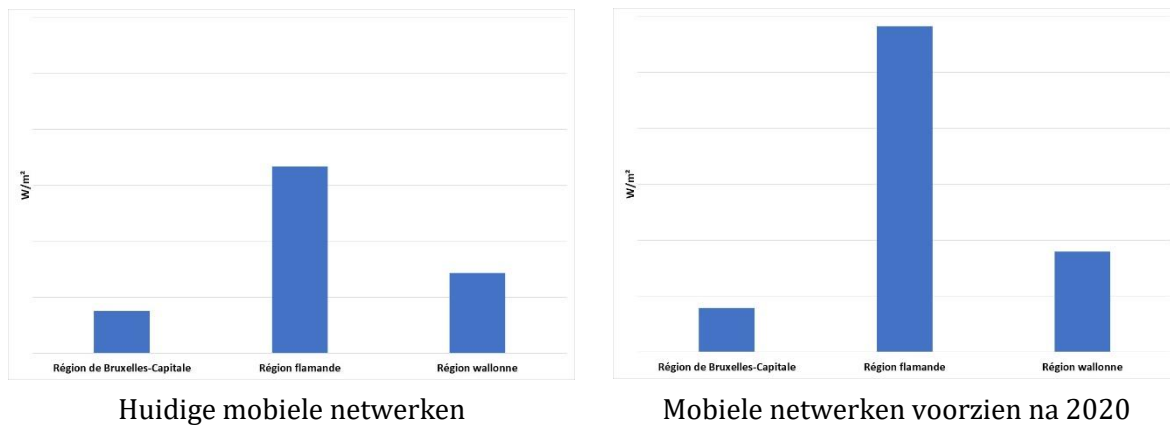
In figuur 2 worden de normen in de drie gewesten vergeleken, respectievelijk voor de uitrol van de huidige mobiele netwerken<sup>10</sup> (zie paragraaf 6.1), en voor de uitrol van de mobiele netwerken die voorzien wordt na 2020<sup>11</sup> (zie paragraaf 6.3), in het geval van drie operatoren. De

<sup>9</sup> Gebaseerd op de gegevens verstrekt in "Comparison of international policies on electromagnetic fields", National Institute for Public Health and the Environment, The Netherlands. Voor de landen die geen limiet hebben, neemt men de limieten van de aanbevelingen van de ICNIRP en van de Europese Unie.

<sup>10</sup> 6 antennes (LTE800, GSM900, UMTS900, DCS1800, LTE1800 en UMTS2000) per operator voor het Vlaams Gewest, en 4 antennes per operator, voor het Waals Gewest (gsm, DCS, UMTS en LTE).

<sup>11</sup> 10 antennes (NR700, LTE800, GSM900, UMTS900, NR1400, DCS1800, LTE1800, UMTS2000, LTE2600 en NR3600) per operator voor het Vlaams Gewest, en 5 antennes per operator voor het Waals Gewest (gsm, DCS, UMTS, LTE en NR).

berekeningen worden gedetailleerd in bijlage 1. In geval van vier operatoren zou het verschil nog groter zijn.



**Figuur 2 – Vergelijking van de normen in de drie gewesten**

Voor de uitrol van de huidige mobiele netwerken zijn de Brusselse stralingsnormen meer dan 4 keer strenger dan de Vlaamse normen en bijna 2 keer strenger dan de Waalse. Voor de uitrol van de mobiele netwerken die voorzien zijn na 2020 zullen de Brusselse stralingsnormen meer dan 7 keer strenger zijn dan de Vlaamse normen en meer dan 2 keer strenger dan de Waalse.

#### 4.2. Impact op de ontwikkeling van de telecommunicatie

De noodzaak om mobiele netwerken te ontwerpen die voldoen aan stralingsnormen die restrictiever zijn dan de internationale aanbevelingen, vertaalt zich in een vermindering van de flexibiliteit voor de uitrol van het netwerk, in het bijzonder in termen van optimale lokalisatie van de sites. Bovendien moeten de operatoren, om de stralingsnormen te eerbiedigen, het door hun antennes uitgestraalde vermogen beperken. Die beperking heeft invloed op de dekking, hetgeen de kwaliteit van de dienstverlening aan de gebruikers beïnvloedt.

De wijzigingen van de Brusselse stralingsnormen in 2014 hebben het mogelijk gemaakt om 4G uit te rollen in min of meer acceptabele voorwaarden. De gewijzigde normen, die 50 keer strenger blijven dan de internationale aanbevelingen, vormen echter geen oplossing op lange termijn voor de uitrol van 4.5G en van 5G. De mededeling van de Raad van het BIPT van 15 februari 2013 *met betrekking tot de stralingsnormen in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest* en in het bijzonder paragraaf 3 ervan, geldt nog steeds.

De Brusselse normen hebben de operatoren verplicht om het vermogen van het merendeel van hun basisstations te beperken, waardoor zowel de dekking van de netwerken (en vooral binnenshuis) als hun capaciteit om tegelijk de behoeften van een groot aantal gebruikers te dekken, beïnvloed worden.

Aangezien de velden die door de in dienst zijnde netwerken worden geproduceerd, reeds de Brusselse limiet (6 V/m) bereiken, is het onmogelijk om nieuwe frequentiebanden in dienst te stellen. De Brusselse normen hebben trouwens al de indienststelling van frequenties die aan de operatoren zijn toegewezen, geblokkeerd. De huidige netwerken (2G,3G,4G) zijn duidelijk verzadigd in het kader van de huidige norm van 6 V/m.

De Brusselse normen hebben al een negatieve impact op het aanbod van de bestaande diensten, maar zouden vooral een zeer ernstige belemmering kunnen vormen voor de komst van nieuwe diensten, zoals 4.5G of 5G.

## 5. Evolutie van de sector van de mobiele telecommunicatie

### 5.1. Technologische evolutie

In elk decennium duikt een nieuwe generatie van mobiele-telecommunicatienormen op.

Het gebruik van mobiele telefoons is gestart in de jaren 80. Met deze mobiele telefoons kon enkel maar analoog worden gebeld. Verscheidene normen voor mobiele telecommunicatie van de eerste generatie (1G) bestonden naast elkaar en de gebruikte frequentiebanden waren niet echt geharmoniseerd.

De tweede generatie (2G) kwam in de jaren 90. De 2G-normen zijn aanvankelijk ontworpen voor digitale mobiele telefonie, ook al hebben de evoluties die erop zijn gevolgd, het mogelijk gemaakt om gegevens over te dragen. In Europa is de gebruikte 2G-norm de gsm-norm en de evoluties ervan (GPRS en EDGE).

De derde generatie (3G) kwam in de jaren 2000. De 3G-normen maken in essentie de overdracht van mobiele gegevens mogelijk, naast mobiel telefoneren. In Europa is de gebruikte 3G-norm de UMTS-norm en de evoluties ervan (HSDPA, HSUPA en HSPA+).

Met de komst van de vierde generatie (4G) is de sprong gemaakt van mobiele gegevens naar mobiele breedband. In Europa is de gebruikte 4G-norm de LTE-norm en de evolutie ervan LTE\_Advanced (4G+).

De uitrol van 4.5G is al begonnen. De 4.5G-norm (LTE-Advanced Pro) is een evolutie van de LTE-norm waarbij men verschillende frequentiebanden tegelijk gebruikt om het aangeboden debiet te verhogen.

