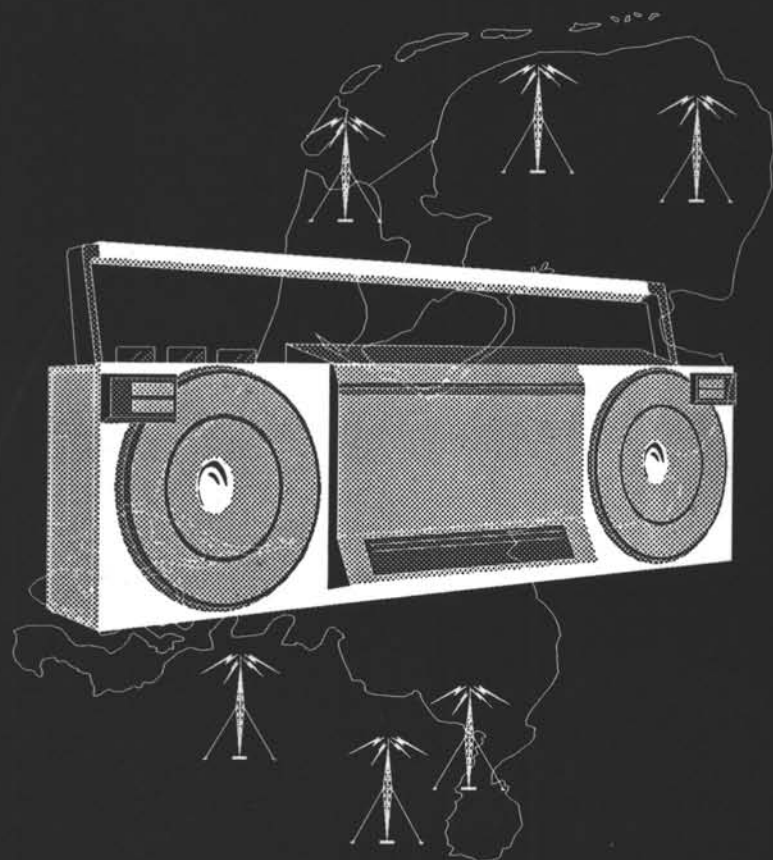


TECHNISCHE ASPECTEN VAN EEN VERBETERDE FREQUENTIEPLANNING IN DE FM-OMROEPBAND

J.P.M.G. Linnartz en A.J.J. Meuleman



Delftse Universitaire Pers



765760

**TECHNISCHE ASPECTEN VAN EEN
VERBETERDE FREQUENTIEPLANNING
IN DE FM-OMROEPBAND**

J.P.M.G. Linnartz

A.J.J. Meuleman

Bibliotheek TU Delft



C 0003814001

Delftse Universitaire Pers / 1991

2414
459
8

Delftse Universitaire Pers
Stevinweg 1
2628 CN Delft

Tel.: 015-783254

Fax.: 015-781661

De Technische Universiteit Delft aanvaardt geen juridische aansprakelijkheid voor de inhoud van dit rapport.

ISBN 90-6275-746-4 / CIP

Copyright © 1991 by J.P.M.G. Linnartz en A.J.J. Meuleman.

All rights reserved

No part of the material protected by this copyright notice may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage and retrieval system, without permission from the publisher: Delft University Press, Stevinweg 1, 2628 CN Delft, The Netherlands.

Printed in The Netherlands.

INHOUDSOPGAVE

Voorwoord (door de Voorzitter van de vakgroep T.V.S.)	v
1. Algemene beschouwing over frequentieplanning	1
2. (In)efficiëntie van de historisch gegroeide frequentie-indeling	7
3. (In)efficiëntie van het net van lokale omroepen	12
4. Stereo-verzorging versus aantal zenders	16
5. Geluidskwaliteit versus aantal zenders	18
6. Conclusie	21
Appendix A: Het verzorgingsgebied	24
De normen	
Radiopropagatie	
Appendix B: Cellulaire netten	29
Appendix C: Deelstudies	31
Inleiding en conclusies van de deelstudies	
C1: Gebruik restfrequenties	
C2: Voorbeelden van mogelijk in Amsterdam te gebruiken (rest-) frequenties	
C2a: Wieringermeer 102,5 MHz	
C2b: Gouda 90,7 MHz	
C2c: Den Haag 101,2 MHz	
Literatuurverwijzingen	39
De auteurs	42

VOORWOORD

Dit is het verslag van een onderzoek naar technische aspecten van de gebruikte methoden en procedures bij het plannen van radio-omroepzenders in de VHF-FM band (87,5-108 MHz). De studie is uitgevoerd in de periode van eind oktober tot eind november 1991 en betrof vragen omtrent

- de historische context van de indeling en verdeling van frequenties voor de radio-omroep en voor de lokale omroep in het bijzonder;
- de mate waarin die indeling en verdeling bepaald zijn door objectieve criteria dan wel meer subjectieve keuzes zijn, waarvoor (thans) alternatieven bestaan;
- het zo mogelijk - al dan niet indicatief - aangeven wat die alternatieven zouden kunnen zijn, alsmede de consequenties ervan voor de indeling en verdeling van frequenties voor de lokale omroep;
- de wijze waarop binnen de bestaande indeling en verdeling, al dan niet met een wijziging van de oorspronkelijke uitgangspunten en/of uitwerking, voor SALTO een nieuwe frequentie kan worden gevonden voor de uitzending van een radioprogramma, dat in de gehele gemeente Amsterdam en directe omgeving met voldoende kwaliteit kan worden ontvangen.

Het onderzoek is uitgevoerd in opdracht van de Stichting Amsterdamse Lokale en Regionale Omroep (SALTO) en de Organisatie van Lokale Omroepen in Nederland (OLON) door twee leden van de Vakgroep Telecommunicatie- en Verkeersbegeleidingssystemen (TVS) van de Technische Universiteit Delft, te weten ir. J.P.M.G. Linnartz en A.J.J. Meuleman. Door hun academische studies (voor respectievelijk de doctors- en de ingenieursgraad) hebben zij hun deskundigheid verworven in methoden waarmee een meer technisch-efficiënte indeling van het radiospectrum mogelijk wordt.

Nieuwe technisch-wetenschappelijke inzichten kunnen hun nut bewijzen bij de hoogst urgente ontwikkeling van een consistent (overheids-)beleid voor de verdeling van de (schaarse) ruimte in de ether. Voor een dergelijk beleid zijn echter ook juridische, bestuurlijke en politieke overwegingen van belang. Op die terreinen beweegt de vakgroep TVS zich niet.

Prof. dr. J.C. Arnbak
 Voorzitter vakgroep
 Telecommunicatie- en Verkeersbegeleidingssystemen (T.V.S.)
 Faculteit der Elektrotechniek

Delft, 27 november 1991

The first part of the paper is devoted to a general discussion of the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β . It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta > 0$ is satisfied.

In the second part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta > 0$ is satisfied.

In the third part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta > 0$ is satisfied.

In the fourth part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta > 0$ is satisfied.

In the fifth part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta > 0$ is satisfied.

In the sixth part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta > 0$ is satisfied.

In the seventh part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta > 0$ is satisfied.

In the eighth part of the paper the problem of the existence of solutions of the system of equations (1) for arbitrary values of the parameters α and β is solved. It is shown that the system has solutions for arbitrary values of the parameters α and β if and only if the condition $\alpha + \beta > 0$ is satisfied.

1 ALGEMENE BESCHOUWING OVER FREQUENTIEPLANNING

Al vroeg in de geschiedenis van de radio-uitzendingen werd de noodzaak tot (internationale) regulering en coördinatie duidelijk. De eerste radio-conferentie van de Internationale Telecommunicatie Unie (ITU), toen nog Internationale Telegraaf Unie geheten, werd gehouden in 1907. Internationale samenwerking op het onderhavige gebied stond nog in de kinderschoenen: op deze conferentie werd onder andere het bekende noodsignaal SOS aanvaard. In 1927 werd het CCIR (International Radio Consultative Committee) opgericht, dat de opdracht kreeg om technische en operationele vraagstukken met betrekking tot radiocommunicatie te bestuderen en hierover aanbevelingen te doen. Eveneens vond in 1927 de eerste toewijzing van frequentiebanden ('allocatie') aan verschillende radiodiensten plaats [1].

