



Agentschap Telecom
Ministerie van Economische Zaken

Update Kabelstoорonderzoek 700/800 MHz mobiel gebruik

Colofon

Aan	DG ETM
Van	Agentschap Telecom
Nummer	5
Datum	11 oktober 2017
Leden	Drs. André Arts, Ir. Huub Nagel c.s.

Dr. Roel Schiphorst (Universiteit Twente)
Prof. dr. Mark Bentum (Universiteit Twente)¹

Copyright Agentschap Telecom ©2017

UNIVERSITEIT TWENTE.

¹ Per 1 november 2017 verbonden aan de Technische Universiteit Eindhoven.

Inhoud

Samenvatting—3

1. Inleiding—7

2. Co-Channeling: afleiding aantal huishoudens met (kans op) storing—10

2.1 Inleiding—10

2.2 Co-channeling veroorzaakt door een mobiele handset ('uplink'-storing)—10

2.3 Hoe werken deze kansen uit in de praktijk?—15

2.4 Storing bij analog TV kijken ('uplink')—16

2.5 Storing veroorzaakt door een basisstation ('downlink'-storing)—17

2.6 Wat betekenen deze kansen voor de kabelmaatschappijen?—17

3. Onderzoek naar interferentie indien co-channeling optreedt—19

3.1 Inleiding—19

3.2 Aanpak en methode onderzoek—19

3.3 Resultaten van de simulatie—20

3.4 Conclusie—22

3.5 Scenario 2020—22

4. Interferentie van LTE basisstations—23

4.1 Inleiding—23

4.2 Aanpak en methode onderzoek—23

4.2.1 Praktijkmetingen—24

4.3 Inschatting stoorafstand—24

4.4 Afleiding aantal huishoudens dat mogelijk storing zou kunnen ondervinden.—25

4.5 Afleiding aantal huishoudens met storing—27

5. LTE Interferentie als gevolg van uitstraling door coax-huisinstallaties—30

5.1 Inleiding—30

5.2 Gevolgen van uitstraling huisinstallatie op LTE—30

6. Maatregelen—31

6.1 Inleiding—31

6.2 Maatregelen die de consument kan nemen—31

6.3 Kosten van de maatregelen—32

6.4 Effectiviteit van de maatregelen—32

7. Conclusies—35

8. Literatuurlijst—37

Samenvatting

In 2010 heeft Agentschap Telecom onderzoek gedaan naar de omvang van de storing op kabel tv als gevolg van de introductie van 800 MHz mobiel gebruik. Dit onderzoek betreft een update van dat onderzoek uit 2010, waar ook de introductie van mobiel gebruik in de 700 MHz-band (beoogd rond 2021), wordt meegenomen. In 2010 bestond het onderzoek uit twee hoofddelen: 1. de kans op co-channeling (een voorwaarde om storing te kunnen ervaren waarbij het op de kabel storende mobiele signaal eenzelfde frequentie heeft als de kabel frequentie van het tv-kanaal waar naar gekeken wordt) en 2. de daadwerkelijke kans op verstoring van het tv-signaal, indien er sprake is van co-channeling. Dit onderzoek besteedt aan deze twee aspecten wederom aandacht.

Daarnaast wordt nu ook (in tegenstelling tot 2010) aandacht geschonken aan zogenaamde 'downlink' storing (storing vanuit basisstations op kabel tv) en wordt zogenaamde 'andersom storing' geadresseerd. Dat laatste duidt op een situatie waarin slecht afgeschermd coax-huisinstallaties de mobiele telefoon of zelfs een basisstation van een mobiel netwerk kan verstoren. Tevens is er weer aandacht voor de maatregelen om de storing te kunnen ondervangen. Het onderzoek uit 2010 bevatte een hoofdstuk over 'buitenlandse onderzoeken'. Dat is in dit onderzoek niet opgenomen vanwege het gebrek aan nieuw internationaal onderzoek sinds 2010 over dit onderwerp.

Terugblik 800 MHz storing

Tot november 2016 kon nog geen storing worden ondervonden op kabel tv door het bellen met de mobiele telefoon. Het belverkeer werd namelijk tot op dat moment doorgeleid via andere frequenties dan LTE 800 MHz. Sinds november 2016 bieden providers ook bellen aan via LTE 800 MHz en kon derhalve vanaf dat moment storing worden ondervonden van het bellen met deze frequenties. Dat betekent dat de resultaten uit het onderzoek van 2010 (zoals stoorkansen en aantallen kabel tv storingen) voor zover deze betrekking hebben op bellen via 800 MHz, nog geen werking hadden tot aan november 2016. Wel kon datagebruik (waaronder ook voice over IP), al leiden tot verstoring van het tv-kanaal (onder de voorwaarde van co-channeling). Voor dit type gebruik (dataverkeer) in woonhuizen wordt aangenomen dat dit voor gemiddeld 60% via Wifi frequenties plaatsvindt. Wifi frequenties veroorzaken geen storing op de kabelontvangst. Beide typen van storing ('bellen' en data gebruik) worden in dit onderzoek apart behandeld. Het voorgaande zou er op kunnen duiden dat de klachten aangaande 800 MHz LTE storingen die de afgelopen jaren mogelijk zijn ontvangen door kabelmaatschappijen, voor een belangrijk deel afkomstig zouden kunnen zijn van 'basisstation storing' ('down link' storing). Dit betreft kabel tv storing in huishoudens die zich dusdanig dicht in de buurt van een basisstation bevinden dat de emissies van dat basisstation de kabelontvangst kunnen storen. Dit type storing verschilt van de storing van de mobiele telefoon (uplink) doordat deze storing continu wordt ervaren op het moment dat op een tv-zender wordt afgestemd, dat wordt aangestraald door een LTE signaal. De 'downlink' storing is bovendien breedbandiger waardoor in potentie per abonnee zo'n 12 digitale tv-programma's van de kabelband kunnen worden gestoord. Indien ook de helft van de tv-kanalen in de 700 MHz band voor digitale tv wordt ingezet betreft dat in totaal 24 tv programma's. Bij up-link storing vanuit de eigen mobiele handset kunnen hooguit 6 tv-programma's per abonnee potentieel gestoord worden. Bovendien is de kans hierop veel kleiner.

Kans op co-channeling en storing

In 2010 zijn de kansen uitgerekend op co-channeling, onder verschillende scenario's, voor een gemiddelde kabelabonnee in Nederland indien deze kijker actief gebruik maakt van een mobiele telefoon in spraak- en/of datamodus. Dit betroffen

gemiddelde kansen voor de gehele kijkpopulatie. Hoewel onder bepaalde voorwaarden ook vanuit deze kansen het aantal huishoudens met storing kan worden afgeleid, is in het onderhavige onderzoek concreter getracht het aantal huishoudens te bepalen dat potentieel last zou kunnen krijgen van co-channeling. Voor het ontstaan van co-channeling moet immers aan een aantal voorwaarden voldaan worden. Het blijkt dat deze voorwaarden als redelijk stabiel zijn aan te merken. Zo kunnen telkens, bij iedere voorwaarde waar niet aan voldaan wordt, huishoudens worden uitgesloten van de kans op co-channeling (en derhalve storing). Uiteindelijk blijft er een afgebakende groep van kabelabonnees over waarbij co-channeling kan optreden.

Resultaten co-channeling en storing

'Up-link' storing (storing door mobiele telefoon op kabel tv)

Uit het onderzoek blijkt dat van de groep kabelabonnees van in totaal 601.000 huishoudens die in potentie last kan krijgen van storing (doordat ze voldoen aan de voorwaarden van co-channeling) daar in de praktijk 84.000 huishoudens last van kunnen krijgen. Voor deze abonnees geldt dat er een zeer kleine kans is (0,037%) dat ze ook daadwerkelijk het tv-kanaal bekijken *op hetzelfde ogenblik* als wanneer de mobiele telefoon uitzendt (er gebeld wordt) op dezelfde frequentie (uplink) van het bekeken tv-kanaal. Hierbij is ook de invloed van burens en eventuele medebewoners meegenomen. Deze groep zal in een situatie van co-channeling (men kijkt naar het tv-kanaal waarop ook de 'up-link' *op dat moment* actief is), ook daadwerkelijk (op dat moment) storing ervaren. Gezien deze kans (0,037%) zal dat in de praktijk niet vaak voorkomen in een huishouden. Deze kans is zo klein omdat de meeste tv-zenders die in de up-link kanalen van het LTE bereik zijn geprogrammeerd een relatief laag kijkcijfer hebben (veelal SKO-Light). Dat neemt niet weg dat huishoudens uit de afgeleide groep van co-channeling, die relatief veel naar een tv-programma kijken dat geprogrammeerd is in het up-link bereik van de eigen mobiele handset, een grotere kans hebben om storing te krijgen.

Dataverkeer

Naast bellen wordt de smartphone veelvuldig gebruikt voor zogenaamd 'dataverkeer'. Sociale media, 'streaming' (film en muziek), internetten, maar ook 'voice over IP', is een vast onderdeel geworden van het gebruik van de mobiele telefoon. In dit onderzoek is afgeleid dat 37.000 duizend huishoudens storing kunnen ondervinden als gevolg van bovengenoemd dataverkeer. Dit aantal is kleiner dan de eerder besproken groep van bellers, omdat is verondersteld dat dataverkeer voor gemiddeld 60% plaatsvindt via wifi frequenties die niet kunnen storen op kabel tv ontvangst. De groep die geen gebruik maakt van wifi, en dus kabel tv storing kan krijgen, maakte ook al deel uit van de groep die storing kon ondervinden bij bellen. Derhalve leidt dit niet tot een toename van het aantal huishoudens met 'up-link' storing.

'Down-link' storing (storing door basisstations op kabel tv)

'Down-link' storing is storing afkomstig van een basisstation (in het onderzoek van 2010 niet specifiek in kaart gebracht). Het blijkt dat ongeveer 26.000 kabelabonnees storing kunnen ondervinden als gevolg van LTE basisstations. Dit betreft 24.000 digitale huishoudens en 2.000 analoge huishoudens. Het aantal analoge kabelabonnees (analoog *only*) neemt overigens jaarlijks af. Dit type van storing is anders van aard dan de 'uplink' storing. Waar de 'uplink' storing ('bellen' en data gebruik) in beginsel van korte duur is, en veelal herleidbaar is tot de eigen mobiele handset, wordt de zogenaamde 'downlink' storing (vanuit het basisstation) continu ervaren op het moment dat op de betreffende tv-zenders wordt afgestemd.

Storing indien co-channeling (stoormodel)

Hoeveel procent van de huishoudens ondervindt nu storing *indien* er co-channeling is? Dit percentage is in dit onderzoek opnieuw bepaald en geldt als input voor de afleiding van het aantal huishoudens dat storing kan ondervinden. Er heeft een

uitgebreide update plaatsgevonden van de input variabelen van het stoormodel uit 2010. Deze zijn aangepast aan de meest recente inzichten. Hiervoor zijn ook de kabelmaatschappijen en de mobiele operators bevroegd. Tevens is het stoormodel zelf op onderdelen vernieuwd. Het blijkt dat in een situatie van co-channeling dit gemiddeld in 64% van de gevallen leidt tot storing. Dit percentage is hoger dan in 2010 (toen gemiddeld 48%). Dit heeft onder andere te maken met andere omstandigheden. Zo passen de kabelmaatschappijen een nieuwe modulatie toe die 6 dB gevoeliger is en in 2010 werd een minder geavanceerde werking van de netwerkstructuur verondersteld dan nu in de praktijk wordt toegepast. Het stoormodel is daarop aangepast. Hierdoor is er minder invloed van de afstand van de mobiele telefoon tot het basisstation en genereert als gevolg hiervan de mobiele telefoon gemiddeld een hoger vermogen dan in 2010 werd verondersteld. Dit leidt tot een hogere gemiddelde stoorkans.

Uitstraling vanuit het eigen coax netwerk van consumenten ('andersom storing')

Ook het eigen huisnetwerk van consumenten kan instralen op de mobiele telefoon, of zelfs op een nabij gelegen basisstation. Het komt voor dat zich bij huishoudens soms, (vaak onbewust), sterk uitstralende elementen bevinden, zoals niet afgesloten oude coax kabels, die dan als een 'antenne' kunnen gaan werken. Dit leidt ertoe dat de performance van de mobiele telefoons in de buurt van deze woning(en) achteruit kan gaan en dat soms een basisstation wordt overstuurd door deze uitstraling. Van dat laatste zijn een aantal meldingen gedaan bij Agentschap Telecom. Meer onderzoek is nodig om de omvang van dit type storing te bepalen.

Oplossingsmaatregelen

Net als in 2010 zijn de oplossingsmaatregelen in kaart gebracht. Hier zijn geen verrassingen te vinden ten opzichte van 2010. Met name de verbetering van de coax huisinstallatie bij consumenten geldt onverminderd als de belangrijkste maatregel voor de oplossing van stoorproblemen. Bij een simulatie waarin wordt verondersteld dat een hoger percentage huishoudens een goed afgeschermd huisinstallatie heeft, en waarin er grotendeels goed afgeschermd set-top-boxen in gebruik zijn gaat de stoorkans drastisch naar beneden. De dan nog overgebleven stoorgevallen kunnen met een signaalversterker worden opgelost. Dit onderstreept het belang van goede communicatie hierover aan kabelabonnees.

1. Inleiding

De Europese Commissie heeft het voornemen om het 700 MHz spectrum van de omroepfrequentieband (VHF) ook beschikbaar te maken voor elektronische telecommunicatie, LTE mobiele communicatie. Dit is een uitbreiding van de 800 MHz mobiele band en kan ook leiden tot een (extra) verstoring van tv-signalen doordat de (LTE) mobiele toepassingen frequenties gebruiken die ook worden toegepast in de kabel tv-netwerken.

Update onderzoek 2010

In 2010 heeft Agentschap Telecom onderzoek verricht naar de mate van verstoring van 800 MHz mobiel gebruik op de kabeltelevisieontvangst in Nederland.² De verwachting is dat rond 2021 700 MHz mobiel gebruik geïntroduceerd wordt. Ook deze toepassing kan storing veroorzaken op kabeltelevisieontvangst. Daarom wil Agentschap Telecom in dit rapport de storing van 800 MHz (nu zeven jaar later) en de toekomstige introductie van mobiel gebruik in de 700 MHz band gezamenlijk beoordelen op de mate waarin deze toepassingen storing kunnen veroorzaken op kabeltelevisie ontvangst. De wereld in 2017 is anders dan in 2010. Een aantal aannames en veronderstellingen kunnen nu anders beoordeeld worden. Dit rapport geeft dus een zogenaamde 'update' van het kabelstooronderzoek uit 2010, waarin nu dus ook de introductie van 700 MHz mobiel gebruik wordt betrokken. Bij het hernieuwde onderzoek zijn de volgende onderzoeksvragen geformuleerd:

- In hoeverre kan er storing optreden bij Nederlandse huisinstallaties voor kabel tv door de introductie van LTE-toepassingen in de band 790-862 MHz en 703-788 MHz?
 - Dit betreft zogenaamde 'uplink' storing vanuit de mobiele handset (data en bellen) op tv ontvangst (up-date onderzoek 2010).
 - Daarnaast wordt nu ook expliciet aandacht geschonken aan de storing die wordt veroorzaakt door LTE basisstations op de kabel tv ontvangst.
 - Verder wordt het verschijnsel van storing vanuit huishoudens door slecht afgeschermd kabelmateriaal op mobiele ontvangst ('andersom storing') in dit onderzoek geadresseerd.
- In hoeverre zijn er mogelijkheden (oplossingsmaatregelen) om storing op kabel tv te voorkomen?