De vijfde generatie (5G) is bestemd om in de jaren 2020 de fakkel over te nemen van de vierde generatie. 5G wordt gepresenteerd als de generatie van de grote verandering, die niet kan worden samengevat als een eenvoudige verhoging van de bitsnelheden, zoals dat het geval is geweest bij de voorgaande mobiele generaties. In Europa zal als 5G-norm waarschijnlijk de NR-norm worden gebruikt<sup>12</sup>. Het gaat er niet enkel meer om het grote publiek van performante en breedbandige spraak- en dataverbindingen te voorzien, maar ook om de zeer diverse economische en maatschappelijke sectoren te digitaliseren en te interconnecteren. Deze sectoren worden in het kader van 5G aangeduid als “*verticals*”. Het gaat hier onder meer over de automobielindustrie, de veiligheidsdiensten, de energiesector, de gezondheidssector, de media, enz... Elke sector zal gekenmerkt zijn door specifieke communicatiebehoeftes. 5G zal een technologie zijn die vanaf de conceptiefase hiervoor ontwikkeld werd en inzetbaar zal zijn in al deze verschillende domeinen.

De specifieke technische kenmerken van 5G ten opzichte van 4G situeren zich op drie niveaus:

1. supersnelle mobiele verbindingen met maximaal debiet (tot 20 GBits/sec als piekcapaciteit en 100MBits/sec voor elke gebruiker);
2. sterk verbeterde *latency* of een snellere responstijd (1 ms);
3. het aantal verbonden objecten (tot 1.000.000 objecten per vierkante kilometer).

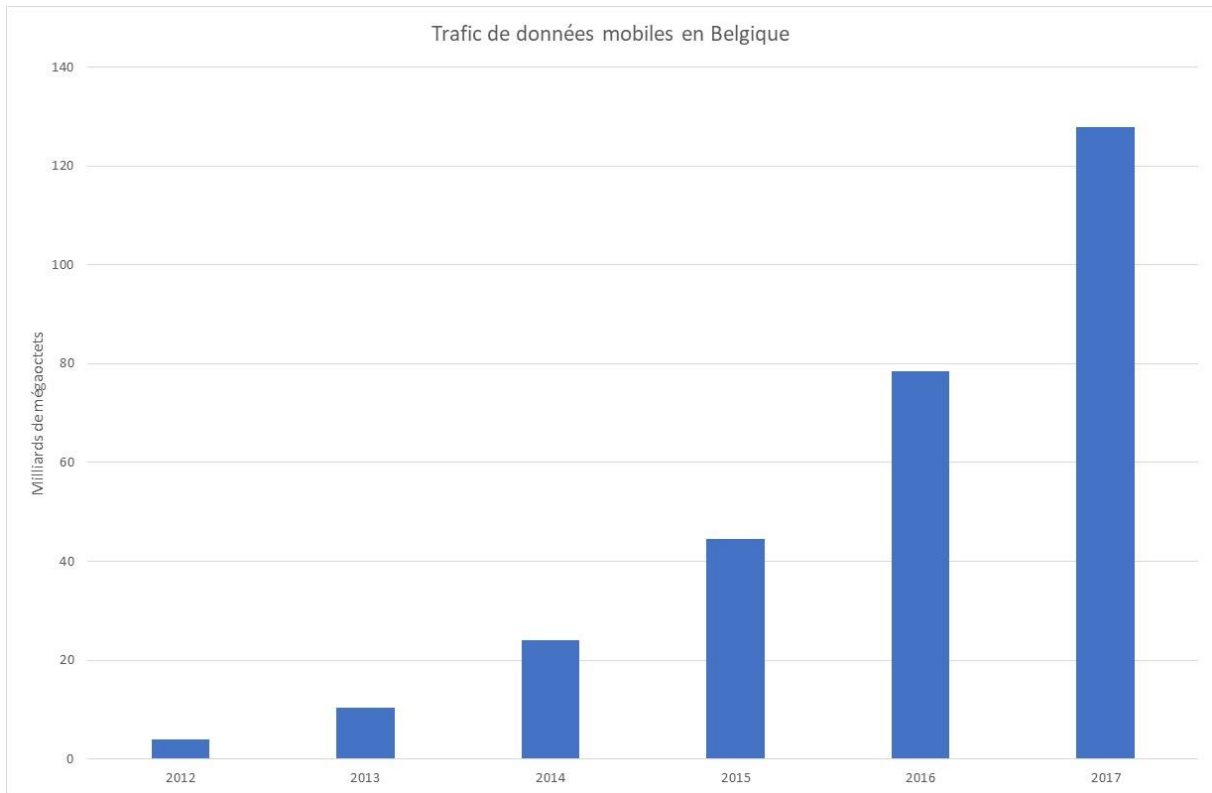
Dit zal leiden tot een sterk verbeterde mobiele communicatie, ultrabetrouwbare netwerken voor Internet of Things en toepassingen waarbij een zeer lage latency van belang is, zoals voor de zelfrijdende wagen.

---

<sup>12</sup> *New Radio*.

## 5.2. Toename van het verkeer

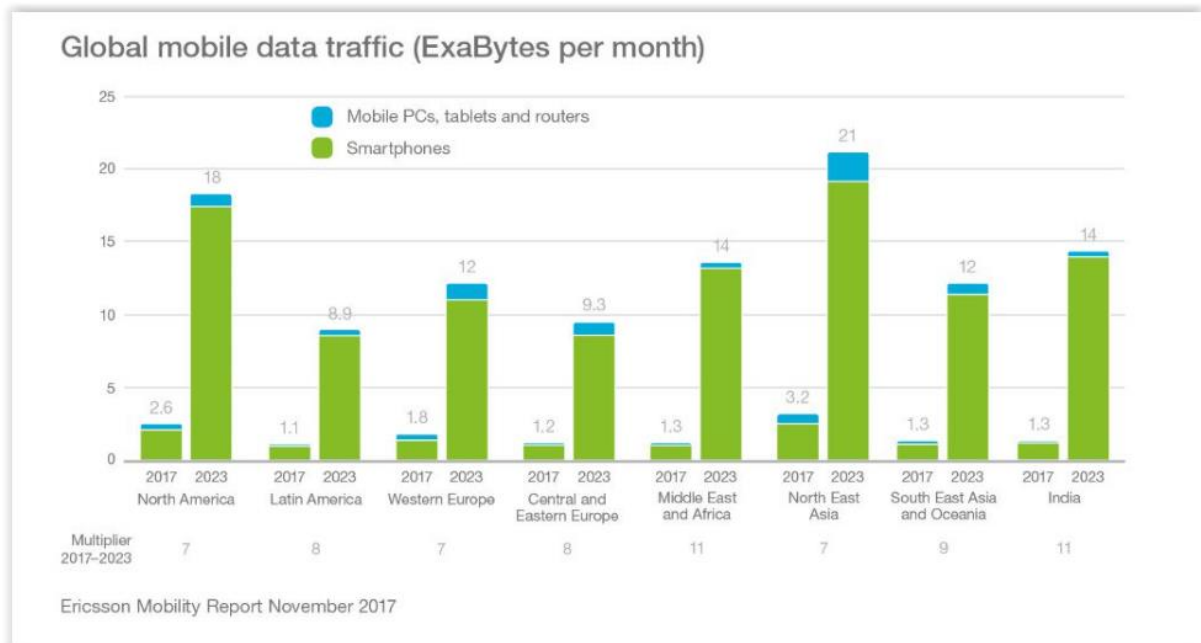
Het mobiele-dataverkeer is letterlijk explosief gegroeid in België, gaande van 3,86 miljard megabyte in 2012 naar 127,84 miljard megabyte in 2017 (zie figuur 3)<sup>13</sup>. Het gemiddelde maandelijkse dataverbruik voor België blijft echter een stuk onder het OESO-gemiddelde.