In deze studie is onderzocht hoe de huidige indeling van zendlocaties en frequenties in de FM-omroepband tot stand is gekomen en in hoeverre deze indeling efficiënt is. Met name richt onze aandacht zich op technische criteria op grond waarvan nieuwe frequentie-aanvragen al dan niet gehonoreerd (kunnen) worden. Waar mogelijk wordt, voor zover ons bekend, aangegeven hoe deze technische criteria samenhangen met subjectieve keuzes. Voorbeelden uit het huidige frequentieplan zijn met name toegespitst op de vraag of er in Amsterdam nog ruimte is voor toewijzing van een frequentie voor lokale omroep. Verder wordt de invloed van enkele mogelijke toekomstige ontwikkelingen op het frequentiegebruik geschetst.

Voor FM-radio-omroep is momenteel de band 87,5-108 MHz gealloceerd. De toewijzing van frequenties in deze band aan zenders ('assignments') vindt op landelijk niveau plaats, echter in internationaal overleg. Hiervoor zijn er door het CCIR aanbevelingen gedaan om onderlinge storing tussen radiozenders tot een minimum te beperken en om de discussie rond mogelijk frequentiehergebruik te objectiveren, zie bijvoorbeeld [2], [10], [11]. Oorspronkelijk werd de planning van radiozenders en zendlocatie vooral bepaald door de natuurlijke ruis in de ontvangers: voor goede ontvangst moet de veldsterkte een bepaald minimum overschrijden ('noise-limited networks'). Allengs zijn echter de onderlinge storingen tussen zenders, vooral waar deze van dezelfde frequentie gebruik maken, steeds meer de bepalende beperking

geworden ('interference-limited networks'). In Appendix A wordt nader ingegaan op de ruis-norm en interferentie-norm voor radio-ontvangst (zie formule 1).

Het kan eenvoudig worden ingezien dat technisch-efficiënt frequentiegebruik theoretisch met zich mee brengt dat alleen de onderlinge interferentie beperkend mag zijn voor de ontvangstkwaliteit. Immers, als in bepaalde gebieden de ontvangst van een zekere zender beperkt is door natuurlijke ruis, dan kan men betere ontvangst bewerkstelligen door het evenredig vergroten van de zendvermogens van alle zenders. Dit heeft geen enkele invloed op de onderlinge verhouding tussen de storingen van zenders, maar heeft wel een gunstig effect op de gevoeligheid voor ruis. Derhalve kunnen wij ons in deze studie beperken tot de effecten van onderlinge storingen, waarbij er van uitgegaan wordt dat binnen het beoogde verzorgingsgebied van de zender de veldsterkte voldoende groot is om de natuurlijke ruis te overstemmen.

De praktijk van het frequentieplannen vergt het zoeken van mogelijke alternatieven voor het bezetten van de beschikbare frequentieband, het verifiëren welke van deze alternatieven voldoen aan de gestelde normen, en het kiezen van een van deze alternatieven. De CCIR planningsaanbevelingen geven vooral methodes om na te gaan of een zekere voorgestelde oplossing wel of niet voldoet aan de (internationaal) gebruikte normen (dus de *analyse*); methodes om een frequentie-indeling te genereren (de *synthese*) worden slechts in specifieke gevallen gegeven, zoals voor 'cellulaire' [13] of 'theoretische' [2] netwerken, en zijn verder geheel afhankelijk van de creativiteit en de goede wil van de frequentiebeheerder (zie hoofdstuk 2). Er zijn de laatste jaren enige wetenschappelijke artikelen verschenen die meer inzicht verschaffen in de haalbare geografische dichtheid van zenders, bij gegeven normen voor veldsterkte en toelaatbare onderlinge storing. Deze publicaties geven nog geen theoretische bovengrens, maar tonen wel aan met welke technieken tenminste een bepaalde dichtheid van zenders te bereiken is.

Een stellig bewijs voor het niet (meer) aanwezig zijn van voldoende ruimte in het spectrum voor een nieuwe frequentie-aanvraag, kan alleen gegeven worden indien het huidige frequentieplan plaats biedt aan een aantal verzorgingsgebieden dat voldoende

dicht ligt bij een theoretisch maximum. Enerzijds is dit theoretische maximum niet exact bekend, anderzijds zijn er altijd praktische beperkingen geweest waardoor het eerder tot stand gekomen frequentieplan minder effectief is. De kosten van veranderingen in bestaande zendfrequenties en -lokaties, of de weerstand van omroepen tegen opgelegde frequentieveranderingen kunnen zulke praktische beperkingen zijn.

Het succes bij het zoeken naar een frequentie voor een nieuwe zender hangt tenminste af van de volgende aspecten:

- 1) het aantal machtigingen dat reeds is verleend tot het doen van uitzendingen, en de bijbehorende beoogde verzorgingsgebieden.
- 2) de kwaliteitsnormen waarmee ontvangst mogelijk dient te zijn. De frequentiebeheerder en de gebruikers hebben de vrijheid om een lagere geluidskwaliteit te accepteren dan voorgesteld in de internationale normen, mits de resulterende storingen op *andere*, reeds bestaande zenders, wel binnen deze normen vallen. Voorbeelden zijn de normen gehanteerd voor lokale omroep, zie Hoofdstuk 3 en 4.
- 3) de creativiteit waarmee naar oplossingen wordt gezocht.
- 4) praktische beperkingen in de mogelijkheden het bestaande frequentieplan te wijzigen: het veranderen van de lokatie en/of zendfrequentie van bestaande zenders vergt organisatorische en financiële inspanningen.

Het eerste en tweede aspect bepalen in hoeverre de gealloceerde frequentieband daadwerkelijk ruimte toelaat voor de nieuwe frequentie-aanvraag naast alle bestaande machtigingen. Het derde en vierde aspect behelzen meer praktische zaken en zijn deels afhankelijk van de stand der techniek, de beschikbare financiële middelen van de betrokkenen en de urgentie van een nieuwe frequentietoewijzing.

Op gezette tijden doet de frequentiebeheerder opgave van nog beschikbare 'restfrequenties'. Met een 'restfrequentie' wordt bedoeld een frequentie in de FM-omroepband, inclusief de bijbehorende zendlokatie en zendvermogen, die voor omroepuitzendingen in Nederland toegepast zou kunnen worden maar waarvoor de bestemming nog niet is vastgesteld [12]; beschikbare frequenties waaraan wel al een gebruiksdoel is toegekend vallen formeel niet onder restfrequenties. Bij het toewijzen

van restfrequenties aan toepassingen blijkt veelal dat er enige speelruimte zit in de lokatie van de zender.

De opgave van restfrequenties levert een relevante bijdrage in de politieke discussie tot het gebruik van het FM-spectrum. Vanuit technisch oogpunt plaatsen wij echter enige kanttekeningen bij de vraag of voor een concrete aanvraag uitsluitend gekeken hoeft te worden naar eventueel beschikbare restfrequenties:

1) samenstelling van de lijst van restfrequenties vergt studie van *alle* frequenties uit de FM-band en dit voor *elke* lokatie in Nederland. Dit is dus een probleem met drie vrijheidsgraden: de (twee-dimensionale) zendlokatie en de frequentie. Afhankelijk van de beoogde betrouwbaarheid, kan een dergelijke evaluatie arbeidsintensief zijn. Indien echter de inspanning beperkt blijft, is het niet bij voorbaat uitgesloten dat naast de opgegeven lijst van restfrequenties nog andere 'resterende' frequenties, met name voor zenders met klein vermogen (100 W of minder), toegepast zouden kunnen worden op nader te bepalen lokaties.

2) de lijst van restfrequenties is gebaseerd op het uitgangspunt dat geen van de huidige frequentietoewijzingen wordt gewijzigd. Dit kan het aantal mogelijkheden aanzienlijk beperken.

3) bij deze compilatie van de restfrequenties is er in principe opgelet dat elk van de frequenties in gebruik genomen kan worden op de aangewezen plaats, zonder onderlinge storingen en zonder dat de som van de storingen veroorzaakt door eventuele nieuwe zenders op restfrequenties problemen oplevert in het huidige frequentieplan. In een praktische situatie zijn er mogelijkwijze meerdere alternatieven om de 'gaten' in het spectrum in te vullen; de lijst van restfrequenties is een keuze hieruit.