Agentschap Telecom heeft het onderzoek uitgevoerd in samenwerking met de Universiteit Twente. Het stoormodel uit 2010 is zoveel mogelijk voorzien van de meest actuele parametergegevens. Het hoofdstuk over de kans op co-channeling is zoveel mogelijk aangepast aan de nieuwe ontwikkelingen en inzichten. Tevens is hier het aantal huishoudens afgeleid dat storing kan ondervinden. In een nieuw hoofdstuk is het aantal huishoudens geschat dat last heeft van z.g. 'basis-station' storing. Dat betreft de situatie dat huishoudens zich dusdanig dicht in de nabijheid van een LTE basisstation bevinden dat deze storing op kabeltelevisieontvangst kan veroorzaken. Ook is er in dit rapport aandacht voor de zogenaamde 'andersom' storing. Dit betreft het fenomeen dat de coax huisinstallatie van consumenten dusdanig kan uitstralen dat dit de mobiele ontvangst in de 700 MHz en 800 MHz kan verstoren. Tenslotte is er, net als in 2010, een inventarisatie gemaakt van de oplossingsmaatregelen.

² Agentschap Telecom in samenwerking met Universiteit Twente, *Onderzoek naar storing op kabeltelevisie door mobiel gebruik in het Digitaal Dividend*, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, juli 2010.

Co-channeling als voorwaarde voor storing

Om een zo realistisch mogelijk beeld te krijgen van deze stoorproblematiek zijn twee zaken van belang:

1. Een goed begrip en omschrijving van de situatie waar de mogelijkheid van storing zich überhaupt kan voordoen.
2. Gegeven de hierboven omschreven situatie, hoeveel huishoudens dan daadwerkelijk storing zullen ondervinden.

Het eerste punt refereert aan de zogenaamde situatie van 'co-channeling'. Dit betreft de situatie dat een 700 MHz of 800 MHz mobiele handset (uplink) uitzendt op *hetzelfde* kanaal als waar iemand op dat ogenblik zijn tv-programma heeft afgestemd. Een andere situatie van co-channeling doet zich voor indien de frequenties vanuit het basisstation (downlink) instralen op de kabelontvangst.

Voor zogenaamde uplink storing (storing vanuit de eigen mobiele handset) moet dan (*tegelijktijd*) gelden:

1. iemand gebruikt actief een mobiele handset die op dat moment uitzendt in het 700 MHz of 800 MHz frequentiebereik en raakt daarmee hetzelfde kanaal als
2. het kanaal waarop *op dat ogenblik* de tv staat afgestemd.

Voor zogenaamde downlink storing (storing vanuit het basisstation) moet gelden:

1. de LTE frequenties vanuit het basisstation raken daarmee hetzelfde kanaal als
2. het kanaal waarop *op dat ogenblik* de tv staat afgestemd.

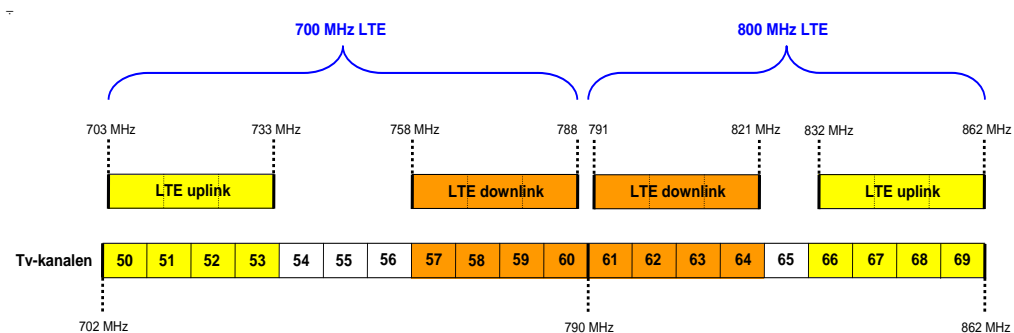
Als aan één van deze twee sets van voorwaarden is voldaan, is er sprake van een situatie van 'samenvallende kanalen' of co-channeling. Alleen in deze gevallen kunnen huishoudens storing ondervinden.

Storing indien co-channeling

Niet iedere situatie van co-channeling leidt ook echt tot een verstoring van het tv-signaal. In gemiddeld 64 procent van de gevallen zal een situatie van co-channeling ook daadwerkelijk, leiden tot een verstoring van het tv-programma waar op dat ogenblik naar gekeken wordt.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat in op de kans dat zich een situatie van samenvallende kanalen kan voordoen (co-channeling). Hier worden de kansen uitgerekend dat zich co-channeling kan voordoen. Tevens wordt getracht een uitspraak te doen over het aantal huishoudens dat dat betreft. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 het onderzoek besproken dat, gegeven een situatie van co-channeling, inzicht verschaft welk percentage van de huishoudens dan storing zullen ondervinden (stoormodel). Hoofdstuk 4 geeft inzicht in het aantal huishoudens dat dusdanig dicht in de buurt van een basisstation staat dat deze huishoudens in potentie, als gevolg hiervan, storing kunnen ondervinden. Hoofdstuk 5 gaat in op onder welke omstandigheden onvoldoende afgeschermd kabelmateriaal bij huishoudens kan leiden tot verstoring van de mobiele ontvangst ('andersom' storing). Hoofdstuk 6 gaat vervolgens in op de maatregelen die de consumenten en de betrokken partijen zouden kunnen nemen om de problematiek te voorkomen of te verminderen. Het rapport wordt afgesloten met conclusies.



Figuur 1: 700/800 MHz overlapt de kabelband.

700 MHz: LTE band waarbij 703–733 MHz (30 MHz) het uplink bereik is en 758–788 MHz (30 MHz) het downlink bereik. Voor de uplink overlapt dit met de kanalen 50 t/m 53. Voor de downlink zijn dat de kanalen 57 t/m 60.

800 MHz: LTE band waarbij 832-862 MHz (30 MHz) het uplink bereik is en 791-821 MHz (30 MHz) het downlink bereik. Voor de uplink overlapt dit met de tv-kanalen 66 t/m 69. Voor de downlink zijn dat de kanalen 61 t/m 64.

2. Co-Channeling: afleiding aantal huishoudens met (kans op) storing

2.1 Inleiding

Een noodzakelijke voorwaarde voor het optreden van LTE-storing op de kabel tv is dat frequenties van LTE-radiosignalen en de kabel tv elkaar overlappen. Dit verschijnsel heet co-channeling. Dit hoofdstuk beschrijft de statistische kans dat er in een huishouden dat gebruik maakt van kabel tv co-channeling optreedt. Tevens wordt in dit hoofdstuk getracht de omvang van de groep kijkers te bepalen die hier potentieel last van zou kunnen krijgen. Annex 6 bevat een overzicht van alle belangrijke aannames die in dit hoofdstuk verondersteld worden. Bij de gehanteerde aannames kunnen zich in de praktijk uitzonderingen voordoen. De in de aannames gehanteerde waarden en veronderstellingen vormen echter een zo goed mogelijke inschatting van de situaties die zich nu en in de toekomst zullen voordoen.

Co-channeling kan zich voordoen in twee situaties. De eerste mogelijkheid is dat een mobiele handset in het 700/800 MHz bereik op een bepaald ogenblik actief is op hetzelfde kanaal waar op dat ogenblik een (digitaal) tv-programma wordt bekeken. Verder kan er co-channeling optreden als de tv staat afgestemd op een kanaal met dezelfde frequentie als waarmee een (nabij gelegen) basisstation ook uitzendt. Storing veroorzaakt door deze twee vormen van co-channeling wordt aangeduid met respectievelijk 'uplink'- en 'downlink'-storing.

In de praktijk zullen deze twee types storing bijna nooit tegelijkertijd optreden. Indien een huishouden namelijk 'downlink'-storing ondervindt, zal deze woning zich dichtbij een basisstation bevinden. In een dergelijk geval zal de LTE mobiele telefoon een zeer goede verbinding hebben, waarmee het zendvermogen van de mobiele telefoon automatisch wordt gereduceerd tot een laag vermogen. De kans op 'uplink' storing is daarmee erg klein. Vanwege site-sharing zullen de meeste operators op dezelfde mast/locatie een basisstation hebben. Het optreden van zowel 'downlink' als 'uplink' storing doet zich alleen voor in gevallen waarbij een woning zeer nabij een LTE basisstation bevindt van operator A, terwijl de bewoners gebruik maken van operator B (C/D etc), waarvan het basisstation veel verder weg is gelegen.

Vanwege de verschillende aard van deze twee vormen van co-channeling worden deze in dit hoofdstuk apart beschouwd en de aantallen huishoudens afgeleid. Ook wordt een inschatting gemaakt hoe deze storing in de praktijk uitwerkt: op welke wijze en hoe vaak zullen deze huishoudens hier nu mee geconfronteerd worden?

2.2 Co-channeling veroorzaakt door een mobiele handset ('uplink'-storing)

Uplink co-channeling treedt op als de mobiele handset op eenzelfde frequentie uitzendt als de frequenties van een op dat ogenblik bekeken tv-kanaal. De berekening van de stoorkans is niet voor alle huishoudens in Nederland relevant. Van sommige huishoudens kan namelijk bij voorbaat worden afgeleid dat ze zelden of nooit storing zullen krijgen.

Voor het kunnen krijgen van storing moet een huishouden dus aan een aantal eigenschappen voldoen. Alleen huishoudens die aan al deze eigenschappen voldoen kunnen te maken krijgen met deze storing. Er zijn twee soorten gebruik van de mobiele handset waarbij co-channeling kan ontstaan, namelijk mobiel bellen en mobiel datagebruik. Deze worden afzonderlijk behandeld.

Storing veroorzaakt door mobiel bellen

In tabel 1 is weergegeven hoeveel huishoudens potentieel last van storing kunnen krijgen wanneer er gebeld wordt met de aanwezige mobiele handset. Het gaat hier om regulier belverkeer via het LTE/4G netwerk (700/800 MHz). Tevens wordt hier verondersteld, dat analoge tv op termijn zal zijn uitgefaseerd en dat derhalve het gehele abonneebestand van de kabel digitale tv kijkt. Data verkeer wordt in de volgende paragraaf toegelicht.

Tabel 1: Van de ca. 4.3 miljoen huishoudens die een kabel tv hebben, voldoen er 0.08 miljoen (ongeveer 84.000) aan alle benodigde eigenschappen om storing te kunnen krijgen tijdens het bellen. Dit is gebaseerd op gegevens uit 2016.

Stap	Type huishouden	Percentage (%)	Aantal (x miljoen)
1	Kabel tv aanwezig	100	4.300 ³
2	Mobiele handset met LTE in huishouden	90	3.870
3	Geen offloading via Vowifi ⁴	90	3.480
4	Mobiel kiest 700/800 MHz	27	0.940 ⁵
5	Configuratie leidt tot storing bij co-channeling	64	0.601
6	Percentage huishoudens dat kijkt naar de (digitale) programma's in het 700 MHz en 800 MHz bereik (inclusief invloed van burens en medebewoners)	14	0.084. (ca. 84.000 huishoudens)

Toelichting bij tabel 1

Beginnend bij de groep van huishoudens die een kabelabonnement heeft, wordt afgeleid hoeveel huishoudens van deze groep uiteindelijk storing kunnen ondervinden. Er moet immers aan een aantal voorwaarden voldaan worden om storing te kunnen ondervinden. Indien er bijvoorbeeld gebeld wordt via Vowifi kan er geen storing worden ondervonden. Ook kan er geen storing worden ondervonden indien er een goede huisinstallatie is aangelegd (goede kabel en aansluitmaterialen). Ook moet de up-link in het 700/800 MHz bereik worden geactiveerd. Uiteindelijk blijft er een groep van huishoudens over die aan alle voorwaarden van co-channeling voldoet. Onderstaand worden deze voorwaarden toegelicht.

Marktaandeel kabel (stap 1)

Storing op tv ontvangst kan alleen voorkomen in huishoudens die gebruik maken van kabel tv. Dit is momenteel een groep van 4.3 miljoen van de in totaal ca. 7.4 miljoen huishoudens in Nederland.⁶

³ Het aantal kabelabonnees vertoont de laatste jaren een dalende trend. Zie ACM Telecommonitor 1^e kwartaal 2016, p. 48. <https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/16142/Telecommonitor-eerste-kwartaal-2016/>

⁴ Als er Vowifi plaatsvindt wordt het belverkeer via LTE deels afgewikkeld via het (al dan niet eigen) wifi netwerk, waardoor er geen storing kan optreden.

⁵ Vanwege load-balancing, een techniek om gebruikers te verdelen over 4G banden, kunnen operators dynamisch telefoons omzetten naar andere banden. In de avond is het mobiele netwerk vrij rustig waardoor kan worden verondersteld dat de band keuze vast ligt voor een LTE toestel in de huiskamer.

⁶ Dat is een marktaandeel van 50-55%. Zie ACM telecommonitor, 2^e kwartaal 2016, p. 49. <https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/16710/Telecommonitor-tweede-kwartaal-2016/>

Aanwezigheid LTE functionaliteit 700/800 MHz (stap 2)

Verder kan uplink-storing alleen optreden wanneer er een mobiele handset aanwezig is. Momenteel heeft ieder huishouden wel 1 of meerdere telefoons. Echter het marktaandeel 4G abonnementen is momenteel 38%⁷. Indien een gemiddeld huishouden uit 2,1 personen bestaat, is nu ook al in ruim 76% van de huishoudens een LTE telefoon aanwezig. Omdat de verwachting is dat het percentage huishoudens met een LTE-mobiel de komende jaren zal groeien, wordt in de afleiding van de stoorkans aangenomen dat bij 90% van de huishoudens er minimaal één LTE-mobiel aanwezig is. Het potentieel aantal via de uplink gestoorde huishoudens is na deze stap dus gelijk aan 3,87 miljoen (0,9 x 4,3 miljoen).

Voice over wifi (stap 3)

Een deel van de huishoudens zal in de (nabije) toekomst gebruik maken van voice over wifi. Bij Vowifi wordt het belverkeer via LTE deels afgewikkeld via het (al dan niet eigen) wifi netwerk. De frequenties van een wifi-netwerk vallen buiten de band van de kabel tv en dit heeft als consequentie dat dit wifi gebruik (bij bellen) niet voor storing zal zorgen.⁸ Er is verondersteld dat ongeveer 10% van de huishoudens hier gebruik van zal maken. Vowifi is nu met name bedoeld voor situaties waar er een slechte 4G verbinding is. Alleen in deze gevallen zal LTE via wifi worden doorgeleid. Mogelijk zal dit echter, in de toekomst (standaard) in meer gevallen gaan plaatsvinden. Vandaar dat er 10% is verondersteld. Dat betekent dat 90% nog steeds in potentie co-channeling kan ondervinden bij het bellen. Het belverkeer zal voor deze groep nog steeds via het mobiele netwerk worden doorgeleid, waardoor er 3,48 miljoen (0,9 x 3,87 miljoen) huishoudens overblijven.

Handset kiest 700 MHz/800 MHz (stap 4)

Als het telefoongesprek plaatsvindt over het mobiele netwerk is er een kans van 27% dat de gebruikte frequenties in het 700/800 MHz gebied liggen. Dit percentage is als volgt afgeleid. LTE frequenties liggen momenteel in de volgende frequentiebereiken: 2x 30 MHz (700 MHz), 2x 30 MHz (800 MHz), 2x 35 MHz (900 GSM), 2x 70 MHz (1800 GSM), 1x 60 MHz (2100 UMTS), 2x 65 MHz (2600 MHz) en 1x 35 MHz TDD UMTS. Zonder de "capaciteitsband" 2600 MHz en TDD UMTS band is er dus 450 MHz bandbreedte beschikbaar. Daarvan is straks 2x 60 MHz in de 700/800MHz-band beschikbaar. Dat is 27%. Hierbij is verondersteld dat de beschikbare frequentieruimte over de verschillende banddelen proportioneel wordt benut. Ook is aangenomen dat indien een consument een bepaald abonnement heeft en thuis belt, de keuze van de frequentieband binnen het netwerk, in dat geval redelijk vast ligt⁹. Dus iedere keer wanneer deze consument verbinding maakt zal het netwerk in deze situatie niet willekeurig een frequentieband kiezen, maar steeds dezelfde frequentieband voor dit specifieke huishouden.¹⁰ Dat betekent dat 73% van de kabelabonnees geen storing zal ondervinden. Hiermee rekening houdend blijven daarmee nog 0,94 miljoen (0,27 x 3,48 miljoen) huishoudens over die potentieel uplink storing kunnen krijgen.