**Figuur 3 - Evolutie van het mobiele-dataverkeer in België tussen 2012 en 2017**

Deze trend zal zich allicht in de komende jaren nog voortzetten. Volgens de schattingen van Ericsson zal het mobiele-dataverkeer voor geheel West-Europa tussen 2017 en 2023 zich waarschijnlijk verzevenvoudigen, gaande van 1800 miljard megabyte per maand tot 12000 miljard megabyte per maand (zie figuur 4).

<sup>13</sup> Zie ("Situatie van de elektronische-communicatie- en televisiemarkt in 2017", paragraaf 5.



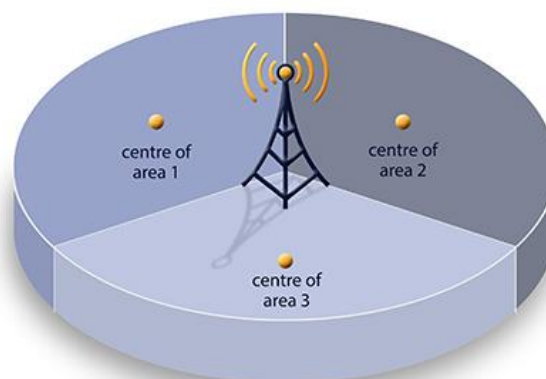
**Figuur 4 - Voorspellingen van de evolutie van het maandelijkse mobiele-dataverkeer in West-Europa**

### 5.3. Massive MIMO

De 5G technologie introduceert een nieuw concept in de wereld van de mobiele telefonie: Massive MIMO. Het betreft hier een technologie die reeds verschillende decennia toegepast wordt in andere domeinen (o.a. militair).

Klassiek bestaat een netwerk voor mobiele telefonie uit zendmasten die verspreid staan over het land. Meestal bevinden er zich per aanwezige operator 3 antennes (per technologie 2G, 3G of 4G) op de mast, die elk de dekking van een gebied in een andere richting rond de mast voor zich nemen.

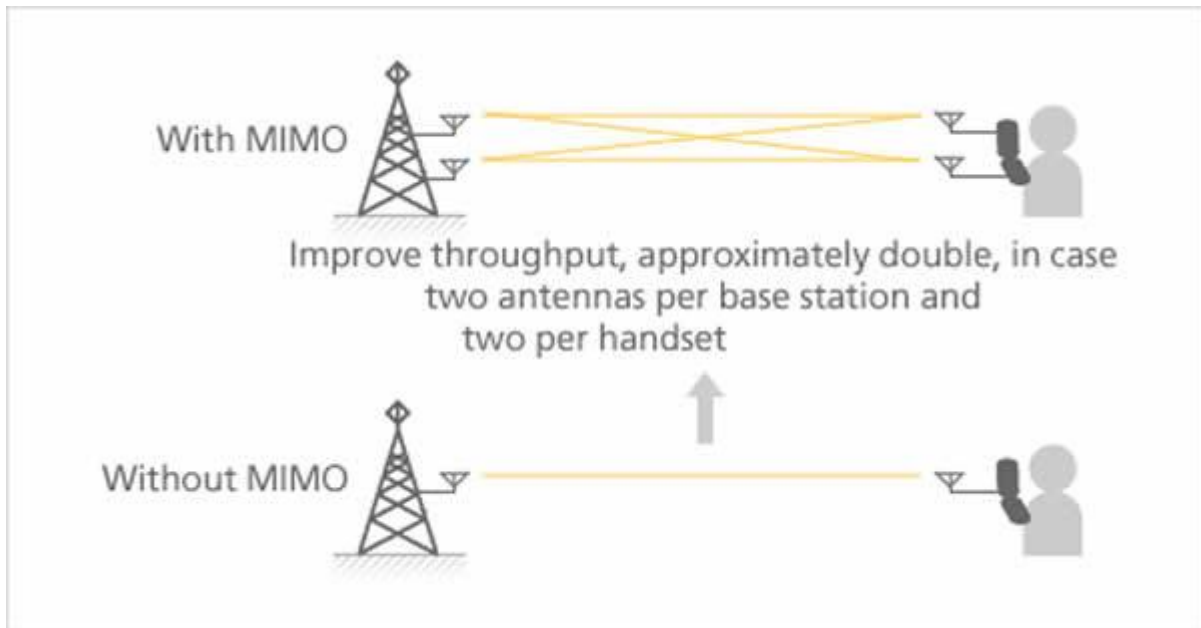
cell tower with 3 cells, each with 120° angle



**Figuur 5 - Opdeling in drie cellen van het gebied rondom een mast met drie sectorantennes (Bron: <http://wiki.opencellid.org/wiki/FAQ>)**

Het MIMO-concept (Multiple In Multiple Out) gaat gebruikmaken van verschillende antennes om éénzelfde antennesector te dekken. Er kunnen verschillende voordelen gehaald worden uit deze techniek: het debiet per gebruiker kan verhoogd worden (spatial multiplexing), of de signaalkwaliteit kan geoptimaliseerd worden voor plaatsen met moeilijke dekking (spatial

diversity). Ook vandaag wordt in de wereld van de mobiele telefonie reeds gebruikgemaakt van klassieke MIMO-technieken: op de meeste 4G-masten wordt 2x2 MIMO toegepast (wat een verdubbeling van het debiet oplevert). En zelfs in 3G werd al antenna diversity gebruikt.

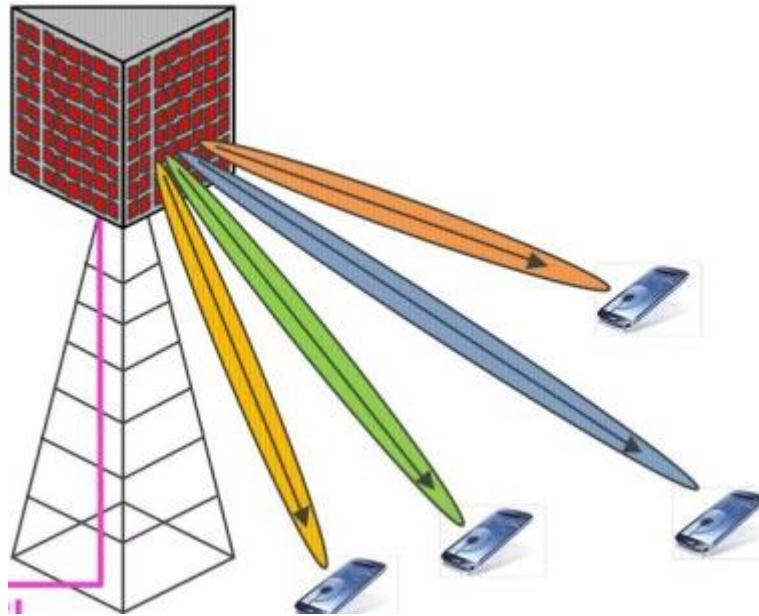


**Figuur 6 - Schematische voorstelling van de verschillende verbindingen zonder MIMO en voor 2x2 MIMO (Bron: <https://www.4g.co.uk/4g-lte-advanced/>)**

Wat nieuw is in 5G is dat verschillende MIMO-streams zullen gebruikt worden om tegelijkertijd verschillende trafiek naar verschillende gebruikers te zenden (multi-user MIMO). Om dat alles voor elkaar te krijgen, is een veelheid aan antennes nodig. Vandaar de naam 'Massive' MIMO. Bij klassieke MIMO worden enkele antennes (bijvoorbeeld 2 of 4) gebruikt voor het zenden of ontvangen, maar bij Massive MIMO zal het basisstation vele antennes (tientallen, misschien wel tot 100) inzetten, gerangschikt in een rooster (array).