Aangezien de frequentieplanning van zenders met groot vermogen vaak internationaal overleg vergt tussen partijen met tegengestelde belangen, ontstaat makkelijk een situatie waarbij een frequentieplan dat verre van optimaal is, wordt aangenomen. Flexibele, creatieve frequentietoewijzingen, waarbij ook andere (buitenlandse) partijen van tijd tot tijd veranderingen accepteren en bereid zijn deze door te voeren, zijn daarbij lang niet altijd haalbaar. Toch ontstaan de laatste jaren vaker situaties waarbij

met name voor kleinschalige toepassingen (lokale omroep, draadloze telefonie, draadloze kantoorcommunicatie etc.), de frequentieplanning als een samenhangend geheel kan worden gezien en als zodanig geoptimaliseerd kan worden. Hierbij kan de frequentiebeheerder niet alleen binnen het bestaande frequentieplan zoeken of er nog frequenties zijn, maar ook gemakkelijk schuiven met bestaande zenders indien dit tot een efficiëntere totaaloplossing zou kunnen leiden.

In het geval dat men het huidige frequentieplan voor de FM-omroep in Nederland beschouwt als een vaststaand gegeven is het, volgens de auteurs van dit rapport, objectief en met relatief beperkte inspanning mogelijk om na te gaan of er nog technisch toepasbare frequenties zijn. Dit vergt voor de beoogde lokatie en voor elke frequentie in de voorgeschreven band (87,5 - 108 MHz), bijvoorbeeld in stappen van 50 of 100 kHz, berekening van het maximaal toelaatbare vermogen dat geen schadelijke elektromagnetische storing aan bestaande uitzendingen oplevert. Als bovenstaande procedure op tenminste één zendfrequentie een mogelijk vermogen oplevert waarmee de beoogde zender een voldoende groot verzorgingsgebied kan bestrijken, dan is daarmee aangetoond dat er (tenminste) ruimte is voor deze zender.

In tegenstelling tot de compilatie van een lijst van restfrequenties is dit een probleem met slechts één vrijheidsgraad: een dergelijke evaluatie voor het beoordelen of er nog ruimte is voor een specifieke aanvraag, is derhalve beduidend eenvoudiger dan het voor elke lokatie in Nederland evalueren van alle frequenties, zoals eigenlijk nodig voor een sluitende opgave van restfrequenties.

Indien - bijvoorbeeld bij afwijzing van een urgente frequentie-aanvraag - een objectivering gewenst is van de uitspraak of er wel of geen ruimte voor een nieuwe aanvraag is, zou de frequentiebeheerder per FM-frequentie een opgave kunnen doen van welke concrete (bestaande of al eerder geplande) zenders onacceptabel gestoord zouden worden door het plaatsen van een nieuwe zender met beoogde karakteristieken (zendvermogen, antennehoogte, antennesoort) op de aangevraagde plaats. Eventueel zouden daarbij ook de te verwachten veldsterktes en storniveaus genoemd kunnen worden (zie Appendix A). Een dergelijke opsomming van de concrete problemen per frequentie is niet zonder meer af te leiden uit een periodieke opgave

van 'restfrequenties', zoals blijkt uit de opgesomde kanttekeningen en zoals ook impliciet volgt uit de resultaten van onze deelstudies C2a tot en met C2c. In onze deelstudies komt naar voren dat er ruimte in het spectrum is voor een zendfrequentie in Amsterdam, hoewel er geen restfrequentie 'Amsterdam' is opgegeven in [12].

De evaluatie van alle FM-frequenties is nog geen sluitend bewijs dat de bestaande indeling geen ruimte biedt: zelfs als er geen frequentie wordt gevonden voor een bepaald gebied dan nog zou mogelijkerwijze dit verzorgingsgebied met verschillende kleinere zenders bestreken kunnen worden. In dat geval moet bovenstaande procedure voor elk bijbehorend deelgebied worden uitgevoerd.

Naarmate het frequentiegebruik intensiever wordt, zal het vaker voorkomen dat een beschikbare frequentie slechts gevonden kan worden als bestaande zenders van frequentie en/of lokatie veranderen. In een concreet geval is, bij dit zoeken naar een bruikbare frequentie door in het bestaande frequentieplan te schuiven, het aantal mogelijke alternatieven erg groot. Dit bemoeilijkt objectieve beoordeling van de hiervoor vereiste mate van inspanning. Gezien de toenemende congestie in de ether zal voor het vinden van 'ruimte in de ether' een steeds uitgebreidere inspanning nodig zijn. Daarmee lijkt het niet uitgesloten dat een frequentiebeheerder, door bestuurlijke of operationele affiniteit met de aanvrager of na op hem uitgeoefende politieke druk, eerder deze inspanning uitputtend verricht dan bij een willekeurige andere aanvrager. De inspanningen ter zake van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat (HDTP), PTT, NOZEMA en het Commissariaat voor de Media vallen echter buiten het bestek van onze studie. Voor een discussie van deze problematiek in breder verband verwijzen wij naar [24] en [25]. De 'transparantie' van de administratieve procedures gehanteerd bij frequentieplanning in Nederland wordt aangestipt in paragraaf 2.9 van [25].

Het is de auteurs niet bekend of er momenteel daadwerkelijk formele, geobjectiveerde normen gehanteerd worden voor het concluderen dat er 'geen ruimte meer is in de ether'. Het is onze stellige indruk uit voorgaande beschouwing dat een evaluatie, voor elke potentiële frequentie, van de consequenties van een nieuwe zender op een

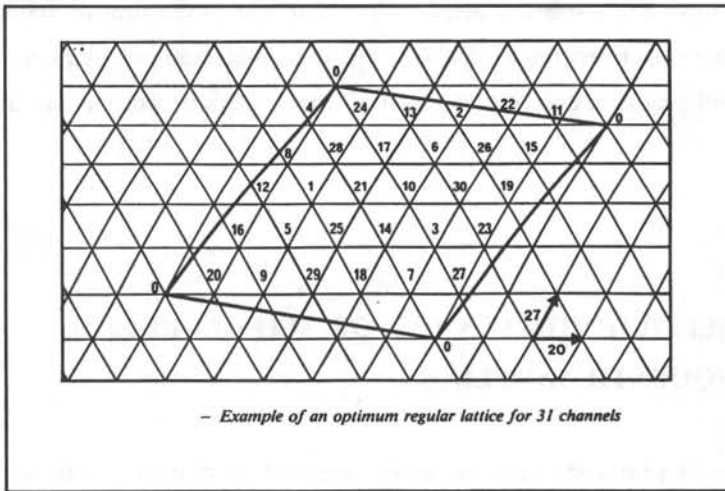
gedefinieerde lokatie voor de operationele en geplande zenders in het bestaande frequentieplan, tot de minimale inspanning van de frequentiebeheerder dient te behoren. Het is niet onwaarschijnlijk dat de frequentiebeheerder deze inspanning al heeft geleverd tijdens een zorgvuldige compilatie van een lijst van restfrequenties. Echter, uit de uiteindelijke lijst van restfrequenties is niet meer met zekerheid te concluderen of er wel of geen ruimte is voor een nieuwe aanvraag (zie pagina 4). Derhalve kan de frequentiebeheerder om een 'bewijs van technische inspanning' aan te dragen vermoedelijk volstaan met het openbaar maken van tussenresultaten uit de speurprocedure naar restfrequenties. Een lijst van problemen per frequentie in de bestaande indeling kan, door betrokkenen of extern, getoetst worden aan objectieve criteria.

2 (IN)EFFICIËNTIE VAN HISTORISCH GEGROEIDE FREQUENTIE-INDELING

Het efficiënt toewijzen van etherfrequenties vereist het optimaal kiezen van zenderlokaties, bijbehorende frequenties, zendvermogens en technische eigenschappen van de zender en de antenne opdat een zo groot mogelijke 'spectrum utilization efficiency' wordt verkregen [2]. Er zijn in de technisch-wetenschappelijke literatuur drie methoden bekend waarop dit kan geschieden [3]:

- 1) de 'Go/No Go' methode. Bij deze methode wordt onderlinge storing zoveel mogelijk voorkomen door een bepaalde minimum (geografische) afstand tussen elkaar (mogelijk) storende zenders in acht te nemen ('interference limitation'). Deze methode wordt vooral gebruikt om nieuwe zenders in een bestaand netwerk te plaatsen.
- 2) de methode van *netwerkplanning*. Deze methode wordt gebruikt bij het opzetten van nieuwe zendernetwerken en is gebaseerd op de zogenaamde 'ruitplanning' waarbij het te plannen gebied in ruitvormige deelgebiedjes wordt

ingedeeld [2], [4]. Een aantal van deze ruitvormige deelgebiedjes vormt samen een grotere ruit. Het beschikbare frequentiespectrum wordt in zijn geheel toegewezen aan deze grote ruit waarbij iedere kleine ruit een gedeelte van dit spectrum krijgt toegewezen. Dit gebeurt op een zodanige wijze dat de onderlinge storing geminimaliseerd wordt. Deze methode gaat uit van zowel geografische uniforme propagatiecondities als uniforme zendereigenschappen.