Storing indien co-channeling? (stap 5)

Een gedeelte van de huishoudens verkeert in voldoende gunstige omstandigheden (bijvoorbeeld dankzij een goede kwaliteit coax huisinstallatie), dat deze huishoudens, ondanks co-channeling, alsnog geen storing zullen ondervinden. Dit percentage van ondervonden storing (indien co-channeling) wordt toegelicht in hoofdstuk 3. Gemiddeld zal 64% van de huishoudens in een situatie van co-channeling, ook daadwerkelijk storing ondervinden en 36% procent dus niet.

⁷ <http://www.deltatelecomadvies.nl/ruim-7-mln-4g-abonnees-bij-3-grote-operators/>

⁸ Datagebruik vindt grotendeels plaats via de reguliere wifi thuis en zal in dat geval niet voor storing kunnen zorgen. Zie de volgende paragraaf over het storingspotentieel met betrekking tot data-gebruik.

⁹ Het gaat hierbij om de locatie van de telefoon (woonkamer). In een andere ruimte, hogere verdieping of aan de achterkant van het huis, kan de gekozen frequentieband anders zijn.

¹⁰ Dat wil niet zeggen dat de mobiele aanbieder deze netwerkconfiguratie niet zou kunnen wijzigen. Maar na de wijziging ligt vanaf dat moment de keuze van de mobiele frequentieband weer 'vast'.

Hiermee rekening houdend blijven er uiteindelijk 601.000 huishoudens over (0,64 x 0,94 miljoen) die storing kunnen krijgen in een situatie van co-channeling.

Deze groep voldoet aan alle voorwaarden van co-channeling, en zal, indien men afstemt op het juiste tv-kanaal binnen het LTE up-link bereik (en tegelijkertijd de mobiele handset activeert), storing ondervinden. Deze huishoudens moeten dus kijken naar (een van de) tv-kanalen die geprogrammeerd zijn in het voor hun storende LTE up-link bereik. Vandaar dat bij de bepaling van het aantal huishoudens dat storing kan ondervinden, ook de kijkcijfers van deze LTE tv up-link kanalen in ogenschouw moeten worden genomen (stap 6).

Kijkcijfers (stap 6)

Het marktaandeel van de Nederlandstalige landelijke en regionale publieke omroepen (32%) en landelijke commerciële zenders (53%) is gezamenlijk 85%. Het marktaandeel van de categorie 'overige' is 10%.¹¹ In deze laatste categorie zitten ook de zogenaamde SKO-Light zenders (marktaandeel 3,9%). Van deze zenders is bekend hoeveel bereik¹² ze hebben. Op basis van deze gegevens kunnen we het bereik uitrekenen van een gemiddelde SKO-light zender.¹³ Indien we veronderstellen dat deze categorie SKO-Light zenders representatief is voor de gehele categorie van de rest van de digitale thema zenders, kunnen we op basis van de SKO-light gegevens afleiden hoeveel huishoudens storing kunnen ondervinden. In de praktijk zal dat niet geheel opgaan aangezien de meeste zenders van de categorie 'overig' een nog lager kijkbereik hebben dan de zenders die nu zijn opgenomen in SKO-light. Deze afleiding kan dus enigszins een overschatting zijn¹⁴.

Afleiding aantal getroffen huishoudens op basis van SKO-Light bereikbaarheid

Ten aanzien van de afleiding van het aantal huishoudens met storing gelden de volgende aannames:

- Een uplink kanaal heeft een bandbreedte van 10 MHz, een kabel tv multiplex (8MHz) bevat (gemiddeld) 6 tv-zenders
- Een mobiele handset zendt uit in resource blokken van 180 kHz.¹⁵ Daarom kan een mobiele handset maximaal één multiplex verstoren, omdat een mobiele handset niet alle resource blokken tegelijkertijd kan gebruiken, zodat tegelijkertijd 2 tv kanalen worden gestoord. Voor bijvoorbeeld LTE bellen wordt 1 resource block gebruikt. Ook voor chatten en downloads zal een LTE mobiel niet het volledige spectrum van 10 MHz gebruiken.
- Er wordt verondersteld dat 4 digitale multiplexen met ieder gemiddeld 6 tv programma's gestoord kunnen worden door de up-link kanalen (=24 tv-programma's).¹⁶
- Daarnaast zijn er nog 4 analoge tv-zenders die gestoord kunnen worden door de up-link kanalen.

¹¹ <http://www.mediamonitor.nl/mediamarkten/televisie/televisie-in-2015/> De rest van het marktaandeel is voor het kijken van video (0.1 %), DVD (1.3%) en HDR (4.8%). Zie ook https://kijkonderzoek.nl/component/com_kijkcijfers/Itemid,133/file,wt-0-1-0-p

¹² Het bereik wordt dan gedefinieerd als minstens één seconde kijken over een bepaalde tijdsperiode (bijvoorbeeld een week of een maand). https://kijkonderzoek.nl/images/121112_Vraag_en_antwoord_SKO_Light.pdf.

¹³ We hebben ervoor gekozen om zoveel mogelijk de huidige praktijk van programmering als uitgangspunt te nemen voor onze afleiding en kansberekening. Dat geeft de meest realistische inschatting van het aantal stoorgevallen. Dat wil niet zeggen dat wij een normatieve uitspraak doen of kabelbedrijven niet de vrijheid zouden moeten hebben hun programmering vrij te kunnen kiezen over de gehele kabel tv band.

¹⁴ Er zijn momenteel 63 zogenaamde SKO light zenders, met een kijkdichtheid onder de 0,1 %. Daarnaast zijn er nog een veelheid van tv-zenders die zelfs daar geen deel van uitmaken. Eigenlijk geldt dat buiten de zenders in het basispakket, en een aantal relatief populaire betaalzenders, bijna alle 'overige' zenders een relatief lage kijkdichtheid (< 0,1 procent) hebben.

¹⁵ Zie <http://www.ijettjournal.org/volume-12/number-2/IJETT-V12P214.pdf> (figuur 3 blz 2/75) en http://www.gta.ufri.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2014_2/rafaelreis/ofdma_scfdma.html

¹⁶ Hierbij is uitgegaan van dit gemiddelde van 6 tv-zenders/multiplex voor geheel Nederland. Uiteraard kunnen er regionale verschillen zijn. Voor de overzichtelijkheid van de afleiding zijn de regionale (lokale) verschillen niet in de analyse betrokken.

- De lijst van SKO light zenders bevat momenteel 63 tv-programma's.¹⁷
- Het cumulatieve bereik van 63 TV programma's is 80%¹⁸

Definitie cumulatief bereik: het percentage van de bevolking (kijkers) dat *wel eens* afstemt (minimaal één seconde) op in dit geval de SKO light zenders *over een bepaalde periode* (bijvoorbeeld een week of een maand).

Met het cumulatieve kijkbereik van 63 tv-programma's kan berekend worden wat het cumulatieve bereik per TV programma is, uitgaande van de veronderstelling dat deze voor ieder programma gelijk is. Dit kan door te bepalen hoe groot de cumulatieve kans van het niet kijken per TV programma moet zijn. Immers 1 min deze kans is de cumulatieve kans van het wel kijken naar een TV programma. De cumulatieve kans van het kijken naar een groep TV programma's is als volgt te berekenen:

$$p_{CN} = 1 - (1 - p_{C1})^N \quad (1)$$

Waarbij N gelijk is aan het aantal TV programma's, p_{C1} de cumulatieve kans van het wel kijken naar 1 TV programma en p_{CN} de cumulatieve kans van het wel kijken naar 1 of meer van de N TV programma's. Uit deze vergelijking volgt:

$$p_{C1} = 1 - (1 - p_{CN})^{\frac{1}{N}} \quad (2)$$

In dit geval met $N = 63$ en $P_{cn} = 80\%$, volgt $P_{c1} = 2,52\%$

Er zijn 24 tv programma's (4 multiplexen) die in het digitale dividend (700/800 MHz) gestoord kunnen worden, met elk een bereik van 2,52% procent. Het cumulatieve bereik van deze $N=24$ tv programma's totaal is (volgens formule 1) 46%.

De tv kijkers van deze programma's zijn 'verdeeld' over de 4 multiplexen met elk 6 tv programma's. Doordat er per multiplex maar één uplink kanaal van een operator is, is het belangrijk om te weten hoe groot het bereik is van deze 6 tv programma's. Volgens formule 1 is dit 14%.

Verder veronderstellen we dat de uplink bandbreedte uniform verdeeld is over 8 TV-kanalen van ieder 8 MHz in de kabel. Het aandeel mobiele klanten per uplink kanaal is daardoor 1/8 per multiplex. Omdat we het gebruik van een uplink kanaal als statisch beschouwen (een consument zal met zijn mobiele handset altijd dezelfde digitale multiplex verstoren), geldt dit niet alleen momentaan, maar ook voor langere tijd. Voor M multiplexen is het bereik p_{sum} van het aantal klanten te berekenen aan de hand van de volgende vergelijking:¹⁹

$$p_{sum} = (1 - (1 - p_{C1})^{um})p_{um}M \quad (3)$$

In bovenstaande vergelijking staat M voor het aantal multiplexen, um het aantal tv programma's in een multiplex, p_{um} voor de kans dat een uplink kanaal een multiplex treft.

¹⁷ https://kijkonderzoek.nl/images/Jaarpersberichten/Jaarpersbericht_2016.pdf

¹⁸ https://kijkonderzoek.nl/component/com_kijkcijfers/Itemid,135/file.md-0-0-0-p (een bereik van 78,6 % van de digitale kijkers in januari en 74,7 % van de totale bevolking). Aangezien we in dit rapport veronderstellen dat in de nabije toekomst iedereen straks digitale kijker is, hanteren we hier een bereik van de digitale kijkers (afgerond) 80%.

¹⁹ Hierbij wordt een uniforme verdeling tussen het kijken naar verschillende TV programma's verondersteld (ongecorreleerd).

Als we formule 3 toepassen voor $M=4$ multiplexen, $u_m = 6$ tv programma's en $p_{um} = 1/8$, volgt er $p_{sum} = 0.07$. Omdat het aantal huishoudens bij de vorige stap in tabel 1 op 601.000 is berekend, wordt het aantal potentieel getroffen huishoudens uiteindelijk $0.07 \times 601.000 = 42.070$.

Tenslotte gaan we er in dit rapport vanuit dat de kans van op interferentie vanuit het eigen huis gelijk is aan de kans op interferentie van 1 of meer burens.²⁰ Hierdoor zal het aantal potentieel getroffen huishoudens nagenoeg verdubbelen tot 84.000.²¹

Deze groep van huishoudens zal dus storing ondervinden indien men naar het storingsgevoelige tv-kanaal kijkt en tegelijkertijd de mobiele handset activeert.

2.3 Hoe werken deze kansen uit in de praktijk?

Om een indruk te krijgen wat deze kansen en aantallen in de praktijk betekenen kunnen we afleiden hoeveel huishoudens *op een avond* storing zullen ondervinden.

Hoeveel storgevallen gedurende een tv-avond door bellen?

Voor het uitrekenen van het aantal storgevallen op een avond gaan we uit van de volgende veronderstellingen:

- Het markt aandeel van de 63 SKO light zenders is 3,9%²².
- Voor 6 programma's in een multiplex geeft dit een marktaandeel van $6/63 \times 3,9\% = 0,37\%$
- 10% van de tijd is de mobiele handset in gebruik (2 verbindingen van 3 minuten per uur)
- De kans op co-channeling is hiermee $0,1 \times 0,37\% = 0,037\%$
- Maximaal 43% van de huishoudens kijkt tv op een tv avond (piek kijkdichtheid)²³

Dus van de 84.000 huishoudens kijkt dan $84.000 \times 0,43 = 36.100$ huishoudens op een avond naar TV.

Dat betekent dat van de oorspronkelijk afgeleide groep van huishoudens die storing kan ondervinden, onder deze omstandigheden, ongeveer $0,037\% \times 36.100 = 13$ huishoudens storing zullen ondervinden van up-link storing (digitaal) op een tv-avond in Nederland.

Duiding van deze uitkomst.

Uit deze afleiding blijkt dat het aantal stoorincidenten gemiddeld op een avond bij uplink (digitaal) niet zo hoog is. Dat komt met name door de lage kijkdichtheid van de tv-zenders die nu in het 700- en 800 MHz bereik zijn geprogrammeerd. Dat neemt niet weg dat kijkers die relatief veel naar deze tv-zenders kijken (in combinatie met het gebruik van de mobiele handset), in de praktijk vaker last zullen hebben van deze storing.

Storing veroorzaakt door datagebruik

Datagebruik wordt gedefinieerd als alle informatie die de mobiele handset uitwisselt met het internet. Dat kan vele vormen aannemen zoals gebruik van sociale media, youtube, muziek, en het uploaden van eigen informatie op het internet. In tabel 1 is

²⁰ Hoewel de extra kans op storing (indien co-channeling) van de burens een stuk lager ligt dan die van de eigen mobiele handset, gezien de muurdemping.

²¹ In de binnenstad zijn er gemiddeld meer burens dan op het platteland zonder burens. Rekening houdend met de bevolkingsverdeling over dichtbevolkte en minder dichtbevolkte gebieden in Nederland is er gemiddeld een factor 2 aangenomen. Dat betekent dat een kijker in de doelgroep zoals hierboven is afgeleid, in plaats van 1/8 een kans van 2/8 (= 25%) heeft op co-channeling.

²² https://kijkonderzoek.nl/images/SKO_Jaarrapport/SKO_Jaarrapport_TV_2016.pdf De totale kijktijd over 24 uur is 183 minuten.

²³ https://kijkonderzoek.nl/images/SKO_Jaarrapport/SKO_Jaarrapport_TV_2016.pdf

het aantal huishoudens afgeleid dat storing kan ondervinden door bellen via LTE. Deze tabel is ook toepasbaar voor data-toepassingen. Het verschil tussen spraak en datagebruik zit in stap 3. Daar is de kans berekend waarbij een LTE toestel wifi kiest voor het bellen (Vowifi). In het geval van data zullen veel meer consumenten het thuis wifi netwerk gebruiken. Dat betekent dus ook dat de groep huishoudens die storing ondervindt vanwege LTE datagebruik al onderdeel is van de groep huishoudens die gestoord wordt door het bellen via LTE. Er is verondersteld dat in 60% van de gevallen het wifi netwerk gebruikt wordt voor data²⁴, en dat 40% van de huishoudens LTE (via mobiele handset) gebruikt voor een dataverbinding. Daarbij zullen consumenten die LTE gebruiken voor data in het algemeen ook bellen via LTE.

Met andere woorden de groep huishoudens die storing ondervindt door data-gebruik van de mobiele telefoon, maakt (ook al) deel uit *van de groep huishoudens die storing ondervond door het bellen via LTE* (zie boven). Dit betreft $(40/90 =)$ 44% van de groep huishouden die storing ondervindt bij het bellen via LTE. De groep die storing kan ondervinden van datagebruik via LTE betreft dus $84.000 \times 44\% = 37.000$ huishoudens. Alhoewel deze sub-groep kleiner is, kunnen deze consumenten wel eerder storing ondervinden als men bijvoorbeeld veel vaker data gebruikt dan belt tijdens het tv kijken.

2.4 Storing bij analoog TV kijken ('uplink')

Een deel van de huishoudens kijkt analoge tv. Voor deze groep huishoudens kan ook afgeleid worden hoeveel huishoudens getroffen zijn door de 'uplink' storing. Als uitgangspunt wordt hierbij tabel 1 gebruikt. De resultaten zijn gepresenteerd in tabel 2.