Dit laat toe om de capaciteit van het basisstation enorm uit te breiden zonder meer spectrum te vereisen. De bedoeling is om verschillende gebruikers tegelijk te bedienen op basis van afzonderlijke antennebundels per gebruiker.

Massive MIMO wordt beschouwd als één van de sleutels en basiscomponenten van een modern nieuw 5G-netwerk.



**Figuur 7 - [Bron: [www.semanticscholar.org](http://www.semanticscholar.org)]**

In tegenstelling tot een klassieke antenne voor mobiele telefonie, die alle signalen voor alle gebruikers steeds op dezelfde egale manier uitzenden over hun hele celoppervlakte, zal het Massive MIMO-systeem het signaal richten naar de mobiele eindtoestel waarvoor het bestemd is. Hierdoor is er minder energievervalsing, omdat er niet wordt uitgestraald in richtingen waar dit niet nodig is (wat op de dag van vandaag nog wel het geval is). Met andere woorden: de Massive MIMO in 5G zal tijdelijk het stralingsniveau verhogen bij de gebruiker, maar er is veel minder constante straling voor iedereen die zich in de dekkingszone van de mast bevindt.

## 6. Evolutie van de mobiele telecommunicatie in België

### 6.1. Huidige situatie

De drie Belgische mobiele operatoren hebben elk een 2G-netwerk, een 3G-netwerk en een 4G-netwerk. Elk van die netwerken gebruikt zowel een lage band (onder 1000 MHz) als een hoge band (boven 1000 MHz).

De lage banden worden gebruikt om een dekking van het gehele grondgebied te garanderen alsook een dekking in de gebouwen. De hoge banden worden doorgaans enkel gebruikt daar waar bijkomende capaciteit nodig is.

Tabel 1 toont welke technologieën er worden uitgerold in welke banden.

Technologie	Banden gebruikt voor de dekking	Banden gebruikt voor de capaciteit
2G	900 MHz <sup>14</sup>	1800 MHz <sup>15</sup>
3G	900 MHz	2000 MHz <sup>16</sup>
4G	800 MHz <sup>17</sup>	1800 MHz

**Tabel 1 - Banden gebruikt door de mobiele netwerken in 2018**

<sup>14</sup> Gepaarde frequentiebanden 880-915 MHz en 925-960 MHz.

<sup>15</sup> Gepaarde frequentiebanden 1710-1785 MHz en 1805-1880 MHz.

<sup>16</sup> Gepaarde frequentiebanden 1920-1980 MHz en 2110-2170 MHz.

<sup>17</sup> Gepaarde frequentiebanden 852-862 MHz en 791-821 MHz.

Voor 4.5G zullen de banden van 2000 MHz en/of 2600 MHz<sup>18</sup> worden gebruikt naast de banden van 800 MHz en van 1800 MHz.

## 6.2. Multibandveiling

De 2G- en 3G-vergunningen zijn geldig tot 15 maart 2021. De banden van 900 MHz, 1800 MHz en 2000 MHz worden dus niet langer toegewezen vanaf deze datum. De mobiele operatoren maken intensief gebruik van deze frequentiebanden.

Op Europees niveau worden drie nieuwe frequentiebanden gepland voor de openbare mobiele netwerken: 700 MHz<sup>19</sup>, 1400 MHz<sup>20</sup> en 3600 MHz<sup>21</sup>. De 700 MHz- en de 3600 MHz-band zijn essentieel voor de uitrol van 5G vanaf 2020. Dankzij de 1400 MHz-band kan downstream extra capaciteit worden geboden.

Het BIPT zal hoogstwaarschijnlijk in 2019 een of meer veilingen organiseren voor de zes voormelde banden.

Er dient te worden opgemerkt dat deze veilingen een kans zullen vertegenwoordigen voor een vierde mobiele operator. Naast de beschikbaarstelling van nieuwe frequentiebanden zal immers een grote hoeveelheid bestaand spectrum herverdeeld worden.

## 6.3. Situatie na 2020

De mobiele operatoren zullen 4.5G- en 5G-netwerken aanleggen.

Tabel 2 toont welke technologieën er worden uitgerold in welke banden.

Technologie	Banden gebruikt voor de dekking	Banden gebruikt voor de capaciteit
2G	900 MHz	1800 MHz
3G	900 MHz	2000 MHz
4G	800 MHz	1800 MHz
4.5G	800 MHz	1800 MHz, 2000 MHz en 2600 MHz
5G	700 MHz	1400 MHz en 3600 MHz

Tabel 2 - Banden gebruikt door de mobiele netwerken na 2020

Wanneer de 2G- en 3G-technologie verdwenen zullen zijn, zullen de 900 MHz- en de 2000 MHz-band gebruikt kunnen worden voor 4.5G en 5G.

## 6.4. Stopzetting van 2G en/of 3G

De 2G- en de 3G-technologie zullen verdwijnen in de loop van de jaren 2020.

3G zal pas kunnen uitdoven wanneer het aantal smartphones dat niet 4G-compatibel is, marginaal zal zijn geworden<sup>22</sup>.

<sup>18</sup> Gepaarde frequentiebanden 2500-2570 MHz en 2620-2690 MHz.

<sup>19</sup> Gepaarde frequentiebanden 703-733 MHz en 758-788 MHz.

<sup>20</sup> Frequentieband 1427-1517 MHz.

<sup>21</sup> Frequentieband 3400-3800 MHz.

<sup>22</sup> In België gebruikte in 2017 iets meer dan 79% van de actieve simkaarten van de mobiele-netwerkoperatoren mobiele data. 70,4% van deze simkaarten genereert 4G-verkeer ("Situatie van de elektronische-communicatie- en televisiemarkt in 2017", paragraaf 5). We kunnen besluiten dat 23% van de simkaarten wordt gebruikt met smartphones (of tablets/pc) die niet 4G-compatibel zijn.

In België blijft het aantal mobiele telefoons van de tweede generatie nog erg hoog. Bovendien gebruiken talrijke M2M-klienten<sup>23</sup> nog 2G-modems. De stopzetting van 2G zal zeker meer problemen doen rijzen dan de stopzetting van 3G. De kans is dus erg groot dat 3G eerder verdwijnt dan 2G.

Ten slotte zou het 2G-besluit een groot aantal buitenlandse bezoekers verhinderen om roaming te gebruiken op de Belgische mobiele netwerken.

Vandaag kunnen de 2G-, 3G- of VoLTE<sup>24</sup>-technologieën worden gebruikt voor gesprekken. Om de 2G- en de 3G-technologie volledig te kunnen stopzetten, moeten dus alle eindapparaten VoLTE ondersteunen.