Figuur 1: Ruitpatroon voor frequentieplan lokale omroepen: in elke 'grote ruit' zijn 31 zendlocaties en frequentie aangegeven. Bron: CCIR [2].

Deze planningstechniek kent sterke overeenkomsten met de methode gebruikt voor cellulaire netten voor autotelefonie en andere vormen van mobiele communicatie, zij het dat in de mobiele communicatie meestal zeshoekige (i.p.v. ruitvormige) structuren worden gebruikt [13], [29].

- 3) de methode met *graf*en. Deze methode, de nieuwste van de drie, maakt gebruik van technieken afkomstig uit de 'Operations Research' en is geschikt om onder realistische condities nieuwe zendernetwerken op te zetten [5]. Tot op heden is er in de praktijk nog nauwelijks van deze techniek gebruik gemaakt. Deze methode zal hier niet verder worden besproken.

Een groot gedeelte van het spectrum voor (landelijke en regionale) FM radio-omroep, in het bijzonder het deel van 87,5 MHz tot 100 MHz, is tot stand gekomen volgens de eerste methode, namelijk door een aaneenschakeling van in het verleden gemaakte keuzes. Daarbij werd uitgegaan van de bestaande situatie en steeds gekeken of er een of meer nieuwe zenders geplaatst konden worden. Deze methode heeft als operationeel voordeel dat bestaande frequentietoewijzingen niet gewijzigd hoeven te worden, maar daar staat tegenover dat deze methode niet tot een optimale (zo efficiënt mogelijke) ruimtelijke invulling van de frequentie-indeling zal leiden, zoals bevestigd door het CCIR in [2]. Daaruit volgt dat indien het bestaande frequentieplan geen ruimte biedt aan een beoogde nieuwe zender, er wellicht door verschuiven van bestaande toewijzingen hiervoor nog ruimte in het spectrum zou kunnen worden gecreëerd. Het is uit de beschikbare informatie moeilijk na te gaan in hoeverre in het verleden getracht is een efficiëntere indeling te verkrijgen door het verschuiven van zendfrequenties.

Het gedeelte van het FM-spectrum voor de lokale omroep - in Nederland van 104,9 MHz tot 107,9 MHz - is ingedeeld met behulp van de tweede methode, namelijk die van de netwerkplanning. De bestemming van dit banddeel voor lokale omroepdoeleinden berust overigens eveneens op historische keuzen. Tijdens de Regional Administrative Radio Conference (RARC) voor de FM-geluidsomroep in de VHF-band in Regio 1, die in 1982-1984 is gehouden te Geneve, is een nieuwe overeenkomst met een daarbij behorend frequentieverdelingsplan voor de band tussen 87,5 en 108 MHz gesloten. Ten opzichte van eerdere internationale afspraken betekende dit een uitbreiding van de FM-band, die zich oorspronkelijk uitstreekte tot 104 MHz (of zelfs maar tot 100 MHz), met 4 MHz. Uit de instructie aan de Nederlandse onderhandelingsdelegatie voor de RARC [26] blijkt dat men in tweede instantie er voor heeft gekozen in beginsel uitsluitend het deel 104,9-107,9 MHz te bestemmen voor lokale omroep. In de meeste Europese landen zijn andere delen c.q. grotere delen voor kleinschalige omroep-activiteiten bestemd. In Frankrijk wordt gebruik gemaakt van het banddeel boven 102 MHz en in België staat tenminste het banddeel 104-108 MHz ter beschikking. De onderlinge verhouding tussen het deel van

het spectrum dat in gebruik is voor afzonderlijke gebruiksdoelen (landelijke, regionale en lokale omroep) lijkt in Nederland vooral historisch bepaald.

Enkele recentelijk gepubliceerde onderzoeksresultaten bevestigen niet alleen dat de huidige historisch gegroeide frequentie-indelingen niet optimaal zijn, maar presenteren ook planningstechnieken waarmee het frequentiespectrum efficiënter kan worden benut. In 1984 werd in Geneve een frequentieplan uitgewerkt dat ruimte biedt aan zes tot zeven parallelle landelijke programma's [2]. Meer netwerken zouden slechts mogelijk zijn in gebieden waar afscherming optreedt door heuvels of bergen, en als effectief van deze terreinomstandigheden gebruik wordt gemaakt. Een ander voorbeeld van voorgestelde verbeteringen in het frequentieplan is de door Prosch ontwikkelde planningsmethode [6], gebaseerd op [2] en getoetst aan de propagatieomstandigheden en bestaande zendlocaties in Zuid-Duitsland. Het blijkt in theorie - en volgens Prosch ook in de praktijk - mogelijk om een landelijk dekkend stereo-net te realiseren in een subband met een breedte van $B = 2,8$ MHz. Voor M netten zou

$$B = 0,7 + 2,1 \cdot M \quad \text{MHz}$$

nodig zijn. In de FM-band is daarmee ruimte voor negen landelijk dekkende netten.^{1 2}

Wellicht zal het in de praktijk niet mogelijk zijn deze negen netten volledige dekking te geven vanwege de aanwezigheid van landsgrenzen en andere grenzen van verzorgingsgebieden van verschillende omroepen of vanwege afwijkende propagatieomstandigheden. Toch moge dit aantal netten, tegenover de in Nederland momenteel gerealiseerde vijf netten (FM-A t/m FM-D, lokale omroep) plus een gepland FM-H net, aangeven dat de technische mogelijkheden hier wellicht niet uitgeput zijn.

¹ Het artikel stelt voor *acht* landelijke stereo FM-zendernetwerken naast elkaar te laten werken waarbij de ruimte in het frequentiespectrum van 105.2 tot 108 MHz gebruikt kan worden voor proefnemingen met DAB ('Digital Audio Broadcasting').

² Deze nieuwe methode is efficiënter dan bestaande indelingen door per zendlocatie de verschillende programma's op onderlinge frequentie-afstanden van 300 kHz uit te zenden. Dit levert een ontvangstkwaliteit op die voldoet aan de CCIR normen.

Deze observatie roept de vraag op of het belang van het handhaven van bestaande frequenties opweegt tegen de negatieve gevolgen van een minder efficiënt ethergebruik. Deze vraag wordt met name actueel nu nieuwe elektronische technieken, zoals het Radio Data Systeem (RDS), het de luisteraars mogelijk maken (of gaan maken) om de gewenste omroep (-zender) te vinden, zonder daartoe op de hoogte te hoeven zijn van de exacte frequentie.

Toegesplitst op de situatie rond SALTO is het ons onduidelijk of de mogelijkheid tot herrangschikking van de bestaande planning voor landelijke en regionale zenders, waardoor in Amsterdam een voor lokaal gebruik geschikte restfrequentie kan ontstaan, (met voldoende technische inspanning) is onderzocht. Zoals verwoord in onze deelstudies vinden wij het aannemelijk dat er in de FM-band (87,5 - 108 MHz) restfrequenties beschikbaar zijn die, ook binnen de bestaande frequentie-indeling, door een lokale omroepzender in Amsterdam gebruikt zouden kunnen worden. (Uit eerdere uitspraken van de NOZEMA en het Ministerie van Verkeer en Waterstaat is gebleken dat men flexibel gebruik van restfrequenties voorstaat; frequenties beneden 104,9 MHz worden reeds op beperkte schaal voor lokale radio gebruikt.)

Omdat het huidige frequentieplan grotendeels tot stand is gekomen door cumulatie van specifieke historische keuzes, zal ook de verdeling van de restfrequenties over het land het karakter van toevalligheid hebben. Of er hierdoor vele restfrequenties zijn ontstaan, elk geschikt voor een zwakke zender, of slechts enkele, geschikt voor sterkere zenders, is evenzeer afhankelijk van de historische ontwikkeling, hoewel in de praktijk wellicht restfrequenties voor zenders met groot vermogen relatief schaarser zullen zijn. De vraag of een restfrequentie geschikt voor landelijke of regionale omroep, op andere dan puur technische gronden, wel of niet ingezet kan worden voor kleinschalige omroep met gering zendbereik valt buiten het bestek van deze studie.