Tabel 2: Van de ca. 4.3 miljoen huishoudens die kabel tv hebben, kijkt 17,4% analoge tv (0.75 miljoen). Hierbij voldoen er 0.0437 miljoen (ongeveer 43.700) aan alle benodigde eigenschappen om storing te kunnen krijgen tijdens het bellen. Dit is gebaseerd op gegevens uit 2016.

Stap	Type huishouden	Percentage (%)	Aantal (x miljoen)
1	Aandeel analoog tv kijken via kabel tv	17.4	0.75 ²⁵
2	Mobiele handset met LTE in huishouden	90	0.673
3	Geen offloading via Vowifi ²⁶	90	0.606
4	Mobiel kiest 700/800 MHz	27	0.164 ²⁷
5	Configuratie leidt tot storing bij co-channeling	100	0.164
6	Percentage huishoudens dat kijkt naar de (analoge) programma's in het 700 MHz en 800 MHz bereik (inclusief invloed van burens en medebewoners) ²⁸	26.7	0.0437 (ca. 43.700 huishoudens)

²⁴ <https://www.juniperresearch.com/press/press-releases/wifi-to-carry-60pc-of-mobile-data-traffic-by-2019>

²⁵ Het aantal kabelabonnees vertoont de laatste jaren een dalende trend. Zie ACM Telecommonitor 1^e kwartaal 2016, p. 48. <https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/16142/Telecommonitor-eerste-kwartaal-2016/>

²⁶ Als er Vowifi plaatsvindt wordt het belverkeer via LTE deels afgewikkeld via het (al dan niet eigen) wifi netwerk, waardoor er geen storing kan optreden.

²⁷ Vanwege load-balancing, een techniek om gebruikers te verdelen over 4G banden, kunnen operators dynamisch telefoons omzetten naar andere banden. In de avond is het mobiele netwerk relatief rustig waardoor kan worden verondersteld dat de bandkeuze vast ligt voor een LTE toestel in de huiskamer.

²⁸ https://kijkonderzoek.nl/images/SKO_Jaarrapport/Online/SKO_Jaarrapport_Online_2016.pdf

Toelichting bij tabel 2

Het aantal tv kijkers dat nog analoge tv kijkt is 17,4% en komt uit op circa 750.000 huishoudens²⁹. Stap 2 tot en met 4 is gelijk aan tabel 1. Uit hoofdstuk 3 blijkt dat analoge tv gevoeliger is voor storing vergeleken met digitale tv. De stoorkans (indien co-channeling) kan daarom op 100% worden gesteld. Ook in dit geval heeft de kabelmaatschappij doorgaans de minst bekeken tv-kanalen geprogrammeerd in de LTE uplink frequenties. Als aanname wordt het bereikbaarheidscijfer van de tv-zender Eurosport gebruikt, als proxy voor de getroffen analoge tv-zenders. Dit bereikbaarheidscijfer is 26,7%.³⁰ Doordat de huidige inzet van deze uplink kanalen, 50% analoog is en 50% digitale tv, zal de totale kans voor een huishouden naar $26,7\%/2 = 13,4\%$ gaan. Tenslotte gaan we er in dit rapport vanuit dat de kans op interferentie vanuit het eigen huis gelijk is aan de kans op interferentie van 1 of meer burens.³¹ De totale kans komt daarmee op 26,7%.

Ten opzichte van tabel 1 (digitale uplink) is het aantal getroffen analoge tv kijkers lager. Deze hebben echter wel een aanzienlijk hogere kans op co-channeling.

Totaal aantal stoorgevallen up-link storing

Bij de digitale afleiding was de uitgangssituatie dat analoge tv op termijn zal zijn uitgefaseerd. Indien we de digitale afleiding corrigeren voor het huidige aandeel analoge kijkers (gebaseerd op Q2 2016), wordt het totaal aantal stoorgevallen (analoog plus digitaal) voor up-link $(0,826 \times 84.000) + 43.700 = 113.084$ (afgerond 113.000). Hierbij moet worden opgemerkt dat het aantal analoge kabelabonnees jaarlijks afneemt.

2.5 Storing veroorzaakt door een basisstation ('downlink'-storing)

Behalve storing veroorzaakt door mobiel gebruik kan er ook storing ontstaan door een nabijgelegen LTE-basisstation. Deze storing kan dus ook optreden in huishoudens waar geen mobiele handset aanwezig is. Bovendien is deze storing permanent aanwezig op de tv-kanalen die geraakt worden door de frequenties van het basisstation. In hoofdstuk 4 zal worden afgeleid dat ongeveer 26.000 huishoudens (digitaal plus analoog) storing kunnen ondervinden van basisstations. Dat betreft de huishoudens die dusdanig dicht bij een basisstation wonen dat als gevolg hiervan hun tv-sigitaal verstoord kan worden. Deze huishoudens zullen storing ondervinden indien men kijkt naar een tv-programma dat geprogrammeerd is in het downlink bereik van de 700 MHz of 800 MHz frequenties. De reden hiervoor is dat een basisstation continue data stuurt naar verbonden telefoons.³²

2.6 Wat betekenen deze kansen voor de kabelmaatschappijen?

Bellen en datagebruik (uplink)

Indien we een inschatting willen maken van de klachten die de kabelmaatschappijen kunnen ondervinden zouden de aantallen huishoudens die afgeleid zijn voor deze vormen van storing een indicatie kunnen zijn (84.000 huishoudens³³). Tevens moeten we de aard van de storing onder ogen zien. Deze is bij bellen en dataverkeer van voorbijgaande aard (voor de duur van het gebruik van de

²⁹ <https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/16142/Telecommonitor-eerste-kwartaal-2016/>

³⁰ Dit is een voorbeeld zender die typisch in een dergelijke band zou kunnen zijn geplaatst. Voor het bereikbaarheidscijfer zie https://www.kijkonderzoek.nl/images/SKO_Jaarrapport/SKO_Jaarrapport_TV_2016.pdf p. 44.

³¹ Hoewel de extra kans op storing (indien co-channeling) van de burens een stuk lager ligt dan die van de eigen mobiele handset, gezien de muurdemping.

³² Het zendvermogen is wel afhankelijk van het gebruik/load. Op rustiger momenten zal een basestation met minder zendvermogen zenden, waarmee ook de kans op storing afneemt.

³³ De 37.000 huishoudens die storing kunnen ondervinden van datagebruik, zitten al in de groep van huishoudens die gestoord worden door bellen. Daarmee blijft de totale groep huishoudens die storing kan ondervinden 84.000.

verbinding op dat ogenblik) en is veelal herleidbaar tot de eigen mobiele handset. Met andere woorden, het probleem lost zich ook weer op, nadat de verbinding met de mobiele handset is verbroken. Er zijn geen gegevens bekend of dit type van storing voor deze huishoudens aanleiding zal zijn geweest om hier naar hun kabelaanbieder actie te ondernemen.³⁴

Basisstation storing (downlink)

Dit type van storing kan aanmerkelijk ernstiger worden aangemerkt. Het betreft in beginsel 24 (digitale) tv-programma's die continu gestoord worden door de frequenties van het basisstation (verondersteld dat dit de helft van de tv-kanalen betreft in 700/800 MHz bereik, vanwege het feit dat de helft van de kanalen nog voor analoge doorgifte zijn bestemd). Indien een kabelabonnee zich binnen de kritische afstand van een basisstation bevindt, en verder ook aan alle andere voorwaarden voor co-channeling voldoet (zo'n 24.000 digitale huishoudens), zal deze abonnee *continu* en iedere keer weer opnieuw als hij op deze tv-kanalen afstemt storing ondervinden.³⁵ Het is voorstelbaar dat dit aanleiding zal zijn om deze storing te melden bij zijn of haar kabelaanbieder. Aangezien tot november 2016 bellen via LTE in het 800 MHz bereik nog niet was geactiveerd door de operators, zou kunnen worden verondersteld dat tot nu toe ontvangen klachten over LTE storing, veelal afkomstig zouden kunnen zijn van deze groep van kijkers.³⁶

Conclusie

In dit hoofdstuk is afgeleid hoeveel huishoudens storing kunnen ondervinden als gevolg van de verschillende typen van storing. Daarbij zijn ook de kijkcijfers (en met name bereikbaarheidscijfers) betrokken van de door LTE uplink kanalen geraakte tv-zenders. Tezamen met de kans dat tegelijkertijd de mobiele handset moet zijn geactiveerd, leidt dit tot een kleine kans dat deze gebeurtenis zich ook voordoet (0,037%).³⁷ Dat neemt echter niet weg dat er toch huishoudens zullen zijn die relatief veel naar die zenders kijken (in combinatie met het gebruik van de mobiele handset). Deze huishoudens hebben een grotere kans op storing en zullen hier derhalve vaker mee geconfronteerd kunnen worden. Het volgende hoofdstuk gaat dieper in op stap 5 van de afleiding (stoorkans indien co-channeling) en in hoofdstuk 4 wordt de afleiding van het aantal stoorgevallen voor downlink storing weergegeven. Tevens is een aantal ontwikkelingen te noemen die de stoorkans in de nabije toekomst kunnen beïnvloeden ('prognose'). Deze zijn weergegeven in Annex 11.

³⁴ Een goede indicatie hiervoor zou kunnen zijn het in 2016 geïntroduceerde bellen via LTE (sinds november 2016) en hoeverre dit heeft geleid tot een duidelijke toename van het aantal klachten (die herleidbaar zijn tot deze vorm van storing).

³⁵ In hoofdstuk 4 is ook afgeleid dat dit nog 2000 huishoudens met analoge tv ontvangst betreft.

³⁶ Wij hebben geen inzicht in het aantal klachten dat als gevolg van deze vorm van verstoring bij de kabelmaatschappijen zijn binnengekomen.

³⁷ Bovenstaande afgeleide stoorgevallen en kansen zijn gebaseerd op SKO bereikbaarheidscijfers (minimaal 1 seconde storing gedurende een maand). Indien hier het concept 'kijkcijfers' zou worden gehanteerd (aandeel van de bevolking dat gedurende een avond kijkt naar een bepaald tv programma) leidt dat in de berekening tot een lager aantal stoorgevallen van een factor 10 of meer.

3. Onderzoek naar interferentie *indien* co-channeling optreedt

3.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft de uitkomst, achtergrond en methodiek van het stoormodel welke de kans op storing bepaalt indien er co-channeling optreedt. Een uitgebreide beschrijving van het model is te vinden in Annex 5.

Er is alleen onderzoek uitgevoerd naar verstoring van digitale tv-ontvangst, niet van analoge tv-ontvangst. We gaan ervan uit dat de trend van een toenemend aantal consumenten dat digitale tv kijkt en een afnemend aantal mensen dat analoge tv kijkt zich de komende jaren zal voortzetten. In het algemeen kan echter gesteld worden dat de kans dat een LTE-smartphone -op dezelfde frequentie- analoge tv verstoort groter is dan de kans dat een LTE-smartphone digitale tv verstoort. Indien men de mate van interferentie en het aantal stoorgevallen in de overgangsfase (dus inclusief analoge tv) zou willen schatten, dan kan men de kans op interferentie bij analoge tv indien co-channeling op 100% stellen als een "worst case" benadering.

3.2 Aanpak en methode onderzoek

Voor het bepalen van de kans op storing, indien co-channeling, heeft Agentschap Telecom een stoormodel ontwikkeld. Dit stoormodel bevat alle denkbare relevante variabelen die de storing of stoorkans kunnen beïnvloeden. Te denken valt aan kwaliteit van kabelmateriaal, signaalsterkte van de LTE-smartphone, verschillende woningsoorten, muurdemping etc. De waarden van de parameters zijn zo realistisch mogelijk gekozen en waar relevant is een bepaalde spreiding in waarden aangenomen. Hiertoe zijn metingen verricht (met name in 2010), zijn partijen ondervraagd, en zijn ruwe data gebruikt van het TNO onderzoek in 2014 naar de situatie in 249 woningen³⁸. In Annex 6 staat een overzicht met alle parameterwaarden die in de simulaties zijn gebruikt en een toelichting op de gekozen waarden.

Monte Carlo simulatie

Bij het berekenen van de stoorkans wordt een grote hoeveelheid situaties (minimaal 25.000) willekeurig uit de voorraad van variabelen, met hun denkbare waarden gekozen. Hiermee wordt gesimuleerd dat bij (stel 25.000) woningen de storing zou worden gemeten (niet wetende wat de situatie in de woning is). De uitkomst van de berekeningen, 'storing' of 'niet storing', wordt bijgehouden. De gemiddelde kans op storing wordt bepaald door het aantal situaties waarin storing plaats vindt te delen door het totaal aantal situaties dat in de simulatie in beschouwing wordt genomen. Deze methodiek wordt in wetenschap en industrie veel gebruikt en staat bekend als 'Monte Carlo simulatie'. De hieruit volgende gemiddelde kans op storing *indien* co-channeling geldt als input variabele bij stap 5 bij de afleiding in hoofdstuk 2 van het aantal huishoudens dat uiteindelijk storing kan ondervinden.

Variabelen die stoorkans beïnvloeden

De kans voor verstoring door de LTE telefoon (indien co-channeling) wordt voor een individueel huishouden bepaald door een aantal variabelen die deze kans positief dan wel negatief beïnvloeden. Deze variabelen veranderen voor een individueel huishouden normaal gesproken niet. Hiermee is het dus ook altijd *dezelfde* groep consumenten die op een bepaald moment storing kan ondervinden. Enkele belangrijke variabelen die de stoorkans beïnvloeden zijn:

³⁸ TNO, *Omvang en effectiviteit en van huisnetwerk upgrades nodig om storing van kabeldiensten door LTE te voorkomen*, rapport 2013 R11454, in opdracht van UPC Nederland en Ziggo, Februari 2014 (niet openbaar).

- Indien een consument goede kwaliteit kabels en pluggen in huis heeft, zal de kans op interferentie lager zijn.
- Indien een consument dichtbij een basisstation woont, zal het vermogen van de LTE-smartphone afnemen, doordat LTE het zendvermogen dynamisch aanpast aan de hand van de omstandigheden. Hiermee zal de kans dat interferentie op kabel tv optreedt lager zijn (hoe hoger het vermogen van de smartphone, hoe hoger de kans op interferentie op kabel tv ontvangst). Wel gebruikt LTE meerdere transmissiesnelheden: dichtbij maximale internetsnelheid, ver af minimale snelheid. Voor hogere internetsnelheid is meer vermogen nodig. Dit mechanisme zorgt ervoor dat een veel groter aandeel LTE telefoons met maximaal zendvermogen zal zenden, dan men in eerste instantie zou verwachten.
- Indien de kabel tv-siginaalsterkte hoger is, zal de kans op storing lager zijn. In zo'n geval kan het tv-siginaal, makkelijker de stoorbron overwinnen.
- Indien de tv en of settopbox een slechte immunititeit heeft zal de kans op storing hoger zijn.

Een combinatie van deze factoren bepaalt, samen met de eigenschappen van onder meer de tv-huisinstallatie en eventueel de muurdemping, de uiteindelijke kans op interferentie. Hieruit blijkt overigens dat de kwaliteit van een huisinstallatie bij de huishoudens thuis een zeer belangrijke factor is die de uiteindelijke stoorkans bepaalt.

3.3 Resultaten van de simulatie

In onderstaande tabel zijn de resultaten van de simulaties weergegeven.

Tabel 3: kans op interferentie als co-channeling optreedt voor verschillende type woningen en scenario's.

Scenario	Flatgebouw (stedelijk)	Rijtjeshuis (buitenwijk)	Vrijstaand (platteland)
Storing door LTE-smartphone in dezelfde kamer	57%	67%	69%
Storing door LTE-smartphone in een aangrenzende woning	45%	54%	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone in de woning erboven	39%	n.v.t.	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone in de woning eronder	39%	n.v.t.	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone buiten naast de woning	27%	37%	n.v.t.