Er moet worden opgemerkt dat als men een 2G-netwerk of een 3G-netwerk stopzet, het verkeer dat door dit netwerk gedragen wordt, niet zal wegvallen en overgenomen zal moeten worden door een ander netwerk. Bijgevolg zullen de stralingen die geproduceerd waren door de 2G- en 3G-netwerken worden vervangen door stralingen die door een ander netwerk worden voortgebracht.

Op korte termijn is het dus moeilijk denkbaar om af te zien van 2G of van 3G. In elk geval is de gecombineerde afstand van 2G en van 3G voordat 5G is uitgerold, niet realistisch.

## 7. Evolutie van de Brusselse normen

### 7.1. Algemeen

De toename van het mobiele-dataverkeer heeft onvermijdelijk een impact op de vermogens die uitgestraald worden door de antennes van de operatoren. Volgens de limieten van de fundamentele fysica is immers een bepaald minimaal energieniveau nodig om een bit informatie (spraak of data) over te brengen. Bij gelijke efficiëntie en met gelijke zendlocaties is het stralingsniveau van de antennes dus evenredig met het debiet van de gegevens.

Welnu, als de Brusselse stralingsnormen niet worden versoepeld, zal het mobiele-dataverkeer niet kunnen blijven groeien, ongeacht de uitgerolde technologie(ën). De huidige Brusselse stralingsnormen maken het dus niet mogelijk om in de toekomst een kwaliteitsvol en goed presterend netwerk te waarborgen, zelfs met enkel de technologieën die nu worden gebruikt.

Door de toevoeging van nieuwe zendlocaties zullen de problemen ietwat beperkt kunnen worden. Buiten de meerkosten voor de operator en dus uiteindelijk voor de consument zal de bouw van nieuwe antennes evenwel problematisch zijn voor de operatoren. De uiterst restrictieve Brusselse norm heeft namelijk niet als gevolg gehad om de bevolking gerust te stellen, maar eerder omgekeerd. Het is dus voor de operatoren uitermate moeilijk geworden om nieuwe zendlocaties te vinden. Bovendien zijn de administratieve procedures erg ingewikkeld.

Het wegvallen van de 2G- en de 3G-technologie zal het weliswaar mogelijk maken om de spectrale efficiëntie te verhogen voor het gebruik van de banden van 900 MHz en 2000 MHz. Deze verhoging van de spectrale efficiëntie zal het op zich evenwel niet mogelijk maken om een verzeenvoudiging van het mobiele-dataverkeer op te vangen. Enerzijds is deze verhoging beperkt tot twee frequentiebanden. Anderzijds zijn de 2G- en de 3G-technologie constant geëvolueerd en is de spectrale efficiëntie ervan al aanzienlijk geëvolueerd ten opzichte van de aanvankelijke uitrol. Het wegvallen van de 2G- en de 3G-technologie zou het dus niet mogelijk maken om plaats vrij te maken voor 5G, in termen van stralingsquota.

---

<sup>23</sup> Eind 2017 bedroeg het aantal M2M-simkaarten in België 2.384.188 ("Situatie van de elektronische-communicatie- en televisiemarkt in 2017", paragraaf 5).

<sup>24</sup> VoLTE (Voice over LTE) is de voornaamste techniek voor 4G-gesprekken. Niet alle 4G-eindtoestellen ondersteunen VoLTE.

## 7.2. Massive MIMO

Zoals in figuur 7 te zien is zal een massive MIMO-antenne zijn energie veel meer bundelen dan een klassieke antenne voor 2, 3 of 4G. Er zal daarbij een 5 maal<sup>25</sup> hogere blootstelling aan vermogen optreden, wat resulteert in meer dan een verdubbeling van de theoretische berekende veldsterkte, enkel en alleen al ten gevolge van de nieuwe antenne.

Zoals eerder aangegeven, maakt massive MIMO gebruik van een veelheid aan antennes om het signaal van de mast te richten naar de mobiele eindtoestel waarvoor het bestemd is. Dat is een groot verschil met vandaag, ook in termen van blootstelling. Op de dag van vandaag zal een persoon die zich in een cel van het mobiele netwerk bevindt, een zekere veldsterkte van de mast ervaren, ongeacht of deze persoon zelf gebruikmaakt van het mobiele netwerk of niet. Dat wordt anders met een massive MIMO-antenne in 5G. Daar zal een persoon die (op een bepaald moment) geen gebruik maakt van het netwerk, een aanzienlijk lagere veldsterkte ervaren.

De permanente blootstelling die een klassieke netwerkcel op een bepaalde plaats genereert verdwijnt dus, en wordt “vervangen” door een stochastische (opeenvolging van willekeurige toestanden) blootstelling. De bundel “springt” van hier naar daar naargelang wie op dat moment bediend moet worden. De blootstelling op één bepaalde plaats is dus een ogenschijnlijk willekeurige gebeurtenis geworden. De klassieke berekeningen waarbij de blootstelling kon berekend worden door het vermogen van de cel en het type antenne te bekijken, en waarbij op basis daarvan met één berekening een permanente blootstelling kon bepaald worden, vervalt dus.

De blootstelling wordt dus willekeurig (stochastisch) en dit betekent dat statistische analysemethoden zullen moeten gebruikt worden om de blootstelling te kenmerken. Een dergelijke analyse werd reeds gemaakt en stelt voor dat met grote waarschijnlijkheid (95%) een willekeurige blootstelling (op een willekeurige plaats) 4 maal (6dB) lager zal zijn dan deze die berekend werd op basis van de klassieke methode<sup>26</sup>.

Deze waarde van 6 dB werd ook overgenomen in de IEC 62232 standaard<sup>27</sup>.

Het in rekening brengen van deze correctiefactor van 6dB is verdedigbaar omdat slechts in uitzonderlijke gevallen een hogere veldsterkte wordt ervaren. Bovendien wordt de controle van stralingsnormen typisch gedaan aan de hand van een meting van het gemiddelde over een bepaalde tijd, zodat het in rekening brengen van deze 6dB een waarde oplevert die beter aansluit bij de metingen.

## 7.3. Optimale limieten (nominaal vermogen, maximale kwaliteit)

In deze paragraaf gaan we na hoeveel de veldsterkte zou bedragen indien een mast zou uitgerust worden met alle huidige technologieën (inclusief 4.5G) en met 5G, op zo een manier dat al deze technologieën ook kunnen werken aan maximale kwaliteit (dus op nominaal vermogen).

Een typische site zal al deze technologieën in al deze banden niet noodzakelijk met volle vermogen willen gebruiken. De afweging van de gebruikte banden en vermogens zullen geval per geval door de operator geëvalueerd worden. In de meeste gevallen zullen deze blootstellingswaarden niet

---

<sup>25</sup> Een typische antenne voor 4G heeft een winst van ongeveer 17dBi daar waar een antenne voor Massive MIMO in 5G een winst zal hebben in de grootteorde van 24dBi. Dit geeft een verschil van 7dB (wat gelijk is aan een verhoging met een factor 5).

<sup>26</sup> Rekening houdende met het feit dat mensen niet continu gebruikmaken van mobiele diensten aan het maximale debiet, dat mensen zich verplaatsen en dat gebruikers min of meer evenredig verdeeld zijn over de cel, tonen wetenschappelijke studies aan dat met een kans van 95%, het stralingsniveau dat wordt ervaren door personen aanwezig in de cel minstens 4 maal (6dB) lager ligt (in vele gevallen ligt het zelfs nog veel lager) dan het maximale stralingsniveau in de cel (dat zich dus stochastisch verplaatst).