Tot besluit van dit hoofdstuk illustreren wij de manier waarop historische keuzes het aantal mogelijke restfrequenties, en daarmee de efficiëntie van het spectrumgebruik, kunnen beïnvloeden. De auteurs menen te weten dat de frequentietoewijzing voor een zender ten behoeve van Omroep Brabant (Mierlo) intensief internationaal overleg

heeft gevergd. Uiteindelijk zou zijn overeengekomen dat de zender gebruik maakt verticale polarisatie, hetgeen minder stoort op horizontaal gepolariseerde zenders, en een ongebruikelijke frequentie namelijk 91,875 MHz (thans 91,9 MHz). Indien, jaren later, de mogelijkheid overwogen wordt deze (of een direct aangrenzende) frequentie nog intensiever te hergebruiken, bijvoorbeeld voor een lokale omroep in het noorden van het land, lijkt het niet gemakkelijk in dat later stadium de betrokken partijen te overtuigen een nieuwe, zij het uiterst geringe, toename van het stoorniveau te accepteren indien door dit hergebruik de internationaal aanvaarde norm wordt overschreden. Vermindering van het zendvermogen in Mierlo of wijziging (verhoging van het zendvermogen) van de buitenlandse zenders zou hier ruimte kunnen bieden. Ook als het hierboven beschreven historische verloop niet geheel correct zou zijn verwoord, dan nog is het voorbeeld illustratief voor de praktische moeilijkheden rond flexibel frequentiegebruik.

De vraag of een frequentie, gebruikt voor landelijk of regionale radio, elders in het land kan worden hergebruikt vergt specifieke analyse en is niet bij voorbaat (algemeen) te beantwoorden. Deze vorm van frequentiehergebruik komt echter wel voor: De landelijke frequentie Wieringermeer-87,7 MHz (19,953 kW) wordt in Maastricht hergebruikt door een lokale zender van het Britse leger (BFBS) met een zendvermogen van 100 W. Daarentegen is het gebruik van exact dezelfde frequentie door twee of meer Nederlandse zenders met groot bereik vrijwel uitgesloten: bij de huidige CCIR-normen zijn de benodigde herhaalafstanden in de grootte orde van 240 km [2], [4]. Het huidige frequentieplan vertoont dan ook geen dubbel gebruik van enige frequentie voor groot-vermogenzenders.

3 (IN)EFFICIËNTIE VAN HET NET VAN LOKALE OMROEPEN

De frequentieplanning van de lokale omroep is gebaseerd op de eerder genoemde methode van netwerkplanning [2]. Bij deze door het CCIR in 1982/1984 voorgestelde

methode is Nederland verdeeld in een regelmatig ruitpatroon van ideale zenderlokaties.

De keuze tot het gebruik van 3,2 MHz (104,9-107,9 MHz plus de bandbreedte van een FM-signaal; ca. 200 kHz) lijkt te zijn gemaakt omdat in theorie [4] met de gehanteerde kwaliteitsnormen een landelijk dekkend net gerealiseerd kon worden. In theorie had met deze kwaliteitsnormen een ruitgetal van 19 gebruikt kunnen worden ($B = 2$ MHz). Door de keuze van een ruitgetal van 31 en een bereik van gemiddeld 5 km werd een marge geïntroduceerd, naar verluidt nodig om gemeentes met onregelmatige grenzen voldoende dekking te geven en om voldoende planningsflexibiliteit te verkrijgen, zowel in de grensgebieden met Duitsland als in gebieden waar storing op luchtvaartnavigatiesystemen zou kunnen plaatsvinden [4]. Dit is in overeenstemming met de observatie van Prosch [6] dat, indien planningsmarges minimaal gehouden kunnen worden, landelijke stereo-dekking met hoge kwaliteit al vanaf 2,8 MHz mogelijk is.

In de afgelopen jaren is dit theoretische ruitpatroon stap voor stap ingevuld met daadwerkelijke zenders voor lokale omroep, zonder dat er in de beginfase inzicht is geweest in welke lokale omroepen uiteindelijk een aanvraag zouden indienen. Bij deze 'toevallige' invulling van het patroon wordt een zender niet exact op dezelfde lokatie geplaatst als verondersteld in het theoretische patroon, maar wordt een, meestal binnen de gemeente gelegen, gunstige en centrale zenderlokatie gekozen. Daarbij ligt niet altijd op voorhand vast welke van de in de naaste omgeving beschikbare frequenties daadwerkelijk (zullen) worden gebruikt.

Ook al is theoretische netwerkplanning als uitgangspunt gebruikt, daarmee staat nog niet onomstotelijk vast of de oorspronkelijke projectie van het ruitpatroon op Nederland, met alle afwijkingen van de theoretische planning, voldoende efficiënt is om te kunnen dienen als de maatstaf op grond waarvan de uitspraak wordt gerechtvaardigd dat er geen ruimte meer in het spectrum is voor een bepaalde frequentieaanvraag of zendtijd van een bestaande omroepzender wordt ingetrokken ten gunste van een nieuwe aanvraag. Herrangschikking van de bestaande frequentietoewijzingen

aan lokale omroepen zou mogelijkerwijze ruimte in het FM-spectrum kunnen opleveren.

Een vergelijking tussen het netwerk voor lokale omroep en die voor mobiele communicatie, met name autotelefonie, levert een aantal interessante overeenkomsten en verschillen op. Technisch gezien zijn er sterke overeenkomsten: beide typen netten worden gepland volgens theoretische patronen [2], [4], [5], [7], [13]. In beide gevallen is de wens om zo veel mogelijk zenders te kunnen plaatsen de drijfveer geweest tot diepgaande theoretische onderzoeken. Echter de rol van de frequentieplanner in relatie tot de frequentiegebruiker is verschillend van elkaar: in de openbare mobiele communicatie heeft de frequentieplanner een direct economisch belang gehad bij de meest efficiënte oplossing; als exploitant van het net bepaalt de PTT zelf op welke plaatsen basisstations worden opgesteld en op welke frequenties deze uitzenden. Dat geldt niet voor lokale omroepen.

Uit de planning van autotelefoonnetten is bekend dat de vertaling van theoretische netwerken naar een daadwerkelijke implementatie niet beperkt hoeft te blijven tot het plaatsen van zenders op de lokaties en op onderlinge afstanden die met behulp van het theoretische model zijn berekend. Inmiddels heeft het PTT Research Neher Laboratorium een 'plannings-tool' operationeel, CAESAR genaamd, waarin onder andere met de volgende praktische aspecten rekening wordt gehouden [7]:

- terrein-specifieke propagatie-eigenschappen.

Terreinhoogten, plaatselijke obstakels etc. worden exact in rekening gebracht. Hierdoor kunnen toevallige overlappings van verzorgingsgebieden worden voorkomen. Op overeenkomstige wijze zou ook het verzorgingsgebied van een lokale omroep door zorgvuldige beschouwing van de propagatie-eigenschappen ter plaatse, beter beperkt kunnen worden tot de gemeentegrenzen. Dit levert dan geringere storing voor andere zenders op, waardoor elders in het netwerk betere verzorging gewaarborgd wordt. Voor zover ons bekend wordt voor de planning van lokale radio-omroep geen gebruik gemaakt van specifieke terreingegevens, waardoor er nu grotere planningsmarges noodzakelijk zijn. Dit

zou de keuze van het ruitgetal 31 in plaats van 19 gedeeltelijk kunnen verklaren.

- de ruimtelijke ordening van het verzorgingsgebied.

De ruimtelijke ordening van Nederland vereist verdichting van het frequentieraster voor autotelefonie op plaatsen waar intensief getelefoneerd wordt. Vertaald naar de situatie bij de lokale omroepen levert dit de vraag op of de toewijzing van frequenties met een verzorgingsgebied met een straal van vijf kilometer in *alle* gebieden wel optimaal aansluit bij de grootte van elk gewenst gemeentelijk verzorgingsgebied.

In de Rapportage 'Nozema-experiment' [8] wordt o.a. geconcludeerd dat niet alle gemeenten kunnen worden bediend. Deze uitspraak is gestoeld op de gekozen randvoorwaarde dat de technische invulling van het frequentieplan gebaseerd blijft op *uniforme* rastergrootte. De genoemde ervaringen in de mobiele netten tonen evenwel aan dat essentieel gunstigere resultaten worden bereikt door planningstechnieken met niet-uniforme rasters, d.w.z. toepassing van overlappende rasters met verschillende schaal (zie Appendix B, met name Fig. 7.2-4. en ref. [13]). Plaatsing van meer zenders is dus in principe mogelijk zonder vergroting van de toegewezen frequentieband, waarbij de zenders echter een kleiner bereik moeten hebben. Dit levert eenzelfde bedekkingsgraad, namelijk gewaarborgde ontvangst van tenminste één omroep, echter met een essentieel verbeterde overeenkomst tussen verzorgingsgebied en gemeentegrootte.