De resultaten van de berekeningen laten zien dat er in een situatie van co-channeling een duidelijke kans is op interferentie voor de tv-kijker. Niet alleen als de storing veroorzaakt wordt door de eigen LTE-smartphone is de storingskans aanzienlijk (zie de rij met "storing in dezelfde kamer" in bovenstaande tabel), ook als de LTE-mobiel zich bij de buren of op straat bevindt kan deze storing veroorzaken³⁹. De kans op interferentie door het gebruik van een LTE-smartphone door buren is lager dan de eigen smartphone als gevolg van de demping van de muren en de afstand van de stoorbron tot de tv-installatie. In Nederland is 36.7%

³⁹ In geval van storing op straat zal de storing van korte duur zijn, omdat een passant maar korte tijd in de buurt van de woning is.

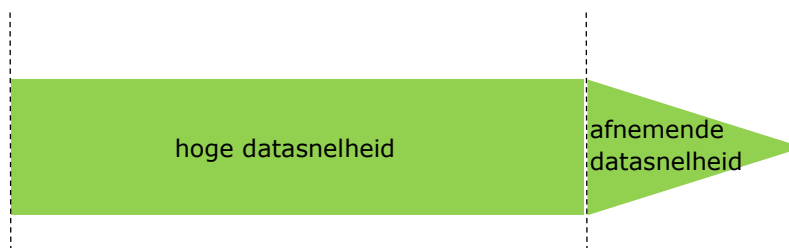
van de woningen een flat, 47.0% tussenwoning en 16.3% vrijstaand⁴⁰. Op basis van deze gegevens kan een gemiddelde storingskans worden afgeleid van 64%⁴¹ voor in de woonkamer.

In Hoofdstuk 2 wordt de storing van LTE telefoons bij burens (en medehuisgenoten) meegenomen door de totale kans met twee te vermenigvuldigen. Alhoewel dit een overschatting geeft van het aantal stoorgevallen, is het wiskundig gezien lastig om de invloed van burens (en medehuisgenoten) op een zuivere manier te modelleren. Om deze reden is gekozen voor deze vereenvoudiging.

Vergelijking uitkomsten 2010

Het uiteindelijk gevonden gemiddelde percentage is hoger dan de gemiddelde stoorkans van 48% die in 2010 werd gevonden. Dit heeft twee belangrijke oorzaken. Ten eerste hebben kabelmaatschappijen sinds 2010 de modulatie van QAM-64 verhoogd naar QAM-256 om hiermee de capaciteit te verhogen. Hierdoor kunnen meer digitale tv-kanalen worden aangeboden. Door deze verhoging is het kabel tv-signaal wel gevoeliger (6 dB) voor storing van een LTE mobiele handset ten opzichte van QAM-64. Met andere woorden, een LTE mobiele handset die met een factor 4 (6 dB) minder vermogen uitzendt zal evenveel storen op een kabel tv-signaal met QAM-256 veroorzaken als een LTE telefoon met QAM-64 met een 4 keer hoger zendvermogen.

Ten tweede is er op het gebied van LTE in het 2010 onderzoek aangenomen dat een mobiele handset communiceert in een lage 4G snelheid (LTE 800 MHz was nog niet uitgerold). In de huidige situatie zal een telefoon echter automatisch overschakelen naar een hogere snelheid als de verbinding goed is. Hiermee wordt het LTE netwerk efficiënter gebruikt. Daardoor zal een LTE telefoon in grotere delen van Nederland op maximaal vermogen blijven zenden, ook als deze zich relatief dicht bij het basisstation bevindt (zie Figuur 2). Ook dit verklaart deels de hogere stoorkans⁴².



Figuur 2: Datasnelheid als functie van de afstand, bij adaptieve modulatie

Ten slotte blijkt dat de huidige 4G telefoons een antenne hebben met mindere prestaties. Smartphones voldoen hiermee net aan de 4G eisen op dit vlak. Een gevolg is wel dat hierdoor het effectief uitgestraalde vermogen afneemt. Ten opzichte van het 2010 onderzoek is het maximaal zendvermogen met 3 dB afgenomen⁴³. Dit is een factor die de stoorkans doet afnemen, maar de twee genoemde ongunstige factoren zijn dominantier.

⁴⁰ <http://www.bestaandewoningbouw.nl/woningvoorraad-uniformiteit-in-verscheidenheid/>

⁴¹ Via een gewogen gemiddelde: $(0.367 \times 57\%) + (0.470 \times 67\%) + (0.163 \times 69\%)$

⁴² In 2010 is verondersteld dat hoe dichterbij de mobiele handset zich bij het basisstation bevond, hoe minder vermogen de handset genereerde. Dit effect doet zich nu in de praktijk veel minder voor als in 2010 werd verondersteld.

⁴³ Daarnaast zijn basestations gevoeliger geworden ten opzichte van 2010, waardoor het (gemiddeld) zendvermogen afneemt in de gevallen waarbij de smartphone niet met maximaal vermogen zendt.

3.4 Conclusie

Uit de resultaten van de simulaties blijkt dat de gemiddelde kans op verstoring van het tv-signaal 64% is (57% in een flatgebouw, 67% in een rijtjeshuis en 69% in een vrijstaand huis), in een situatie van co-channeling. Dit percentage is in hoofdstuk 2 meegenomen bij stap 5 voor de afleiding van het aantal huishoudens dat uiteindelijk storing kan ondervinden.

3.5 Scenario 2020

Bovenstaande cijfers zijn gebaseerd op de situatie in 2016, voor 2020 verwachten wij een verdere verbetering van kabel tv huisinstallaties en het langzaam aan verdwijnen van settopboxen met slechte afschermingskwaliteiten. In een scenario waarbij 65% van de huishoudens een goede huisinstallatie heeft (in 2010 was dit percentage 52%, zie Annex 6) en waarbij alle settopboxen voldoen aan de EMC eisen van 1 V/m in band, wordt de gemiddelde stoorkans volgens dit stoormodel 37%. In sectie 6.4 van hoofdstuk 6, met door huishoudens te nemen maatregelen, wordt deze gemiddelde stoorkans voor verschillende scenario's berekend. Hieruit blijkt dat met een goede kabel tv huisinstallatie (kabel, settopbox) en soms een aanvullende maatregel (versterker bij zwakke kabel TV signalen) de stoorkans richting 0% gaat. (Zie ook Annex 11 'Prognose' voor een aantal ontwikkelingen die de stoorkans kunnen beïnvloeden).

4. Interferentie van LTE basisstations

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een inschatting gemaakt van het aantal storingsgevallen van het kabel tv-sigitaal door een LTE basisstation. Net als een LTE mobiele telefoon kunnen sterke signalen van een LTE basisstation ook zorgen voor verstoring van het tv-beeld. In dit geval moet de woonkamer van de consument zich voldoende nabij een LTE zendmast bevinden. Een belangrijk verschil met storing door de LTE mobiele telefoon ('up-link') is dat een basisstation permanent LTE signalen uitzendt. Consumenten die last hebben van dit type storing, zullen dus tv-kanalen hebben die, indien men daarop afstemt, altijd storing ondervinden. Dit type storing is daarom vergelijkbaar met storingen veroorzaakt door Digitenne en/of DAB+ zenders.⁴⁴

In dit hoofdstuk wordt net als bij de LTE mobiele telefoon storing primair uitgegaan van digitale tv-ontvangst. Daarnaast wordt ook nog, uitgaande van dezelfde methodiek, een inschatting gemaakt van het aantal stoorgevallen voor het huidige aantal analoge abonnees.⁴⁵ In oktober 2016 zijn er 30.181 LTE basisstations geregistreerd bij het Antennebureau.⁴⁶ In Nederland worden de meeste locaties gebruikt door meerdere operators. Het aantal unieke locaties is daarom een stuk kleiner, namelijk 780.447. Uitgaande van het free space propagatie model en bijbehorende 'worst case' aannames wordt in eerste instantie een maximale afstand tot een basisstation bepaald waar dan nog storing kan worden ondervonden. Hiermee is echter niet het aantal stoorgevallen te bepalen. Hiervoor zijn meer realistische aannames (verwachtingswaarden) van de verschillende input parameters nodig. Daarnaast zal gebruik gemaakt moeten worden van een propagatie-model dat rekening houdt met de specifieke omstandigheden in bewoonde gebieden. Hiervoor is voor het modified Hata model gekozen, welke gebaseerd is op praktijkmetingen.⁴⁸

4.2 Aanpak en methode onderzoek

De algemene aanpak bestaat dus uit de volgende stappen. Ten eerste wordt de stoorafstand bepaald via het modified Hata model. Hiervoor zijn een aantal parameters benodigd zoals muurdemping, kabelafscherming, benodigde signaal ruisverhouding etc. Bij het bepalen van deze parameters zijn zo veel mogelijk praktijkcijfers gebruikt. Doordat goede kwaliteit coax-kabels (bijvoorbeeld Kabelkeur) een veel betere onderdrukking hebben (en derhalve de LTE signalen voldoende onderdrukken), is bij het bepalen van deze stoorafstand de afschermingswaarde van een slechte kwaliteit coax-kabel aangenomen. Op basis

⁴⁴ Het permanente karakter van de down-link storing heeft een iets ander karakter dan DVB-T aangezien het zendvermogen van een LTE basisstation sterk afhankelijk is van de belasting en daarmee ook het aantal stoorgevallen op een gegeven moment (momentopname). Met dit aspect is in dit rapport verder geen rekening gehouden door uit te gaan van het piekvermogen gedurende de dag. Praktisch betekend dit dat stoorgevallen zich niet de gehele dag hoeven voor te doen, maar een meer incidenteel karakter kunnen hebben.

⁴⁵ Uitgaande van het aandeel analoge aansluitingen ('analoog only') 3e kwartaal 2016. Het aantal analoge aansluitingen vertoont een duidelijk dalende trend. In Q3 2016 zijn er 736.000 analoog only abonnees. Ten opzichte van Q3 2015 (een jaar tijd) is dat een daling van 82.000 (analoog) abonnees.

⁴⁶ <https://www.antennebureau.nl>

⁴⁷ Afgeleid door antenne locaties te combineren waarvan de onderlinge afstand minder dan 20 meter is.

⁴⁸ Zie ERC (binnen de CEPT), *Monte-carlo simulation methodology for the use in sharing and compatibility studies between different radio services or systems*, Napels, February 2000, gereviseerd in Regensburg, mei 2001 en Baden, juni 2002. <https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUKewj-5qext6LWAhUFU1AKHbdxCeYQFgq2MAM&url=http%3A%2F%2Ftest.ecodocdb.dk%2Fdocdb%2Fdownload%2F320ac980-ed95%2FREP068.DOC&usq=AFQjCNHhOWYUGO6w1ZXSHtrxaTicawQKfQ>

van deze gegevens wordt vervolgens een afstand berekend. Naast de waarde van de parameters, is er ook variatie in ieder parameter (standaard deviatie). Het modified Hata model geeft om die reden een afstand waarbij 50% van de huishoudens storing ondervindt (de waarde van iedere parameter is het gemiddelde, waarbij 50% van de realisaties/waarden hoger ligt en 50% lager). Doordat de parameters een normale/Gaussische verdeling hebben, kan vervolgens berekend worden hoe hoog het percentage stoorgevallen is voor verschillende stoorafstanden. Hiervoor moet de standaard deviatie van het totale model worden bepaald. Op basis van CBS gegevens over woningen in de nabijheid van een basisstation, kan door de sommatie van stoorgevallen op verschillende afstanden het totaal aantal stoorgevallen worden bepaald. In feite wordt de gehele kansverdeling doorlopen: op verschillende afstanden geldt een ander percentage van de huishoudens die storing ondervindt. Zeer dichtbij het basisstation is dit 100%, ver weg gaat dit percentage richting 0%. Tenslotte wordt in de laatste stap het aantal stoorgevallen bepaald door uit te gaan van het percentage kabelabonnees, het aandeel huishoudens met een goede huisinstallatie en bereikbaarheidscijfers (kijkgedrag).

4.2.1 Praktijkmetingen

Het model voor inkoppeling en de afstand waarbij (gegeven een bepaalde kans op storing) nog verstoring van de tv ontvangst kan plaatsvinden is getoetst met een elftal praktijkmetingen. In Annex 7.2 worden de resultaten hiervan weergegeven. Annex 7.1 geeft de belangrijkste begrippen (definities en uitgangspunten) die de inkoppeling van radiosignalen op de kabelontvangst definiëren.

4.3 Inschatting stoorafstand

De afstand waarop LTE basisstations interferentie kunnen veroorzaken op kabelnetwerken is sterk afhankelijk van de lokale omstandigheden. Voor een goed begrip van de potentiële stoorafstanden is het daarom nuttig onderscheid te maken tussen aan de ene kant 'worst case' stoorafstanden, welke zich bijvoorbeeld kunnen voordoen wanneer een kabelnetwerk zich in een appartement of in een flatgebouw bevindt en er een direct zicht pad is naar een LTE basisstation en aan de ander kant stoorafstanden welke voor een gemiddeld huishouden met een gemiddelde kwaliteit kabelnetwerk zou gelden.⁴⁹ In het laatste geval kan geen gebruik meer worden gemaakt van een vrij pad propagatiemodel ('free space'), maar bieden hiertoe ontwikkelde en algemeen geaccepteerde (op metingen gebaseerde) statistische modellen een meer realistisch resultaat. In dit rapport wordt gebruik gemaakt van het modified Hata model, zoals deze in ERC report 68 is beschreven.⁵⁰

Voor het bepalen van het aantal huishoudens welke storing zouden kunnen ondervinden zal de afstand waarop dit plaats kan vinden bepaald moeten worden.⁵¹ Deze huishoudens bevinden zich immers binnen het oppervlak van de cirkel met een straal gelijk aan deze afstand rondom het LTE basisstation. Een propagatie model legt een directe relatie tussen deze stoorafstand en de paddemping tussen in dit geval het LTE basisstation en het kabelnetwerk in een huis. Als aan de ene kant het zendvermogen van het LTE basisstation bekend is en aan de ander kant het maximale stoorsignaalniveau op de kabel, kan rekening houdend met de eigenschappen van de coaxkabel en muurdemping, de paddemping bepaald worden waarbij net geen storing meer plaatsvindt. In Annex 7.3 is een overzicht

⁴⁹ Bij een goede kwaliteit kabelafscherming zal in de regel geen storing worden ondervonden.

⁵⁰ Het modified Hata model is in ERC Report 68 zo aangepast dat deze ook voor afstanden minder dan 1 km toepasbaar is. Volgens opgave van de operators is voor LTE signalen de standaarddeviatie, zoals die in het modified Hata model gebruikt wordt niet van toepassing. De standaarddeviatie voor stedelijk gebied is daarom gesteld op 12 dB en voor buitenwijken op 8 dB (conform aannames kabelstooronderzoek 2017).

⁵¹ Dit bij een gegeven kans op storing.