<sup>27</sup> IEC 62232:2017 “Determination of RF field strength, power density and SAR in the vicinity of radiocommunication base stations for the purpose of evaluating human exposure”.

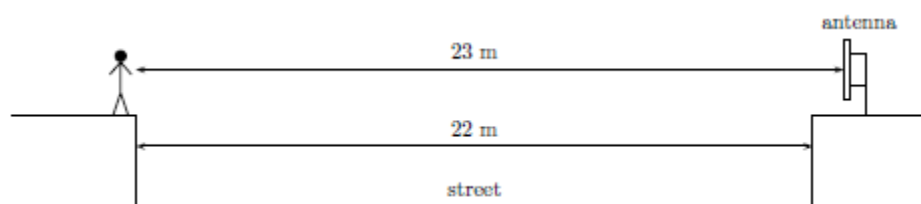
gehaald worden. Deze simulatie stelt dus de situatie voor waarbij de operator over alle maximale mogelijkheden wil beschikken.

Hierbij vertrekken we van volgende veronderstellingen (per operator) – waarbij de 6dB correctie voor massive MIMO volgens IEC62232 werd overgenomen zoals uitgelegd in paragraaf 7.2:

Technologie Band	NR 700	LTE 800	GSM 900	UMTS 900	NR 1400	LTE 1800	LTE 2000	LTE 2600	NR 3600
Vermogen (W)	VERTROUWELIJK – VERTROUWELIJK – VERTROUWELIJK								
Tx ratio	1	1	1	1	1	1	1	1	0.7
Correctiefactor (dB) <sup>28</sup>	3	3	8	3	3	3	3	3	6
Antennewinst (dBi) <sup>29</sup>	16.5	17	17	17	16	17	17.5	17.5	24

Tabel 3 - Veronderstellingen

Voor het berekenen van de veldsterkte gaan we uit van een straat met een breedte van 22m. De antenne staat op het dak van een gebouw aan de ene kant van de straat en het dichtstbijzijnde publiekelijk toegankelijke punt is het dak van het gebouw aan de overzijde. De antenne staat 1m achteruit ten opzichte van de gevellijn van het gebouw waar ze opstaat. Zodoende bekomen we een afstand van minimaal 23m tussen antenne en publiekelijk toegankelijke plaats.



Figuur 8 - Typisch scenario in een stedelijke omgeving

Vertrekkende van bovenstaande configuratie, bekomen we volgende veldsterktes (herrekend naar 900 MHz, volgens de methode beschreven in bijlage 1), al naargelang het geval:

	Per operator	Totaal voor 3 operatoren
Zonder 5G/NR	17,7 V/m	30,7 V/m
Met 5G/NR	24,0 V/m	41,5 V/m
5G/NR alleen	16,1 V/m	27,9 V/m

Tabel 4 - Geproduceerde velden

Er moet worden opgemerkt dat zelfs met een correctiefactor van 6 dB voor massive MIMO de bijdrage van de 3600 MHz-band verreweg de belangrijkste is en ruimschoots de limieten per antenne overschrijdt die opgelegd worden in het Vlaams Gewest en in het Waals Gewest.

<sup>28</sup> Deze waarden werden overgenomen uit het besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering van 30 oktober 2009 betreffende bepaalde antennes die elektromagnetische golven uitzenden, op de waarde van 6dB voor Massive MIMO na, die uit de IEC62232 werd overgenomen.

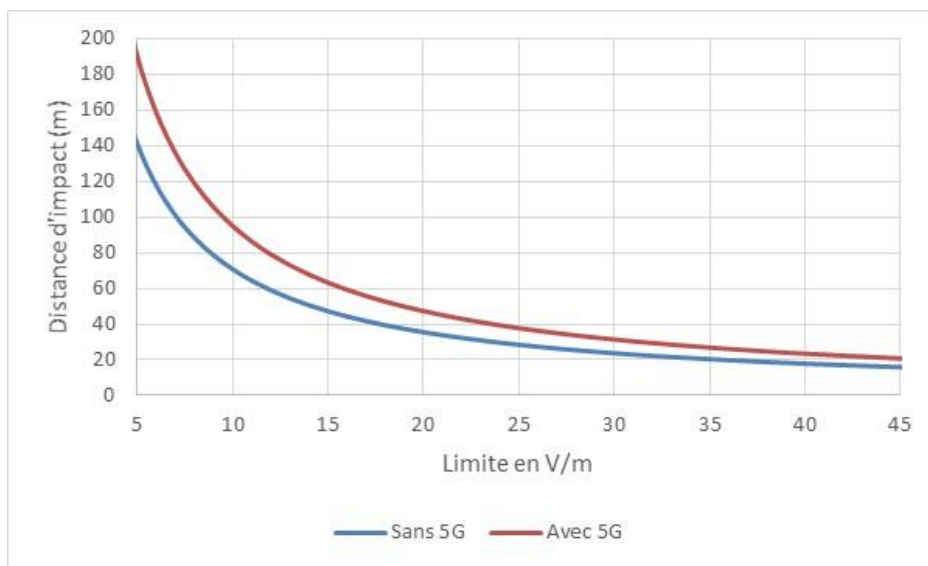
<sup>29</sup> Voor de antennewinst werden de waarden overgenomen voor het type E000017X65V12D10 basisstation-antenne van de firma Gamma Nu.

De stralingen die enkel door 5G geproduceerd worden, zijn gelijkwaardig aan de stralingen die voortgebracht worden door alle overige technologieën (2G, 3G, 4G en 4.5G).

Men beschouwt dat een basisstation een impact ondervindt als gevolg van de stralingsnorm, als dit station niet mag uitzenden op zijn nominale vermogen. Ter herinnering: de beperking van het vermogen van een basisstation heeft invloed op zowel de dekking (in het bijzonder binnenshuis) als de capaciteit om tegelijkertijd de behoeften te dekken van een groot aantal gebruikers.

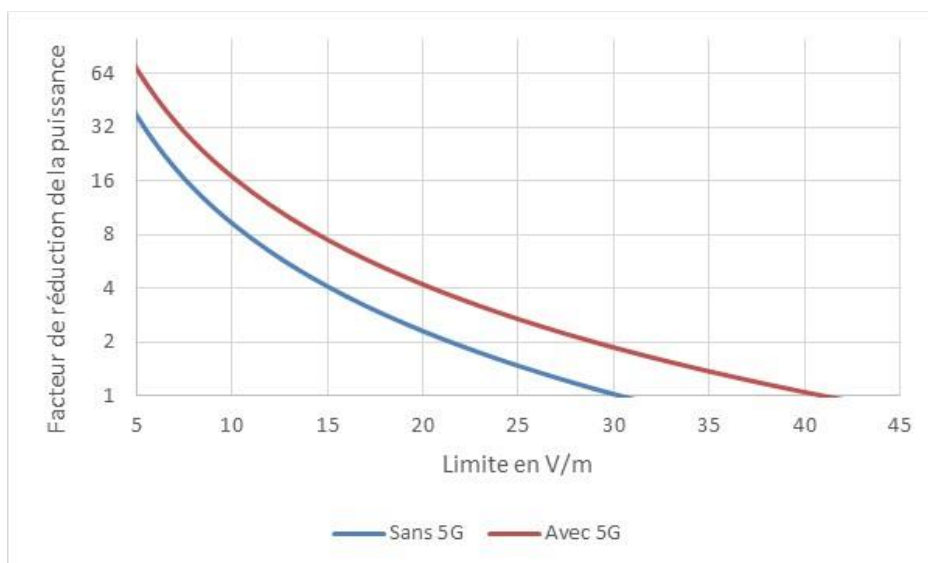
Opdat een basisstation zoals voorgesteld in figuur 8 geen enkele impact ondervindt en kan blijven uitzenden op zijn nominale vermogen, zou dus een cumulatieve limiet nodig zijn van minstens 30,7 V/m zonder de invoering van 5G of van 41,5 V/m met de invoering van 5G. De limiet van 41,5 V/m stemt zo goed als overeen met de internationale aanbevelingen (41,25 V/m).