Derhalve is ook de conclusie, overgenomen in [14], dat, "mede gezien het groot aantal gemeenten in de regio Amsterdam, in het banddeel 104,9-107,9 MHz niet genoeg frequenties voorhanden zijn", wetenschappelijk gezien niet geheel juist. Een wetenschappelijk juistere conclusie zou moeten luiden dat de a priori gekozen rastergrootte (zendbereik van gemiddeld 5 km) in de regio Amsterdam niet optimaal past bij de feitelijke geografische oppervlakte van de onderhavige gemeenten. Gemeentelijke dekking zou wel mogelijk worden met de methode van 'tapered cell sizes' (ook wel 'cell splitting' genoemd) zoals beschreven in Appendix B.

4 STEREO-VERZORGING VERSUS AANTAL ZENDERS

Gezien de wensen voor grote aantallen lokale zenders en de beperkte beschikbare ruimte in het frequentiespectrum, werd bij de toegepaste planningsmethode voor lokale omroepen meer belang aan de kwantiteit gehecht dan aan kwaliteit [4]. Bij de lokale omroepen is daarom uitgegaan van mono-uitzendingen. Stereo-uitzendingen zijn veel gevoeliger voor storingen en daardoor kan bij stereo-uitzending dezelfde frequentie niet worden hergebruikt in een groter gebied. De internationale CCIR aanbevelingen vereisen tenminste een 6 dB grotere protectieverhouding voor stereo-ontvangst [11].³

Volgens Doeven in [4] zou stereo betekenen dat zenders twee maal zover uit elkaar geplaatst moeten worden, en dat er dus op een gegeven oppervlakte ongeveer vier keer minder stereo-zenders dan mono-zenders geplaatst kunnen worden. Wij stellen hier tegenover dat door verdubbeling van de onderlinge afstand een 6 dB betere ontvangstkwaliteit bereikt wordt als 'vrije-ruimte propagatie' wordt verondersteld, waarbij het ontvangen vermogen met het kwadraat van de afstand afneemt. Meer realistisch is echter 'grondgolf propagatie' [13], [15] waarbij stoorvermogens met de vierde macht van de afstand afnemen. Ook metingen in [4] en [16] bevestigen dat stoorvermogens op het aardoppervlak wezenlijk sneller afnemen dan in de vrije ruimte (zie Appendix A). Onder de correctere veronderstelling van 'grondgolf propagatie' behoeven voor stereo-ontvangst zenders op dezelfde frequentie slechts $\sqrt{2}$ ($\sqrt{2} \approx 1,41$) maal verder uit elkaar te staan dan bij mono-ontvangst. Dus in het (gunstige) geval van 'grondgolf propagatie' kan er bij toepassing van stereo per gebied slechts de helft van het aantal zenders geplaatst worden in vergelijking tot mono, ofwel een verdubbeling vergeleken met [4].

Bij de planning van het FM-D net is er oorspronkelijk vanuit gegaan dat de regionale omroepen slechts in mono zouden uitzenden. Inmiddels zijn steeds meer omroepen

³ De in [8] genoemde 20 dB omvat wellicht het verschil tussen de norm voor huiskamer-stereo volgens de CCIR aanbeveling en mono-ontvangst volgens de in Nederland gehanteerde norm voor lokale radio.

over gegaan op stereo-uitzendingen, kennelijk omdat de frequentie-indeling hiertoe de ruimte gaf. Deze overgang van mono- naar stereo-uitzendingen lijkt echter geenszins te zijn ontstaan na een politieke keuze om ook regionale omroepen in stereo uit te laten zenden, maar lijkt meer ad hoc te zijn gemaakt toen bleek dat er hiervoor telkens ruimte in het frequentiespectrum beschikbaar was.⁴ Dit roept de (politieke, bestuurlijke) vraag op of het vanuit het oogpunt van een consistente planning van het gebruik van de ether correct is dat enerzijds vrijwel alle regionale omroepen nu in stereo uitzenden terwijl anderzijds aan omroepen (in casu SALTO) zendmachtigingen worden ontnomen vanwege schaarste aan frequenties.

Een andere observatie betreffende de (in)efficiëntie van het FM-D net is dat Radio Noord-Holland nog steeds over vier frequenties beschikt, terwijl inmiddels de editie 'Studio Hilversum' is opgeheven. Daardoor zendt Radio Noord-Holland geen vier maar slechts drie edities uit, hetgeen technisch ook met slechts drie zenders te realiseren is. Het lijkt op voorhand waarschijnlijk dat door herplanning van de frequenties voor Radio Noord-Holland ruimte gecreëerd kan worden in het intensief gebruikte gebied rond Amsterdam. Het verzorgingsgebied van de zender in Hilversum is relatief klein en kan mogelijkerwijs worden ondergebracht bij dat van de zender in Amsterdam. Alleen al het verschil in stereo en mono-verzorging scheelt minstens een factor 1,4 in het bereik van de zender in Amsterdam (waarmee wellicht de zender in Hilversum overbodig wordt) en volgens de beweringen in [4] zou dit zelfs een verdubbeling van het bereik, d.w.z. verviervoudiging van de oppervlakte van het verzorgingsgebied, opleveren.

Soortgelijke overwegingen zijn uiteraard ook van toepassing op de andere netten (FM-A, . . . , FM-C en FM-H). Wellicht zal ook bij de eventuele introductie van commerciële radio de vraag zich voordoen of een aanbieder de voorkeur geeft aan twee c.q. vier mono-netten of slechts één stereo-netwerk.

⁴ Volledigheidshalve zij hier vermeld dat een stereo-sigitaal ook mono te ontvangen is. Stereo-uitzendingen via een zender die gepland is voor mono-verzorging heeft echter de volgende nadelen: 1) Vanwege de aanwezigheid van een stereo-multiplex-sigitaal moet de modulatie-diepte van het mono-sigitaal teruggebracht worden, hetgeen meer hoorbare ruis oplevert. 2) Luisteraars aan de rand van het verzorgingsgebied zullen ontevreden zijn over het stereo-geluid en zullen, in de onwetendheid dat overschakelen op mono betere ontvangst oplevert, een andere zender opzoeken.

5 GELUIDSKWALITEIT VERSUS AANTAL ZENDERS

Uit het voorgaande is duidelijk dat de keuze tussen stereo of mono leidt tot essentieel verschillende resultaten voor het aantal toe te laten zenders. Hiermee vergelijkbaar is de afweging tussen de ontvangstkwaliteit versus het aantal zenders. Hoe hoger de gestelde kwaliteitsnormen des te lager is de toelaatbare storing, dus des te minder zenders kunnen worden toegelaten.

De (subjectieve) vraag naar geluidskwaliteit lijkt onderhevig te zijn aan twee tegengestelde tendensen. Enerzijds zijn er de ontwikkelingen naar *digitale* radio-omroep ('Digital Audio Broadcasting', enz.) waarvan de kwaliteit vergelijkbaar is met die van compact disc (CD)-weergave, ook bij mobiele ontvangst [18]. Anderzijds lijkt een groot deel van de luisteraars niet direct geïnteresseerd in verdere verbetering van de technische geluidskwaliteit. Maatstaven voor geluidweergave zoals bij CD-spelers lijken in de praktijk minder van toepassing te zijn op radio-luisteren [19], [20]. Slechts een kwart van alle radio-ontvangsttoestellen zijn 'tuners' en vormen een onderdeel van een stereo-installatie ('home audio') waarmee weergave met hoge geluidskwaliteit mogelijk is [21]. De overige toestellen, zoals draagbare radio's en wekkerradio's, hebben meestal ingebouwde luidsprekers die niet zijn ontworpen voor 'hifi'-weergave. Het percentage toestellen met alleen monoweergave is relatief groot [21]. Ook is de akoestiek en de haalbare dynamiek in een automobiel verre van ideaal. Vanwege deze luisteromstandigheden wil de radioluisteraar veelal een consistente klank [19], zonder verschillen in luidheid van opeenvolgende programma-onderdelen. Terwijl CD-spelers pronken met grote dynamiek, wordt in veel radio-uitzendingen, in Nederland met name op het FM-B, maar ook op de FM-A en FM-D netten, de dynamiek vrijwel geheel uitgevlakt [20]. De geluidstechnische normen gehanteerd door de regionale radio zijn met de komst van nieuwe omroepen eerder verslechterd dan verbeterd. Consumenten-elektronica, zoals cassette-opnemers voor interviews, vond zijn weg naar de radiostudio [22].