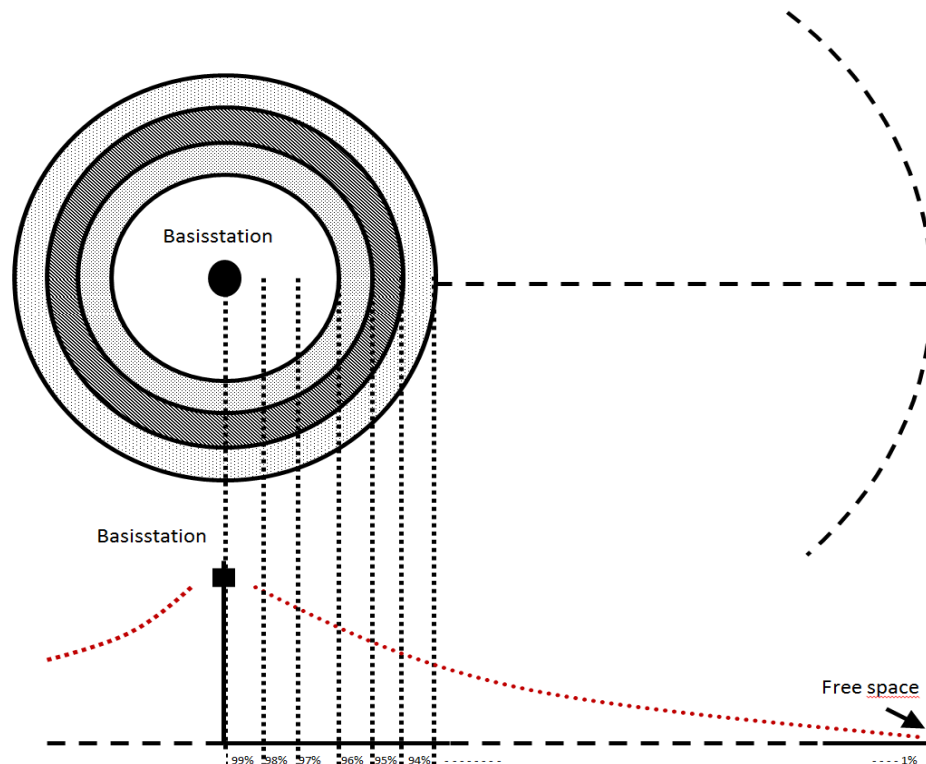
weergegeven van alle parameters welke nodig zijn om de paddemping te bepalen en daarmee de stoorafstand, inclusief een toelichting voor de gekozen waardes.⁵²

4.4 Afleiding aantal huishoudens dat mogelijk storing zou kunnen ondervinden.

Met de parameters in Annex 7.3 kan met het modified Hata model dus de interferentie afstand berekend worden uitgaande van de paddemping en een zekere kans op interferentie voor die afstand. Dit geeft echter geen direct antwoord op de vraag hoeveel huishoudens binnen die afstand dan interferentie zouden kunnen ondervinden, aangezien niet ieder huishouden dezelfde kans op interferentie heeft binnen die cirkel. Huishoudens die zich dicht bij het LTE basisstation bevinden hebben een grotere kans op interferentie dan huishoudens verder af. Om deze vraag te kunnen beantwoorden is het daarom nodig om te integreren over de hele kansverdeling. Deze integraal kan benaderd worden door een sommatie van het aantal huishoudens die zich binnen een ring met een bepaalde stoorkans bevinden over alle stoorkansen. Dit is in afbeelding 1 schematisch weergegeven.

Omdat niet alle huishoudens zich in stedelijk gebied bevinden, maar ook in buitenwijken is hiervoor een verdeling van 1/3 (stedelijk), 2/3 (buitenwijk) gekozen. De categorie ('landelijk') wordt niet apart meegenomen. Ook in landelijke gebieden zullen LTE masten zich veelal in de buurt van woonkernen bevinden. Deze gebieden kunnen modelmatig dan het beste beschouwd worden als buitenwijken.

Afbeelding 1: Schematische weergave afleiding aantal stoorgevallen (sommatie van het aantal stoorgevallen bij aflopende kans op storing).



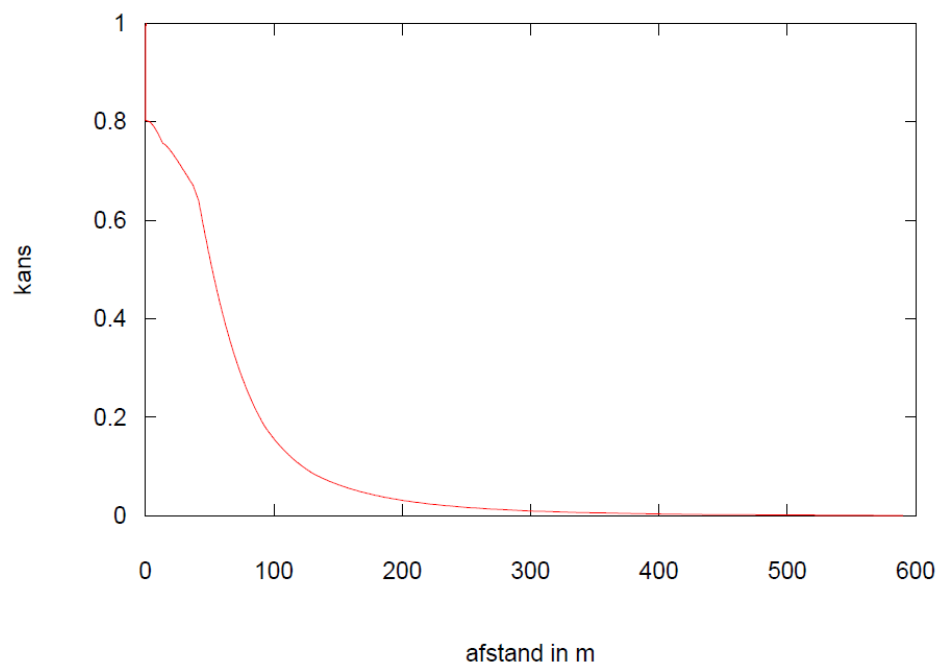
⁵² Deze stoorafstand is alleen gegeven voor het free space model. Bij het modified Hata model is deze afstand afhankelijk van de kans waarop een storing zich voor doet. Er is daarom geen sprake van één stoorafstand. Dit wordt verderop in dit hoofdstuk (paragraaf 4.4) toegelicht en uitgewerkt.

Toelichting bij afbeelding 1

Het bovenste deel van de afbeelding geeft een bovenaanzicht, het onderste gedeelte een zijaanzicht. In het midden van de cirkels is een LTE basisstation weergegeven. In de weergegeven cirkels rondom het basisstation bevinden zich huishoudens welke interferentie kunnen ondervinden. In het onderste deel van de afbeelding geeft de rode stippellijn daarbij tevens het veldsterkte verloop weer met de afstand. Rondom het basisstation is met het modified Hata model voor iedere kans op interferentie de daarbij behorende stoorafstand bepaald. Door voor twee opeenvolgende kansen⁵³ de stoorafstand te berekenen is het mogelijk denkbeeldige ringen rond het basisstation te maken. Op basis van CBS bebouwingsgegevens in relatie tot de LTE opstelpunten is afgeleid dat in een straal van 100 meter van alle LTE basisstations in Nederland zich 380.000 huishoudens bevinden. In Annex 7.4 is dat nader uitgewerkt. Door deze aantallen te relateren aan het oppervlak van de denkbeeldige ringen, kan per ring berekend worden hoeveel huishoudens zich hierin gemiddeld bevinden.⁵⁴ Door dit aantal per ring te vermenigvuldigen met de kans waarop zich dit voordoet en vervolgens deze aantallen telkens bij elkaar op te tellen, kan uitgerekend worden hoeveel huishoudens uiteindelijk naar verwachting interferentie zouden kunnen ondervinden. De maximale afstand volgens het modified Hata model waarop nog interferentie optreedt is bij free space propagatie. De free space storingsafstand is daarbij echter wel afhankelijk van de totale standaarddeviatie van de gekozen parameters, zoals weergegeven in Annex 7.3.

Dicht bij een LTE basisstation is de kans op storing groot. Naarmate een huishouden zich verder van een LTE basisstation bevindt neemt deze kans steeds verder af. In onderstaande afbeelding is de kansverdeling van de storing als functie van de afstand tot het LTE basisstation volgens het modified Hata model weergegeven.

Afbeelding 2: Relatie kans op storing versus afstand tot basisstation (op basis van modified Hata).



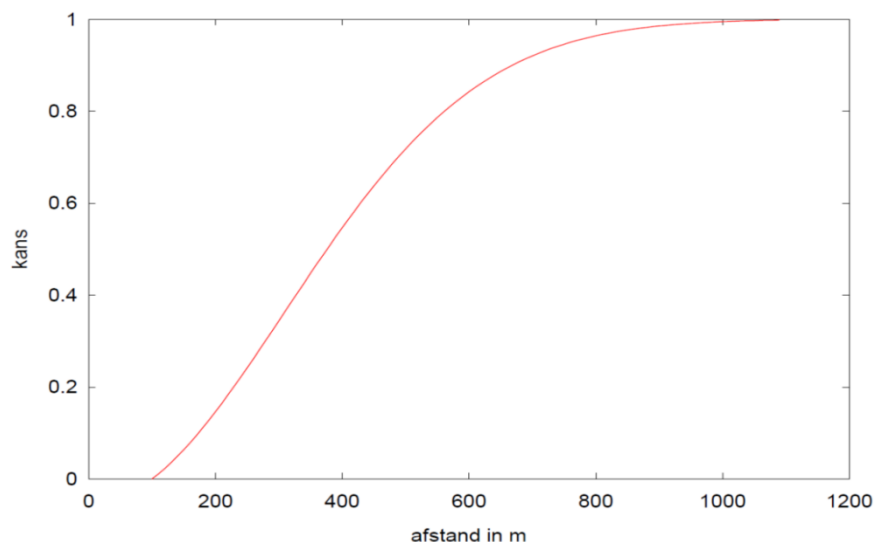
⁵³ Tussen een kans van 0,001 en 0,999 is in stappen van 0,001 voor iedere kans de stoorafstand berekend.

⁵⁴ Een uniforme verdeling van de huizen wordt over het oppervlak wordt hierbij aangenomen.

Correctie voor dubbeltellingen

Er is een kleine kans op storing op grote afstanden. Echter, voor huishoudens op grotere afstanden van een LTE basisstation bestaat er ook een grotere kans op dubbeltellingen. Immers een grote storingsafstand treedt alleen op bij kleine kansen, dat wil zeggen bij een grote paddemping. Dit doet zich met name voor bij huishoudens die op korte afstand ook reeds storing zouden ondervinden van een ander, zich dichterbij bevindend LTE basisstation. Uitgaande van 380.000 huishoudens in Nederland die zich binnen een straal van 100 meter van een basisstation bevinden en het totaal aantal huishoudens in Nederland, kan rekening worden gehouden met deze dubbeltelling.⁵⁵ In onderstaande afbeelding is de kans weergegeven dat een huishouden wordt dubbel geteld.

Afbeelding 3: weergave van kans op dubbeltelling storingevallen in relatie tot de afstand.



Met toepassing van het modified Hata model, en onderliggende aannames (zie Annex 7.3) en het hierboven afgeleide aantal huishoudens dat zich (met verschillende kansen op storing) binnen het kritische bereik van een LTE basisstation bevindt, is afgeleid dat uiteindelijk 250.000 huishoudens in Nederland (digitaal) in potentie storing zouden kunnen ondervinden (down-link). Deze huishoudens bevinden zich binnen de kritische grens van een basisstation met een bijbehorende kans op storing.

4.5 Afleiding aantal huishoudens met storing

In de vorige paragraaf is afgeleid dat 250.000 huishoudens in Nederland in potentie storing zouden kunnen ondervinden van LTE basisstations. Echter, niet al deze huishoudens zullen ook storing ondervinden. Hier moet nog gecorrigeerd worden voor een aantal aanvullende voorwaarden voor storing zoals het percentage kabelabonnees in Nederland, het percentage huishoudens met een goede huisinstallatie en het kijkgedrag. Tevens is rekening gehouden met de verdeling van analoge en digitale abonnees zoals dat in Q3 2016 gold.

⁵⁵ Bij iedere verdubbeling van oppervlakte neemt de kans op dubbeltelling met $(1-p)$ toe. Waarbij p de het aantal huishoudens op 100 meter afstand van een LTE basisstation (380.000) gedeeld door het aantal huishoudens in Nederland (7,4 miljoen) is.

Tabel 4: Afleiding van het aantal huishoudens met storing (op basis van modified Hata).

Resultaten op basis van modified Hata		Digitaal		Analoog	Toelichting
Potentieel aantal huishoudens met storing		250.000		258.000	250.000 huishoudens indien aandeel digitale kijkers 100% zou zijn. 258.000 huishoudens indien aandeel analoge kijkers 100% zou zijn.
Percentage kijkers digitale en analoge TV	83%	206.500	17%	44.892	verdeling gebaseerd op ACM monitor Q3 2016.
Marktaandeel kabel TV	54%	110.684	54%	24.062	gebaseerd op ACM monitor Q3
Aandeel huishoudens met slechte kwaliteit kabel	48%	53.128	48%	11.550	Afgeleid uit TNO onderzoek 2014 en metingen TU Twente 2010.
Invloed bereikbaarheidscijfers	46%	24.439	27%	3.084	Bij analoog gebaseerd op totaal bereik van 4 analoge tv kanalen waarbij Eurosport als proxy geldt (conform Kabelstooronderzoek 2017).
Percentage storing indien beeld onvoldoende (bij gegeven C/N)	100%	24.439	50%	1.542	Bij digitaal is dit 100% vanwege wegvallen beeld. Bij analoog is dit 50% bij beeldkwaliteit grade 3,5.
Totaal aantal huishoudens met storing		24.000		2.000	Afgerond in eenheden van 1000.

Uit deze afleiding blijkt dat er uiteindelijk 26.000 storingen te onderkennen zijn. Dit betreft 24.000 digitale huishoudens en 2.000 analoge huishoudens. Onderstaand worden de corrigerende parameters nader toegelicht.

Potentieel aantal huishoudens met storing

Dit betreft het totaal aantal huishoudens dat potentieel storing zou kunnen ondervinden. Indien iedereen digitaal kijkt betreft dat 250.000 huishoudens. Indien iedereen nog analoge aansluiting zou hebben (even fictief verondersteld) zou dit aantal 258.000 zijn. Dit laatste in verband met het feit dat analoge tv gevoeliger is voor storing.

Percentage digitale en analoge kijkers

Voor analoge kijkers betreft dit het percentage huishoudens dat alleen een analoog abonnement heeft.⁵⁶ Voor deze analyse wordt er vanuit gegaan dat digitale kijkers slechts potentiële storing ondervinden als (ook) hun digitale signaal gestoord wordt.⁵⁷

Marktaandeel kabel

Het marktaandeel van kabel tv in de televisiemarkt wordt verondersteld op 54%.⁵⁸

Aandeel huishoudens met slechte kwaliteit kabel

Dit betreft het percentage huishoudens dat gebruik maakt van slechte coax kabels. Het TNO onderzoek uit 2014 bij 249 woningen heeft de invloed onderzocht van de LTE storing bij het vervangen van slechte componenten. In 49% van de gevallen is de coaxkabel vervangen. Dit betekent feitelijk dat deze kabels niet voldoen aan de hoogste kwaliteit, bijvoorbeeld Kabelkeur.⁵⁹ Ook uit het onderzoek in 2010 door de

⁵⁶ Zie ACM telecommonitor, 3^e kwartaal 2016, p. 46.

https://www.acm.nl/sites/default/files/old_publication/publicaties/17096_telecommonitor-derde-kwartaal-2016.pdf

⁵⁷ Buiten de scope van dit onderzoek vallen extra tv's in de woningen die wellicht vaker analoog zijn aangesloten en huishoudens met een digitaal abonnement die toch nog analoog kijken. Ook is geen rekening gehouden met het aantal analoge abonnementen dat toch digitaal kijkt via de digitale ontvanger welke in de meeste moderne tv's is ingebouwd.

⁵⁸ Zie ACM telecommonitor, 3^e kwartaal 2016, p. 45.

⁵⁹ Dit onderzoek had tot doel om nagaan of LTE storing in een woning kon worden opgewekt. En indien dit het geval was, of door middel van vervanging van onderdelen van de thuisinstallatie deze storing kon worden verholpen. Als alleen gekeken wordt naar de kabel en de connector, wordt een vergelijkbaar percentage gevonden als uit de metingen van de TU Twente uit 2010. In de onderzochte 249 woningen wordt bij 49 % de kabel vervangen en 38% de connectoren van de kabels. Daarnaast zijn er ook in mindere mate secundaire zaken vervangen of gemonteerd zoals opsteekfilter, WCD, splitter, signaalversterker. Het doel van dit onderzoek was om te kijken in hoeverre LTE

Universiteit Twente bleek in 48% van de gevallen geen goede coaxkabels bij de huishoudens aanwezig te zijn. Dit is een vergelijkbaar getal.