Figuur 9 toont, op basis van de geldende cumulatieve limiet, de afstand waarop een zendlocatie moet liggen van de voor het publiek toegankelijke plaatsen, om geen impact te ondervinden (met drie actieve operatoren op de locatie).



**Figuur 9 - Afstand van impact op basis van de stralingslimiet**

Figuur 10 toont, op basis van de geldende cumulatieve limiet, de beperking van het vermogen, ten opzichte van het nominale vermogen (voor een basisstation zoals voorgesteld in figuur 6), die nodig is om te voldoen aan de geldende stralingsnorm (met drie actieve operatoren op de locatie).



**Figuur 10 - Beperking van het nodige vermogen op basis van de stralingslimiet**

#### 7.4. Conservatieve limieten (huidige vermogen per MHz, huidige kwaliteit)

De operatoren gebruiken momenteel, samen, 185 MHz duplex<sup>30</sup> in FDD-modus<sup>31</sup> voor hun 2G-, 3G- en 4G-netwerk. De basisstations van alle mobiele netwerken zenden dus in een totaal van 185 MHz.

Op middellange termijn zullen de operatoren bijkomend spectrum gebruiken: 100 MHz duplex<sup>32</sup> in FDD-modus, 380 MHz<sup>33</sup> in TDD-modus<sup>34</sup> en 90 MHz<sup>35</sup> in SDL-modus<sup>36</sup>. De basisstations van alle mobiele netwerken zenden dus in een totaal van 375 MHz plus 380 MHz gedurende 75% van de tijd (uitgaande van een asymmetrie 3:1), d.i. in het equivalent van 660 MHz<sup>37</sup>.

De kwaliteit van een radioverbinding hangt onder andere af van de spectrale vermogensdichtheid, d.w.z. van het vermogen dat per Hz wordt uitgezonden. Het is absoluut noodzakelijk dat de operatoren niet verplicht worden om de spectrale vermogensdichtheid die aan de antennes wordt geleverd, te beperken.

Voor de 3600 MHz-band zullen de operatoren gebruikmaken van de “massive MIMO”-antennes. De maximale versterking van deze antennes zou ongeveer 24 dBi moeten bedragen, d.i. ongeveer 7 dB meer dan de maximale versterking van de klassieke antennes (zie paragraaf 7.2). Concreet ligt het geproduceerde maximumveld  $\sqrt{5}$  keer hoger dan bij een klassieke antenne. Het is absoluut noodzakelijk dat de berekeningsmethode, vastgesteld in de uitvoeringsbesluiten, aangepast wordt om rekening te houden met de “massive MIMO”-antennes.

Indien de berekeningsmethode geen rekening houdt met de “massive MIMO”-antennes, dan moet de limiet van vermogensfluxdichtheid (uitgedrukt in  $W/m^2$ ) vermenigvuldigd worden met een ratio tussen  $(375 + 285 \times 5)$  en  $185^{38}$ , wat overeenstemt met een cumulatieve limiet van  $0,934 W/m^2$  (of  $18,7 V/m$ ) bij een frequentie van 900 MHz.

Indien met de berekeningsmethode rekening kan worden gehouden met de “massive MIMO”-antennes, via toepassing van een correctiefactor van 6 dB (zie paragraaf 7.2), dan moet de limiet van vermogensfluxdichtheid (uitgedrukt in  $W/m^2$ ) vermenigvuldigd worden met een ratio tussen  $(375 + 285 \times 2,5)$  en  $185^{39}$ , wat overeenstemt met een cumulatieve limiet van  $0,564 W/m^2$  (of  $14,5 V/m$ ) bij een frequentie van 900 MHz.

De hierboven vermelde limieten zouden het allicht enkel mogelijk maken om het aantal basisstations niet te verhogen die wegens de stralingsnorm een impact ondervinden, dat wil zeggen het aantal basisstations die niet op hun nominale vermogen mogen uitzenden. Nu is het bekend dat het aantal basisstations die een impact ondervinden, reeds erg hoog ligt. Deze limieten zouden inderdaad een zekere graad van 5G-uitrol in Brussel moeten mogelijk maken volgens voorwaarden die zouden kunnen lijken op de uitrolvoorwaarden voor 4G in de loop van de jongste jaren. We weten overigens dat de 4G-uitrolvoorwaarden, teneinde de opgelegde normen in acht te nemen, hebben geleid tot een ernstig ondergebruik van de installaties en dus tot een inefficiënt gebruik van de schaarse middelen voor de verstrekking van een kwalitatieve dienst aan de gebruikers. Deze limieten vormen dus een drempel waar maar moeilijk denkbaar kan worden onder gegaan zonder een minimale kwaliteit te grabbel te gooien, maar ze zouden zeker geen optimale ontwikkeling van de telecommunicatiesector mogelijk maken en zouden dan ook

---

<sup>30</sup> 30 MHz duplex in de 800 MHz-band, 35 MHz duplex in de 900 MHz-band, 75 MHz duplex in de 1800 MHz-band en 45 MHz duplex in de 2000 MHz-band.

<sup>31</sup> *Frequency Division Duplex.*

<sup>32</sup> 30 MHz duplex in de 700 MHz-band en 70 MHz duplex in de 2600 MHz-band.

<sup>33</sup> 380 MHz in de 3600 MHz-band.

<sup>34</sup> *Time Division Duplex.*

<sup>35</sup> 90 MHz in de 1400 MHz-band.

<sup>36</sup> *Supplemental Downlink.*

<sup>37</sup>  $375 \text{ MHz} + 0,75 \times 380 \text{ MHz}$ .

<sup>38</sup>  $24 \text{ dBi} - 17 \text{ dBi} = 7 \text{ dB}$  (of 5).

<sup>39</sup>  $24 \text{ dBi} - 17 \text{ dBi} - 6 \text{ dB}$  (correctiefactor massive MIMO) +  $3 \text{ dB}$  (correctiefactor LTE) =  $4 \text{ dB}$  (of 2,5).

moeten worden verhoogd op korte termijn. Indien dat niet zou worden gedaan, zouden de netwerken al erg snel verzadigd raken.

## 8. Conclusies

Voor de uitrol van 5G is het absoluut noodzakelijk dat de berekeningsmethode, vastgesteld in de uitvoeringsbesluiten, aangepast wordt om rekening te houden met de “massive MIMO”-antennes. Die eis geldt zowel voor het Vlaams en het Waals Gewest, als voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest.