De internationale normen voor ontvangstkwaliteit zijn opgesteld in een vroeg stadium van de geschiedenis van de FM-radio, en leveren een goede ontvangstkwaliteit bij een

stationaire opstelling van de ontvangstinrichting. Toch is de kwaliteit beduidend minder dan die van een CD-installatie, hetgeen nu tot onderzoek van digitale omroep (DAB) leidt. De ontvangst volgens de normen voor de FM-omroep levert een relatief grote dynamiek (doordat de toelaatbaar geachte stoorvermogens sterk beperkt zijn). Ook Doeven [4] geeft aan dat de gehanteerde waarden voor de protectieverhoudingen erg hoog zijn, en dat, bij stationaire ontvangst, een vermindering van 6 dB een nauwelijks hoorbare kwaliteitsvermindering geeft. Kenmerkend is hier de soms gehoorde opmerking uit het luisterpubliek, wellicht met lagere kwaliteitsnormen, dat Radio 2, 3 of 4 op talrijke plaatsen op de afstemschaal te vinden is, terwijl volgens de gehanteerde strenge planningsnormen de overlapping van de verzorgingsgebieden slechts gering is.⁵

Gegeven de geringe dynamiek door de signaalbewerking met name toegepast in programma's met populaire muziek, is het de vraag of niet voor deze zenders andere planningsnormen kunnen worden gehanteerd. Uiteraard vereisen de internationale procedures dat de *stoorniveaus* op buitenlandse verzorgingsgebieden binnen de normen blijven. Het is evenwel in principe een nationale politieke keuze of popzenders landelijk een 'frequentie-dure' dekking met relatief hoge signaal-stoorverhouding krijgen of een 'frequentie-zuinige' dekking met mindere, maar gezien het programmamateriaal wellicht niet in alle gevallen hinderlijke, storingsprestaties. In het eerste geval ontstaat de bekende ervaring bij het publiek dat dezelfde omroep 'wel drie keer op de afstemschaal zit'. Technisch gezien is het met een goede richtantenne of vanwege plaatselijk gunstige propagatieomstandigheden, zeer wel mogelijk dat ver buiten het officiële verzorgingsgebied een zender met even hoge geluidskwaliteit kan worden ontvangen als voorzien binnen het verzorgingsgebied.

De subjectieve beleving van wat 'voldoende geluidskwaliteit' precies is zal een interessante discussie oproepen als bij de mogelijke introductie van een commerciële radio-omroep landelijke dekking wordt gegarandeerd volgens hoge kwaliteitsnormen.

⁵ In de telecommunicatie staat dit verschijnsel te boek als het 'FM-drempel' effect: zelfs al bij een uiterst geringe signaal/ruis- of signaal/stoor-verhouding, ongeveer bij 10 dB, is een FM-signaal al beluisterbaar. Volgens de normen is voor 'goede' ontvangst een signaalsterkte nodig, beduidend groter dan deze 'drempel'-waarde (28-45 dB).

Indien deze omroep, in plaats van één landelijk programma, vervolgens per regionaal opgestelde zender verschillende programma's gaat aanbieden, zullen luisteraars die nu ervaren dat elk programma vaker dan één maal voorkomt op de afstemschaal de mogelijkheid krijgen naar verschillende programma's te luisteren.

Vanuit deze optiek bezien zijn de -in de tijd van de elektronenbuis vastgestelde- normen en de uitgangspunten voor deze normen niet volledig afgestemd op de huidige gemiddelde luisteromstandigheden. Voor stationaire ontvangst (huiskamer-stereo) zijn in principe geen etherfrequenties nodig, maar kan ook gebruik gemaakt worden van kabeldoorgifte. Volgens deze overwegingen wordt kwaliteit bij mobiele ontvangst steeds relevanter.

In de instructies [26] werd ook al gesproken over het waarborgen van goede mobiele ontvangst. Verschuiving van de luister-omstandigheden van huiskamer-stereo naar mobiel heeft op enkele, elkaar deels opheffende, manieren invloed op de efficiëntie van het ethergebruik:

Enerzijds stellen de mobiele luisteromstandigheden - en veel van het aangeboden programma-materiaal - thans geen zeer hoge eisen aan dynamiek. Daarom zouden we naar kleinere planningsmarges toe kunnen. Anderzijds: een mobiele antenne bevindt zich op een ongunstigere plaats dan bij huiskamerontvangst. Tengevolge van plaatselijke afscherming en reflecties fluctueert de sterkte van het ontvangen signaalvermogen (fading). Daardoor vereist mobiele ontvangst hogere planningsmarges dan stationaire ontvangst. Ook bij hoge marges blijft de ontvangstkwaliteit echter gevoelig voor het verschijnsel 'meerwegontvangst' tengevolge van reflecties. Met name FM-stereo is principieel gevoelig voor deze effecten, ook bij geringe storing door andere zenders.

Voor echt hoogstaande geluidskwaliteit lijkt FM, zelfs volgens de zware internationale normen, niet de toekomstige oplossing te zijn. De komst van digitale omroep zal naar verwachting binnen afzienbare tijd de discussie opleveren of het handhaven van de hoge (dynamiek) normen voor FM zinvol is, zeker als mogelijkwijze de landelijke publieke omroepen in een overgangssituatie zowel digitaal (met CD-kwaliteit) als in FM uitzenden [24]. Immers luisteraars die groot belang hechten aan hoge geluidskwa-

liteit zullen dan altijd kiezen voor digitale ontvangst. De vraag of DAB al dan niet gebruik moet gaan maken van bestaande FM frequenties, of dat juist de radio-omroep meer behoefte heeft aan etherfrequenties dan andere diensten, valt buiten het bestek van deze studie; zie [6], [21], [24].

6 CONCLUSIES

Deze technische studie geeft enkele overwegingen bij het gebruik van het FM-radiospectrum. De methoden toegepast voor het kiezen van frequenties voor nieuwe zenders zijn belicht, en deze situatie is vergeleken met de situatie bij de openbare mobiele communicatie (autotelefoon). De consequenties van enkele keuzes, zoals de toepassing van stereo en het handhaven van hoge geluidskwaliteitsnormen, op de efficiëntie van het huidige spectrumgebruik zijn nader belicht. De rol van distributie via kabelnetten en de mogelijke invloed op het gebruik van het FM-spectrum van nieuwe planningstechnieken en toekomstige ontwikkelingen zoals RDS en digitale omroep zijn aangestipt.

Het is niet aannemelijk dat wetenschappelijk stellig kan worden 'bewezen' dat er geen ruimte voor een nieuwe zender is. Er zijn echter mogelijkheden te komen tot een zekere vorm van objectivering van de gronden waarop in een praktisch geval een bestuurlijke of juridische conclusie getrokken kan worden of er wel of geen ruimte is voor een nieuwe frequentie-aanvraag. Met name toetsing van de toepasbaarheid van elk van de FM-kanalen bij de gegeven frequentie-indeling lijkt ons een haalbare, objectieve en extern controleerbare maatstaf. Daarnaast zou, gezien de congestie in de ether en het belang van ether-frequentietoewijzingen voor de radio-omroep, frequentieplanning niet voorbij mogen gaan aan nader onderzoek van de extra mogelijkheden die ontstaan door het herrangschikken van een (beperkt) aantal frequenties. Een vergelijking met de praktijk in de mobiele communicatie geeft aan dat er in principe efficiëntere planningmethodieken voor keuze van omroep frequenties mogelijk zijn.

Een afweging tussen geluidskwaliteit van de FM-radio en het aantal toe te laten omroepen lijkt relevant, maar kan niet louter op technische gronden worden gemaakt. Met name de tendens tot 'audio-processing' (vooral het aspect van het verkleinen van de dynamiek van het programmamateriaal) en de ontwikkeling van superieure (digitale) transmissiemethoden roepen de vraag op of de vigerende kwaliteitseisen nog steeds voldoende goed overeenstemmen met de huidige (politieke) wensen.

Voor het specifieke geval van een beoogde frequentie voor lokale radio in Amsterdam zijn de mogelijkheden tot ingebruikname van een frequentie nader onderzocht. De deelstudies geven aan dat ook binnen de mogelijke beperkingen van het huidige frequentieplan, er in Amsterdam ruimte voor een of meer nieuwe zenders gevonden kan worden.