Invloed bereikbaarheidscijfers

Doordat er veelal minder populaire tv stations geprogrammeerd zijn in het LTE bereik is de kijkdichtheid relatief laag. Deze is voor de meeste tv-zenders in het 700/800 MHz bereik dusdanig laag dat de *kijkdichtheid* per tv-kanaal onder de minimale waarde komt die nog gemeten wordt (0,1 procent).⁶⁰ Als alternatief kan dan het concept *bereikbaarheidscijfers* worden gehanteerd. Hierbij is het criterium dat er minimaal *1 seconde per maand* op een bepaalde zender door een kijker wordt afgestemd.⁶¹ Dit betekent dat in dit rapport een storing geval gedefinieerd wordt als het bemerken van storing van minimaal 1 seconde/maand (bijvoorbeeld tijdens het 'zappen').⁶² Indien het concept *kijkcijfers* zou worden gehanteerd (met de aanname dat al deze zenders de minimale kijkdichtheid van 0,1 procent zouden halen), neemt het aantal storinggevallen met een factor 10 of meer af.⁶³ We hebben hier toch gekozen om het concept bereikbaarheidscijfers te hanteren vanwege de consistentie met de afleiding in hoofdstuk 2, waarbij ook bereikbaarheidscijfers werden gehanteerd bij de afleiding van het aantal storinggevallen (en de kans daarop) van de up-link storing. Het bereikbaarheidscijfer voor digitale tv-zenders in het 700/800 MHz bereik is 48%, en voor analoog 27% (zie hoofdstuk 2).⁶⁴

Percentage 'beeld onvoldoende bij gegeven C/N'

Bij een digitaal signaal zal het beeld vrijwel direct wegvallen als de C/N ('signaal ruisverhouding') te laag is. Een kijker zal dit direct als onvoldoende ervaren. Voor digitale signalen is dit daarom op 100% gesteld.⁶⁵ Voor analoge TV signalen verslechtert het beeld echter geleidelijk. In de analyse bij "benodigde S/N" in Annex 7.3 is uitgegaan van een C/N waarde waarbij 50% van de kijkers het beeld het beeld nog acceptabel vindt. Dit doet zich voor bij een subjectief kwaliteitsniveau van 3,5 (op een schaal van 1 (zeer slecht) tot 5 (uitstekend)). Dit correspondeert met een signaalruis niveau van 31 dB.⁶⁶

Totaal aantal huishoudens met storing

Voor de uiteindelijke bepaling van het totaal aantal huishoudens dat interferentie kan ondervinden zijn de berekende resultaten afgerond op eenheden van 1000 huishoudens. Gezien de onzekerheidsmarges ten aanzien van de ingeschatte waarden en de inherente onzekerheid die ontstaat door het gebruik van een propagatiemodel welke gebaseerd is op statische analyse van (weliswaar in de praktijk genomen) propagatiemetingen, moet er een zekere onzekerheidsmarge worden verondersteld ten aanzien van de afgeleide aantallen storinggevallen. Dit wordt niet alleen veroorzaakt door de complexiteit van het model, maar ook door een aantal parameters dat moeilijk nauwkeurig is te bepalen. Desalniettemin achten wij de door ons afgeleide aantallen een goede inschatting die wordt ondersteund door de praktijkmetingen (zie ook conclusies Annex 7.2).

storing kon worden verholpen door het vervangen van slechte componenten in de huisinstallatie. De opstelsom van percentages vervanging van alle mogelijke componenten kan echter niet worden gebruikt als indicatie voor de kwaliteit van huisinstallaties.

⁶⁰ Kijkdichtheid: percentage van de bevolking dat naar een programma op een bepaalde avond kijkt (marktaandeel).

⁶¹ https://kijkonderzoek.nl/images/121112_Vraag_en_antwoord_SKO_Light.pdf.

⁶² Dus wanneer een huishouden minstens één seconde per maand op een zender afstemt en daarbij storing ziet, wordt dat in onze afleiding gedefinieerd als een storing geval.

⁶³ De kijkcijfers van deze digitale zenders bedragen per tv-kanaal maximaal 0,1%. Uitgaande van totaal 40 zenders die gestoord kunnen worden door LTE basisstation signalen komt dit neer op een totaal kijkcijfer percentage van zo'n 4%. Aangezien het bereikbaarheidscijfer 48% is betekent dit een factor $48/4 = 12$ lager. Gezien de onzekerheden gekoppeld aan deze getallen gaan we uit van een factor 10.

⁶⁴ Het zijn andere tv-zenders, maar de kijkcijfers en bereikbaarheidscijfers hiervan worden als vergelijkbaar verondersteld.

⁶⁵ Omdat het zendvermogen van een LTE basisstation sterk afhankelijk is van de verkeersbelasting is dit waarschijnlijk voor slechts een beperkte tijd op de dag het geval.

⁶⁶ *Signal-to Noise Ratios for Television Transmission*, Lincoln Laboratory, 14 maart 1969.

5. LTE Interferentie als gevolg van uitstraling door coax-huisinstallaties

5.1 Inleiding

Naast dat ethersignalen op de kabelontvangst (CAI) kunnen storen, is andersom storen ook mogelijk: kabel tv signalen kunnen etherontvangst storen. In Annex 3 worden een aantal storingsmeldingen beschreven die de afgelopen jaren zijn gemeld bij Agentschap Telecom waarbij de kabel tv signalen de ontvangst van 4G verstoorden bij een basisstation. Normaal gesproken kunnen kabelsignalen tegelijk naast de ethersignalen (op dezelfde frequenties) werken, mits ze maar voldoende geïsoleerd zijn t.o.v. elkaar. De afscherming (isolatie) van de kabelsignalen gaat meestal goed tot het abonnee overname punt (AOP), waar het kabelsignaal de woning binnenkomt. Vanaf dit punt, waar de bewoner vaak zelf zijn huisinstallatie (laat/gaat) aanleggen, gaat het nog wel eens fout. De oorzaken hiervoor zijn het gebruik van slecht kabelmateriaal en connectors, maar met name het verkeerd aansluiten van coax kabels kan voor 'n slechte afscherming zorgen. Het niet aansluiten van de buitenmantel van een coax-kabel zorgt er bijvoorbeeld voor dat de kabel als antenne kan gaan functioneren en daarmee slechte afschermingseigenschappen krijgt. De beschreven storingsmeldingen in Annex 3 zijn dan ook allemaal het gevolg van een verkeerde installatie.

5.2 Gevolgen van uitstraling huisinstallatie op LTE

In Annex 4 wordt geanalyseerd hoe groot de uitstraling is van een kabel tv signaal bij een slechte kwaliteit coax-kabel. Bij zwakke LTE ontvangst (van het basisstation) kunnen lekkende kabel TV signalen er voor zorgen dat er geen verbinding meer mogelijk is. Een mobiele handset schakelt in zo'n geval over naar 3G. Bij goede ontvangst kunnen sterk lekkende kabel tv-signalen er ook voor zorgen dat de telefoon overschakelt op een lagere transmissiesnelheid. In feite kan in een dergelijk geval het mobiele netwerk niet efficiënt worden gebruikt. In tegenstelling tot storing op kabel tv waarbij een slechte huisinstallatie alleen storing geeft op het eigen tv-beeld, zal door een slechte huisinstallatie potentieel de LTE ontvangst in een hele straat kunnen verstoren. Ten tweede zullen alle woningen met kabel tv in enige mate ruis veroorzaken. De totale verstoring is dan niet de individuele huisinstallatie, maar de optelsom van alle uitstraling van kabel tv-signalen in de buurt⁶⁷. Doordat een LTE mobiele handset vele malen dichter bij een huisinstallatie bevindt, dan een LTE basisstation (paddemping groter dan 70 dB), zal in eerste instantie vooral de *downlink* (4G ontvangst van het basisstation door de telefoon) worden gestoord. In sommige gevallen kan een 'zendende' huisinstallatie ook een nabijgelegen zendmast buiten werking stellen (zie Annex 3)⁶⁸.

Nader onderzoek zou moeten uitwijzen in hoeverre de tot nu toe gemelde incidenten bij Agentschap Telecom een indicatie zijn voor een generiek landelijk probleem. Zowel overschakelen naar 3G en een lagere transmissiesnelheid bij dit type storing gebeurt ongemerkt en zal de consument niet gelijk opmerken als 'storing' en derhalve (nog) niet leiden tot klachten. In combinatie met de analyse in Annex 4 van het effect van slechte kwaliteit coax-kabels, is de verwachting dat met name *op verkeerde wijze* geïnstalleerde coax-kabels tot problemen kunnen leiden.

⁶⁷ Storingen van meerdere woningen kunnen in fase (constructief) of uit fase (destructief) optellen. Hierdoor zullen lokale maxima en minima ontstaan.

⁶⁸ Vooral als de buitenmantel niet is aangesloten van de coax-kabel.

6. Maatregelen

6.1 Inleiding

Bij de te nemen maatregelen is ervan uitgegaan dat gezien de omvang van de storing het niet voor de hand ligt om grootschalige uniforme maatregelen voor de gehele bevolking voor te stellen. Ook is het niet ondenkbaar dat veel consumenten de aard van de storing niet ernstig genoeg vinden (bijvoorbeeld van korte duur) om hier serieus aanstoot aan te nemen. Dat geldt zeker indien hier aanzienlijke kosten of inspanningen mee gemoeid zullen zijn. De maatregelen die hieronder worden weergegeven voor consumenten zijn dan ook individuele maatregelen die consumenten kunnen treffen indien zij de ondervonden storing willen oplossen. Met de introductie en uitrol van 3 LTE netwerken in de 800 MHz band is er enige praktijkervaring opgedaan wat ook bepaalt in hoeverre maatregelen effectief zullen zijn. Tot nu toe wordt er vooral storing ondervonden in de downlink frequenties, waarbij consumenten (zeer) dicht bij een zendmast wonen. Het downlink signaal is namelijk permanent actief, en stoort daarmee continue eenzelfde tv-kanaal.

Hieronder worden de maatregelen die de consument kan nemen opgesomd. In Appendix 13 wordt een volledig overzicht gegeven van maatregelen, die andere stakeholders zouden kunnen uitvoeren.

6.2 Maatregelen die de consument kan nemen

- Consumenten kunnen de kwaliteit van hun kabel tv coax thuisnetwerk verbeteren. Dat betekent in de meeste gevallen het aanleggen van betere kabels en vooral pluggen van betere kwaliteit. Tegenwoordig zitten deze meestal aan de kabels vast. Daarnaast is het belangrijk dat de consument ongebruikte kabel tv poorten afsluiten d.m.v. een afsluitweerstand. Gebruikte poorten kunnen namelijk makkelijk storing -zoals die van LTE- oppikken. Indien het coax-netwerk veel vertakkingen kent, zal ook een goede tv-versterker noodzakelijk zijn. Een zwak tv-signaal is immers veel gevoeliger voor allerlei storingen. Een kabel tv huisinstallatie van slechte kwaliteit kan niet alleen leiden tot slechtere tv-ontvangst, ook kan er in specifieke gevallen omgekeerde storing optreden, waarmee kabel tv het LTE netwerk stoort.
- De huishoudens die daarna nog storing ondervinden kunnen besluiten hun set-topbox te (laten) vervangen met voldoende immuniteit. Deze worden echter veelal door de kabelmaatschappij verstrekt. Indien na toepassing van bovenstaande maatregelen nog steeds storing wordt ondervonden kan een tv versterker noodzakelijk zijn om het tv signaal dusdanig te versterken dat dit signaal robuuster wordt voor instraling.
- Door thuis wifi te gebruiken in plaats van LTE wordt de stoorkans nul (bij data gebruik). Zeker met nieuwe ontwikkelingen waarbij LTE mobiele telefoons tegelijkertijd verbonden zijn met wifi en LTE, zal een LTE mobiele handset alle verkeer (inclusief spraak: Vowifi) automatisch kunnen omleiden via het thuis wifi netwerk. Hiervoor moet de consument wel een instelling op zijn/haar toestel veranderen, zodat thuis het wifi netwerk het preferred netwerk is om te bellen en te internetten in plaats van LTE. Mobiele operators kunnen hierbij de consument hierin ondersteunen.⁶⁹

⁶⁹ Momenteel geldt deze mogelijkheid alleen voor huishoudens in gebieden die onvoldoende LTE signaal in de woning krijgen. Ook geldt dit nog niet voor alle toestellen en providers.

6.3 Kosten van de maatregelen

In deze sectie en volgende worden de kosten en effectiviteit die individuele huishoudens kunnen nemen verder uitgewerkt.

- Vervangen kabels/pluggen: 75 euro/consument⁷⁰.

Het is moeilijk in te schatten hoeveel huishoudens tot deze maatregel zullen overgaan. De storing zal vanwege het karakter van co-channeling ad hoc plaatsvinden en ook weer overgaan (bij het verbreken van de verbinding van de mobiele handset). Dat geldt uiteraard niet voor de zogenaamde downlink storing. In sommige gevallen is alleen een nieuw coax-kabeltje van 1 meter noodzakelijk, terwijl bij andere consumenten 25 meter coax kabel, nieuwe wandcontactdozen en een versterker geplaatst moet worden.

- Vervangen set-topbox: 200 euro⁷¹.

Consumenten zullen hiertoe pas overgaan indien het verbeteren van de kabel - huisinstallatie niet tot het oplossen van het probleem heeft geleid. Ook hier is het moeilijk in te schatten hoeveel huishoudens dit betreft. Verwacht mag worden dat dit huishoudens zijn die door een bepaald kijkgedrag en belgedrag, in samenhang met ongunstige woonsituatie qua stoorgevoeligheid, meer dan gemiddeld geconfronteerd zullen worden met deze vorm van storing.

6.4 Effectiviteit van de maatregelen

Bij de effectiviteit van de maatregelen moet bedacht worden dat het gezien de aard van de storing, (onder specifieke omstandigheden, co-channeling), en de daaruit voortvloeiende kansen, niet in de rede ligt om grootschalige uniforme maatregelen voor de gehele bevolking voor te stellen. De effectiviteit van de maatregelen die hieronder worden weergegeven geven dan ook een indicatie van de effectiviteit van de te nemen maatregel voor een individuele consument.

Met het stoormodel is de effectiviteit van een aantal maatregelen doorgerekend voor een aantal voorbeeld gevallen. Dit betreft een geschakeld huis en een woonkamer in een buitenwijk, bij een bandbreedte van 10 MHz. De kans op interferentie, als er co-channeling optreedt, bedraagt gemiddeld 64% zonder maatregelen. Dit is de situatie in 2016. Voor 2021 verwachten wij een verdere verbetering van kabel tv huisinstallaties en het verdwijnen van settopboxen met slechte afschermingskwaliteiten (en protection ratios). In een scenario waarbij 65% van de huishoudens een goede huisinstallatie heeft en dat alle settopboxen voldoen aan de EMC eisen van 1 V/m in band, wordt de gemiddelde stoorkans 37%. Dit scenario verwachten wij rond 2021. (In 2010 had 52% van de huishoudens een goede huisinstallatie⁷²).

Interferentie bij scenario's 2020

Hieronder worden de uitkomsten van de stoorkans weergegeven indien het percentage goede tv huisinstallaties 60, 65 of 70% is in 2020.

⁷⁰ Kabelkeur kabels zijn typisch 15 tot 20 EUR, een versterker 60 tot 80 EUR en een wandcontactdoos 15 tot 20 EUR.;

⁷¹ De prijzen variëren voor settopboxen van 75 tot 350 EUR

⁷² In het huidige onderzoek zijn gegevens uit 2010 gebruikt, omdat nieuwere praktijkdata niet beschikbaar is.