Met de norm van 6 V/m is het niet mogelijk om de voorziene toename van het mobiele-dataverkeer op te vangen, ongeacht de technologie die wordt gebruikt voor die dataoverdracht. Die norm maakt het dus niet mogelijk om in de toekomst een kwaliteitsvol en goed presterend netwerk te waarborgen met de technologieën die nu worden gebruikt. Door de toevoeging van nieuwe zendlocaties zullen de problemen weliswaar enigszins beperkt kunnen worden. Buiten de meerkosten voor de operator en dus uiteindelijk voor de gebruiker, zal de bouw van nieuwe antennes evenwel problematisch blijven en geen echte oplossing vormen. Zonder een wijziging van de Brusselse stralingsnormen zullen de dekking van de netwerken en hun capaciteit om tegelijk de behoeften van een groot aantal gebruikers te dekken, sterk worden aangetast.

Met de norm van 6 V/m is het niet mogelijk om in Brussel 5G uit te rollen. Alleen al 5G moet ten minste evenveel straling kunnen produceren als wat voortgebracht wordt door de technologieën die momenteel worden gebruikt.

Op korte termijn is het moeilijk denkbaar om af te zien van 2G of van 3G. In elk geval is de gecombineerde afstand van 2G en van 3G voordat 5G is uitgerold, niet realistisch. Het wegvallen van de 2G- en de 3G-technologie zou het in elk geval niet mogelijk maken om plaats vrij te maken voor 5G.

Het BIPT raadt een cumulatieve limiet die lager zou liggen dan 14,5 V/m bij een frequentie van 900 MHz sterk af. Een conservatieve limiet van 14,5 V/m zou enkel een minimale 5G-uitrolstart in Brussel mogelijk maken volgens voorwaarden die relatief gelijkaardig zijn aan de 4G-uitrolvoorwaarden van deze voorbije jaren, die ontoereikend zijn gebleken. Bovendien vormt de limiet van 14,5 V/m een drempel die al snel zal worden verhoogd omdat deze drempel een beperking zal opleggen aan de actuele evolutie in dataverbruik, waardoor congestie in de radiotoegang tot het netwerk sneller zal optreden dan op andere plaatsen. Tot slot houdt de conservatieve grens van 14,5 V/m in dat rekening wordt gehouden met “massive MIMO”-antennes door een correctiefactor van 6 dB toe te passen.

Daarom stelt het BIPT voor om de norm boven de 14,5 V/m en tot de 41,5 V/m te nemen. Hoe dichter we bij de Europese norm aansluiten, hoe meer dit de capaciteit en de kwaliteit van de mobiele netwerken zal garanderen en dus ook de gebruikerservaring voor eindklanten zal verzekeren. Dit zal ons toelaten om mee te spelen in de Europese kopgroep van de ontplooiing van 5G netwerken.

## Bijlage 1: Vergelijking van de nationale normen

### Brussels Hoofdstedelijk Gewest

Voor het Brussels Hoofdstedelijk Gewest (cumulatieve limiet) wordt een gemiddelde genomen van de limieten voor de verschillende technologieën/frequentiebanden.

Technologie/Band	Middenfrequentie (MHz)	Limiet (W/m <sup>2</sup> )	
		Momenteel	Na 2020
NR700	773,0		0,08245
L800	806,0	0,08597	0,08597
G900	942,5	0,10053	0,10053
U900	942,5	0,10053	0,10053
NR1400	1472,0		0,15701
G1800	1842,5	0,19653	0,19653
L1800	1842,5	0,19653	0,19653
U2000	2140,0	0,22000	0,22000
L2600	2655,0		0,22000
NR3600	3600,0		0,22000
<b>Gemiddelde</b>		<b>0,15002</b>	<b>0,15796</b>

### Vlaams Gewest

Voor het Vlaams Gewest (limiet per antenne), telt men de limieten van de verschillende antennes<sup>40</sup> op.

Antenne	Middenfrequentie (MHz)	Limiet (W/m <sup>2</sup> )	
		Momenteel	Na 2020
NR700	773,0		0,02052
L800	806,0	0,02139	0,02139
G900	942,5	0,02502	0,02502
U900	942,5	0,02502	0,02502
NR1400	1472,0		0,03907
G1800	1842,5	0,04891	0,04891
L1800	1842,5	0,04891	0,04891
U2000	2140,0	0,05328	0,05328
L2600	2655,0		0,05328

<sup>40</sup> Een antenne per technologie en per frequentieband.

Antenne	Middenfrequentie (MHz)	Limiet (W/m <sup>2</sup> )	
		Momenteel	Na 2020
NR3600	3600,0		0,05328
<b>Totaal (3 operatoren)</b>		<b>0,66756</b>	<b>1,16599</b>

### Waals Gewest

Voor het Waals Gewest (limiet per antenne), telt men de limieten van de verschillende antennes<sup>41</sup> op. Wanneer een technologie in verschillende frequentiebanden wordt toegepast, neemt men voor deze technologie (antenne) een gemiddelde van de limieten voor de verschillende frequentiebanden.

Technologie/Band	Antenne	Limiet (W/m <sup>2</sup> )	
		Momenteel	Na 2020
NR700	NR		0,02389/3
L800	LTE	0,02389/2	0,02389/3
G900	GSM	0,02389	0,02389
U900	UMTS	0,02389/2	0,02389/2
NR1400	NR		0,02389/3
G1800	DCS	0,02389	0,02389
L1800	LTE	0,02389/2	0,02389/3
U2000	UMTS	0,02389/2	0,02389/2
L2600	LTE		0,02389/3
NR3600	NR		0,02389/3
<b>Totaal (3 operatoren)</b>		<b>0,28668</b>	<b>0,35835</b>

---

<sup>41</sup> Een antenne per technologie.

## Bijlage 2: Berekeningsmethode gebruikt voor het bekomen van de optimale limieten

De veldsterkte op een bepaalde afstand  $R$  van een zendantenne, met winst  $G_{Tx}$  die zendt met een bepaald piekvermogen  $P_{Tx}$ , wordt bepaald aan de hand van de formule voor vrije ruimte:

$$E_{eff} = \frac{\sqrt{30 P_{Tx} G_{Tx}}}{R}$$

Deze veldsterkte wordt vervolgens vermenigvuldigd met de (TDD) Tx ratio en desgevallend gecorrigeerd met de correctiefactoren uit het "Besluit van de Brusselse Hoofdstedelijke Regering betreffende bepaalde antennes die elektromagnetische golven uitzenden" van 30 oktober 2009.

Om vervolgens te komen tot een equivalente veldsterkte gerefereerd naar 900MHz, wordt volgende omzetting toegepast die ook in lijn is met de ICNIRP-aanpak:

$$\text{als } f < 400\text{MHz} : E_{eff,900} = \sqrt{\frac{900}{400}} \times E_{eff}$$

$$\text{als } 400\text{MHz} < f < 2\text{GHz} : E_{eff,900} = \sqrt{\frac{900}{f}} \times E_{eff}$$

$$\text{als } f > 2\text{GHz} : E_{eff,900} = \sqrt{\frac{900}{2000}} \times E_{eff}$$

Vervolgens kunnen alle veldsterktes gerefereerd naar 900MHz voor de verschillende technologieën in de verschillende frequentiebanden gecombineerd worden. Dit gebeurt aan de hand van volgende formule:

$$E_{eff,900,totaal} = \sqrt{\sum_i E_{eff,900,i}^2}$$

Er van uitgaande dat de drie operatoren een gelijkaardige configuratie gebruiken, zal de totale veldsterkte over alle operatoren tezamen dus een factor  $\sqrt{3}$  groter zijn dan de totale veldsterkte per operator.