Tabel 5: 60% goede tv huisinstallaties; kans op interferentie als co-channeling optreedt bij voor verschillende type woningen en scenario's.

Scenario	Flatgebouw (stedelijk)	Rijtjeshuis (buitenwijk)	Vrijstaand (platteland)
Storing door LTE-smartphone in dezelfde kamer	36%	44%	45%
Storing door LTE-smartphone in een aangrenzende woning	29%	35%	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone in de woning erboven	25%	n.v.t.	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone in de woning eronder	25%	n.v.t.	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone buiten naast de woning	17%	24%	n.v.t.

Dit geeft een gemiddelde stoorkans van 41% voor in de woning.

Tabel 6: 65% goede tv huisinstallaties; kans op interferentie als co-channeling optreedt bij voor verschillende type woningen en scenario's.

Scenario	Flatgebouw (stedelijk)	Rijtjeshuis (buitenwijk)	Vrijstaand (platteland)
Storing door LTE-smartphone in dezelfde kamer	33%	40%	42%
Storing door LTE-smartphone in een aangrenzende woning	26%	32%	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone in de woning erboven	23%	n.v.t.	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone in de woning eronder	23%	n.v.t.	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone buiten naast de woning	15%	21%	n.v.t.

Dit geeft een gemiddelde stoorkans van 37% voor in de woning.

Tabel 7: 70% goede tv huisinstallaties; kans op interferentie als co-channeling optreedt bij voor verschillende type woningen en scenario's

Scenario	Flatgebouw (stedelijk)	Rijtjeshuis (buitenwijk)	Vrijstaand (platteland)
Storing door LTE-smartphone in dezelfde kamer	30%	37%	38%
Storing door LTE-smartphone in een aangrenzende woning	23%	28%	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone in de woning erboven	20%	n.v.t.	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone in de woning eronder	20%	n.v.t.	n.v.t.
Storing door LTE-smartphone buiten naast de woning	19%	38%	n.v.t.

Dit geeft een gemiddelde stoorkans van 35% voor in de woning.

Installatie volgens Ziggo normen

Daarnaast heeft Ziggo normen opgesteld aan huisinstallaties. O.a. wordt het minimum (en maximum) signaalniveau gespecificeerd aan de RF ingang van de settopbox/tv⁷³. Een huisinstallatie die door een monteur wordt aangelegd, moet voldoen aan deze eisen. Indien bijvoorbeeld het TV signaal te zwak is, zal de monteur een versterker plaatsten. In een scenario met 100% goede kabels en een settopbox met de hoogste afschermingseisen van 3 V/m in band, wordt de gemiddelde stoorkans 2%. Vanwege de leesbaarheid van dit rapport is de volledige tabel weggelaten.

Installatie volgens met hogere TV signaalsterkte aan ingang TV/settopbox

Uit het vorige scenario blijkt dat de stoorkans fors is afgenomen, maar nog niet 0% is. In een aantal gevallen zal de consument nog steeds storing ondervinden, ook als de huisinstallatie volgens de laatste Ziggo norm is uitgevoerd. In deze norm is er een relatief groot bereik van ingangssignaal voor de tv/settopbox; namelijk 19 dB. In onderstaand scenario is onderzocht wat de invloed is om dit signaalbereik te verkleinen tot 3 dB. Dat wil zeggen dat het minimale kabel tv signaal een stuk sterker is. In deze gevallen gaat de stoorkans naar 0%. Vanwege de leesbaarheid van dit rapport is de volledige tabel weggelaten. Dit wil niet zeggen dat om deze waarde te bereiken, de Ziggo installatienormen aangepast zouden moeten worden. Deze uitkomst laat zien dat in individuele gevallen waarbij de consument nog storing ondervindt, het verhogen van het kabel tv signaal in huis door middel van een tv versterker de restgevallen kan oplossen.

Samenvatting effectiviteit maatregelen

Bovenstaande scenario's laten zien dat een goede huisinstallatie van essentieel belang is om het aantal storingen te reduceren. Als een huisinstallatie volgens de Ziggo installatienormen wordt aangelegd, neemt de stoorkans drastisch af van 64% (gemiddeld in Nederland anno 2016), tot 2%. Resterende stoorgevallen kunnen vervolgens opgelost worden door het tv signaal in huis te versterken door middel van een tv versterker. De reden hiervoor is dat de huidige installatienormen een relatief grote spreiding toelaten in het vermogen van het kabel tv signaal.

Daarnaast kunnen ook andere stakeholders nog de nodige maatregelen nemen om de stoorkans bij de consumenten te reduceren (zie Annex 12).

⁷³ Blauwdruk Binnenhuis installatie en MoCA, 18 augustus 2016- Ziggo: -8 tot 11 dBmV

7. Conclusies

In 2010 heeft Agentschap Telecom onderzoek gedaan naar de omvang van de storing op kabel tv als gevolg van de introductie van 800 MHz mobiel gebruik. Dit onderzoek betreft een update van dat onderzoek uit 2010, waar nu ook de introductie van 700 MHz (beoogd rond 2021) is meegenomen.

Terugblik introductie 800 MHz mobiel

Tot november 2016 kon er nog geen storing worden ondervonden op de kabel tv door het bellen met de mobiele telefoon. Het belverkeer werd namelijk tot op dat moment doorgeleid via andere frequenties dan LTE 800 MHz. Dat betekent dat de resultaten uit het onderzoek van 2010 (zoals stoorkansen en aantallen kabel tv storingen) voor zover deze betrekking hebben op bellen via 800 MHz, nog geen werking hadden tot aan november 2016. Wel kon datagebruik (waaronder ook voice over IP), al wel leiden tot verstoring van het tv-kanaal (indien co-channeling). Echter, voor dit type gebruik (dataverkeer) in woonhuizen is er verondersteld dat in circa 60% van de gevallen gebruik van wifi frequenties plaatsvindt. Deze frequenties kunnen geen storing veroorzaken op de kabelontvangst.

Resultaten co-channeling en storing

'Up-link' storing (storing door mobiele telefoon op kabel tv)

Nadat eerst de groep is afgeleid die co-channeling kan krijgen (601.000 huishoudens), bleek vervolgens dat van deze groep uiteindelijk circa 84 duizend huishoudens door storing getroffen kunnen worden. Hierbij is er vanuit gegaan dat de tv-kanalen die in het LTE bereik zijn geprogrammeerd de zogenaamde SKO-light zenders betreft, met een relatief lage kijkdichtheid. Voor deze abonnees geldt dat er een kleine kans is (0,037%) dat ook daadwerkelijk het tv-kanaal wordt bekeken *op hetzelfde ogenblik* als wanneer de mobiele telefoon uitzendt (er gebeld wordt) op dezelfde frequentie (uplink) van dat bekeken tv-kanaal. Hierbij is ook de invloed van de burens en eventuele medebewoners meegenomen. Deze groep zal in een situatie van co-channeling (men kijkt naar het tv-kanaal waarop ook de 'up-link' *op dat moment* actief is), ook daadwerkelijk (op dat ogenblik) storing ervaren. Deze kans (0,037%) leidt ertoe dat dit weinig voorkomt en is met name het gevolg van de lage kijkcijfers van deze programma's. Dat neemt niet weg dat huishoudens die relatief veel kijken naar deze door LTE uplink getroffen tv-kanalen vaker storing kunnen ondervinden. Tevens is het aantal analoge stoorgevallen voor up-link storing afgeleid. Deze groep bedraagt 43.700 huishoudens.

Dataverkeer

Naast bellen wordt tegenwoordig de mobiele handset ook veelvuldig gebruikt voor zogenaamd 'data-verkeer'. Bij de aanname dat bij gemiddeld 60% van deze huishoudens data offloading via wifi plaatsvindt kan worden afgeleid dat ongeveer 37.000 huishoudens hier last van kunnen krijgen. Omdat deze huishoudens ook al deel uitmaakten van de huishoudens van bellers die een kans op storing hebben betreft dit geen toename van het aantal huishoudens met (digitale) 'uplink' storing.

Downlinkstoring (storing door basisstations op kabel tv)

Het blijkt dat ongeveer 26.000 kabelabonnees storing kunnen ondervinden als gevolg van LTE basisstations. Dit betreft 24.000 digitale huishoudens en 2.000 analoge huishoudens. Het aantal analoge kabelabonnees (analoog *only*) neemt overigens jaarlijks af. Dit type van storing is anders van aard dan de 'uplink' storing. Waar de 'uplink' storing ('bellen' en data gebruik) in beginsel van korte duur is, en veelal herleidbaar is tot de eigen mobiele telefoon, wordt de zogenaamde 'downlink'

storing (vanuit het basisstation) continu ervaren op het moment dat op deze betreffende tv-zenders wordt afgestemd.

Storing indien co-channeling

Bij de afleiding van het aantal stoorgevallen in de vorige paragraaf is gebruik gemaakt van het percentage huishoudens dat gemiddeld storing kan krijgen *indien co-channeling*. Dit blijkt in gemiddeld 64% van de gevallen het geval te zijn. Dit percentage is hoger dan in 2010 (toen gemiddeld 48%). Dit heeft onder andere te maken met andere omstandigheden. Zo passen de kabelmaatschappijen een nieuwe modulatie toe die 6 dB gevoeliger is, en is in 2010 een minder geavanceerder werking van de netwerkstructuur verondersteld dan nu in de praktijk wordt toegepast.

Storing op mobiele ontvangst als gevolg van te sterk uitstralende huisinstallaties

Uit storingsmeldingen bij Agentschap Telecom blijkt dat zich bij huishoudens soms, (vaak onbewust), sterk uitstralende elementen bevinden, zoals niet afgesloten oude coax kabels, die dan als een 'antenne' kunnen gaan werken. Dit leidt ertoe dat de performance van de mobiele handsets in de buurt van deze woning(en) achteruit kan gaan en dat soms een basisstation wordt overstuurd door deze uitstraling. Meer onderzoek is nodig om de omvang van dit type storing te bepalen.

Oplossingsmaatregelen

Uit de hernieuwde inventarisatie van oplossingsmaatregelen blijkt dat de verbetering van de coax huisinstallatie bij consumenten onverminderd blijft gelden als de belangrijkste maatregel voor de oplossing van stoorproblemen. Bij een simulatie waarin wordt verondersteld dat een hoog percentage huishoudens een goed afgeschermd huisinstallatie heeft en waarin er grotendeels goed afgeschermd set-top-boxen in gebruik zijn, gaat de stoorkans aanzienlijk naar beneden. Bij een simulatie waarbij 100% van de huishoudens een goede coax huisinstallatie heeft en aangelegd is volgens de ZIGGO installatienorm, blijft er nog in 2% van de gevallen storing over. Deze overgebleven storing kan met een signaalversterker naar nul worden teruggebracht.

Gezien de aard van de verschillende storings (die zich onder specifieke omstandigheden voordoet), lijken deze zich niet te lenen voor grootschalige algemene maatregelen. Deze dienen veelal door het individuele huishouden te worden opgelost. Het is belangrijk dat de consument zich hier voldoende van bewust is. De tv ontvangst kan namelijk ook nog verstoord worden door andere typen van instraling buiten LTE, zoals DVB-T, DAB+, C2000 of bijvoorbeeld een lokale zendamateer. Door het aanleggen van goed kabel- en aansluitmateriaal wordt hiermee de algehele robuustheid van de tv ontvangst vergroot.

8. Literatuurlijst

Agentschap Telecom in samenwerking met Universiteit Twente, *Onderzoek naar storing op kabeltelevisie door mobiel gebruik in het Digitaal Dividend*, in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, juli 2010.

ADCO (Administrative Cooperation), *Trilateral benchmark on Ready-made connecting devices (receiver leads)*, Bundesnetzagentur (DE), OFCOM (CH) en Agentschap Telecom (NL), 31 oktober 2012.

Autoriteit, Consument & Markt, *Telecommonitor 1e kwartaal 2016*.
<https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/16142/Telecommonitor-eerste-kwartaal-2016/>

Autoriteit, Consument & Markt, *Telecommonitor 2e kwartaal 2016*.
<https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/16710/Telecommonitor-tweede-kwartaal-2016/>

Autoriteit, Consument & Markt, *Telecommonitor 3e kwartaal 2016*.
<https://www.acm.nl/nl/publicaties/publicatie/17096/Telecommonitor-derde-kwartaal-2016/>

Delta Telecomadvies, *Ruim 7 mln 4G-abonnees bij 3 grote operators*, 2016.
<http://www.deltatelecomadvies.nl/ruim-7-mln-4g-abonnees-bij-3-grote-operators/>

D.A. Dres, P. Constantinou, *Analogue PAL-G Signal Degradation due to Spread Spectrum Overlay*, IEEE Transactions on Broadcasting, december 2002.

ERC (binnen de CEPT), *Monte-carlo simulation methodology for the use in sharing and compatibility studies between different radio services or systems*, Napels, February 2000, gereviseerd in Regensburg, mei 2001 en Baden, juni 2002.
<https://www.google.nl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0ahUK Ewj-5qext6LWAhUFU1AKHbdxCeYQFgg2MAM&url=http%3A%2F%2Ftest.ecodocdb.dk%2Fdocdb%2Fdownload%2F320ac980-ed95%2FREPO68.DOC&usq=AFQjCNHhOWYUGO6w1ZXShtxaTicawQKfQ>

Juniper Research, *Wifi to Carry up to 60% of Mobile Data Traffic by 2019*.
<https://www.juniperresearch.com/press/press-releases/wifi-to-carry-60pc-of-mobile-data-traffic-by-2019>

Roy van der Kolk et al., *Blauwdruk Binnenhuis installatie en MoCA*, augustus 2016.

Lincoln Laboratory, *Signal-to Noise Ratios for Television Transmission*, 14 maart 1969.

Martin Liebregts, *Woningvoorraad, uniformiteit in verscheidenheid*, Bestaande woningbouw, augustus 2013.
<http://www.bestaandewoningbouw.nl/woningvoorraad-uniformiteit-in-verscheidenheid/>

Murtadha Ali Nsaif Sukar, Maninder Pal, *SC-FDMA & OFDMA in LTE physical layer*, International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT) – Volume 12 Number 2- Jun 2014.

<http://www.ijettjournal.org/volume-12/number-2/IJETT-V12P214.pdf>

Rafael Lopes Conde dos Reis, *OFDMA and SC-FDMA*, in Coursework for Computer Networks II.

http://www.gta.ufrj.br/ensino/eel879/trabalhos_vf_2014_2/rafaelreis/ofdma_scfdma.html

Stichting KijkOnderzoek, *Jaarpersbericht TV Kijkcijfers*, 7-01-2017.

https://kijkonderzoek.nl/images/Jaarpersberichten/Jaarpersbericht_2016.pdf

Stichting KijkOnderzoek, *Maandbereik Digitale Zenders*, mei 2017.

https://kijkonderzoek.nl/component/com_kijkcijfers/Itemid,135/file,md-0-0-0-p

Stichting KijkOnderzoek, *SKO Jaarrapport Online 2016*.

https://kijkonderzoek.nl/images/SKO_Jaarrapport/Online/SKO_Jaarrapport_Online_2016.pdf

Stichting KijkOnderzoek, *SKO Jaarrapport TV 2016*.

https://www.kijkonderzoek.nl/images/SKO_Jaarrapport/SKO_Jaarrapport_TV_2016.pdf

Stichting KijkOnderzoek, *Vraag & Antwoord SKO Light*.

https://kijkonderzoek.nl/images/121112_Vraag_en_antwoord_SKO_Light.pdf

TNO, *Omvang en effectiviteit en van huisnetwerk upgrades nodig om storing van kabeldiensten door LTE te voorkomen*, rapport 2013 R11454, in opdracht van UPC Nederland en Ziggo, februari 2014 (niet openbaar).

Wikipedia, *Hata Model*.

https://en.wikipedia.org/wiki/Hata_Model