APPENDIX A: HET VERZORGINGSGEBIED

De grootte van het verzorgingsgebied hangt af van de volgende factoren:

- het zendvermogen (P_t), de antenneversterkingsfactor (g_t) en de hoogte (h_t) van de zendantenne;
- de minimumveldsterkte; Deze veldsterkte is afhankelijk van de radiodienst (mono-mobiel of huiskamer-stereo) en van de terreinomstandigheden (grote stad, stedelijk gebied of platteland).
- de bruikbare veldsterkte; Deze wordt bepaald door de beschermde veldsterkten van de storende zenders. Deze beschermde veldsterkten worden op hun beurt weer bepaald door:
 - het vermogen van de storende zender, de antenneversterkingsfactor en de hoogte van de zendantenne;
 - de afstand van de storende zender tot de gewenste zender;
 - de propagatieomstandigheden.
- de hoogte van de ontvangantenne (h_r), de antenneversterkingsfactor (g_r) en de technische eigenschappen van de standaardontvanginstallatie;
- factoren die de propagatie van de radiogolven beïnvloeden, zoals bodemgesteldheid, begroeiing en atmosferische condities.

DE NORMEN

Het verzorgingsgebied van een zender is gedefinieerd als het gebied waarin met een kans van 50% een vastgestelde verzorgingsnorm wordt overschreden, uitgaande van een standaardontvanginstallatie [4]. De belangrijkste normen zijn:

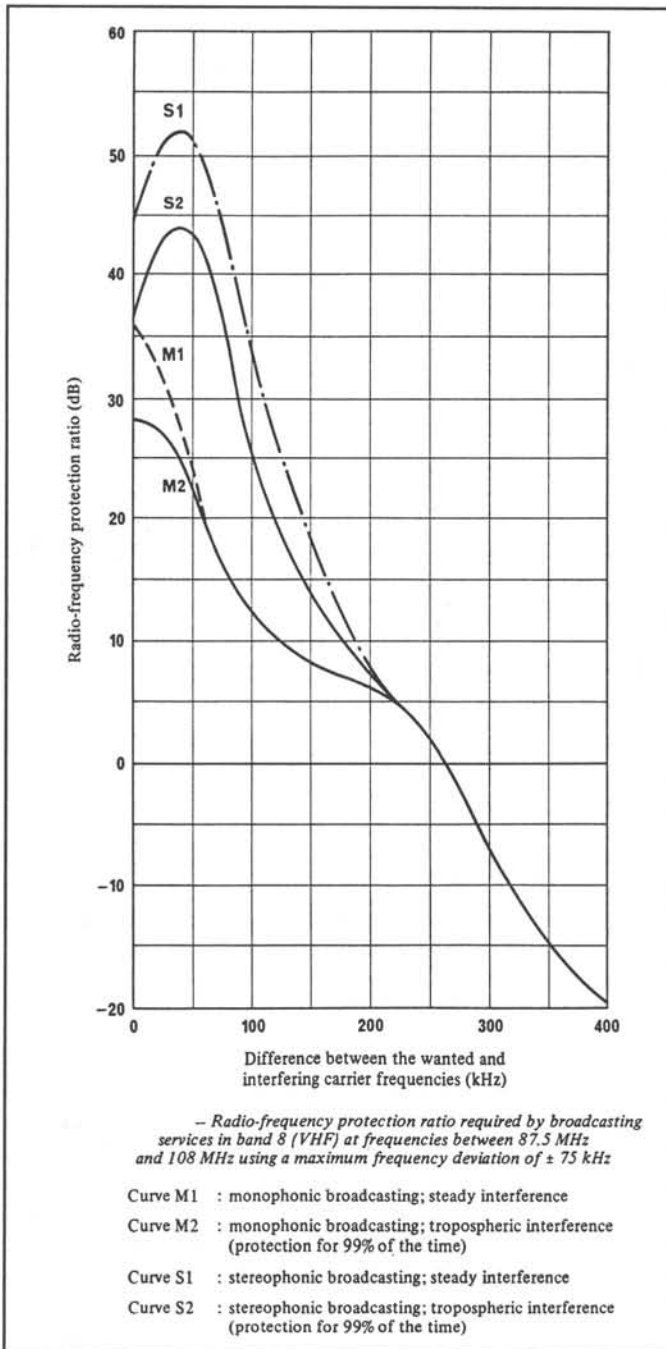
- de minimumveldsterkte (E_{\min}): dit is de gemiddelde signaalsterkte van de zender die nodig is om de onvermijdelijke ruis te overstemmen;
- de protectieverhouding (α): dit is de vereiste signaalstooraafstand in relatie tot de gezamenlijke interferentie door andere zenders op dezelfde of bijna dezelfde frequentie.

De protectieverhouding plus de signaalsterkte van een storende zender, gedurende kleine percentages van de tijd, wordt de beschermde veldsterkte (E_{bi}) genoemd. De signaalsterkte kan hierbij fluctuerend of stabiel zijn.

Indien er meerdere storende zenders zijn, dienen de beschermde veldsterkten van deze zenders samen in beschouwing genomen te worden. Deze gezamenlijke veldsterkte wordt de bruikbare veldsterkte (E_u of 'usable fieldstrength') genoemd. Er zijn twee gangbare methoden om de verschillende beschermde veldsterkten op te tellen:

- de 'Simplified Multiplication Method' (SMM): een statistische methode;
- de 'Power Sum Method' (PSM): een niet-statistische methode.

In [9], [10] worden beide methoden nader uitgewerkt.



Figuur 2: Protectieverhouding α in dB: de vereiste signaalstooraafstand versus het frequentieverschil tussen gewenste en storende zender. Bron: CCIR [11].

Met behulp van bovenstaande begrippen kan het verzorgingsgebied nu gedefinieerd worden als het gebied waarin de veldsterkte van de gewenste zender (E_d of 'desired fieldstrength') groter of gelijk is aan zowel de bruikbare veldsterkte als aan de vereiste minimumveldsterkte:

$$E_d \geq E_u \quad (1a)$$

en

$$E_d \geq E_{\min} \quad (1b)$$

Deze minimumveldsterkte- en protectieverhouding-criteria zijn terug te vinden in [11].

RADIOPROPAGATIE

Of aan de genoemde verzorgingsnormen (1) wordt voldaan hangt af van de sterkte van de ontvangen signalen. Derhalve geven we hier een korte beschouwing over radiopropagatie in de FM-band.

In de buurt van de zender neemt het ontvangen signaalvermogen P_r af met de afstand d volgens de evenredigheid $P_r :: d^{-2}$ (vrije-ruimte demping), of voluit,

$$P_r = P_t g_r g_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2 \quad (2)$$

waarin λ de golflengte ($\lambda \approx 3$ m voor 100 MHz).

Op grotere afstand gaat het aard-oppervlak een belangrijke rol spelen en doven radiogolven sneller uit. Over een perfect geleidende vlakke aarde is het ontvangen vermogen P_r omgekeerd evenredig met de vierde macht van de afstand d tot de zender ($P_r :: d^{-4}$), volgens

$$P_r = P_t g_r g_t \left(\frac{h_t h_r}{d^2} \right)^2 \quad (3)$$

waarbij h_t en h_r de hoogte van de zend- respectievelijk de ontvangstantenne is. Dit grondgolf-model (2) is al rond 1948 empirisch geverifieerd door Egli [15] en Bullington [17]. In de praktijk verloopt het ontvangen vermogen echter volgens $P_r :: d^{-\beta}$ met β tussen 3 en 4, zie bijvoorbeeld [13], [29]. Bebouwing, begroeiing en heuvels hebben significante invloed op β terwijl de invloed van de bodemgesteldheid rond 100 MHz (en hoger) relatief gering is [13].

De overgang tussen de propagatieverzwakking volgens d^{-2} (vrije ruimte) naar d^{-4} (grondgolf) vindt plaats in de buurt van de afstand $d_0 \approx 4h_t h_r / \lambda$ [13], [17], [29]. Voor een zendantenne op hoogte $h_t = 40$ meter bedraagt $d_0 \approx 500$ meter ($\lambda \approx 3$ m, standaard-ontvangstinrichting $h_r = 10$ m).

Bij het kiezen van een praktische antenneopstelling is het in eerste instantie belangrijk dat de antenne 'vrij zicht' heeft. Afscherming in een bepaalde richting beperkt de effectieve uitstraling van het zendvermogen. Reflecties tegen obstakels (meerweg-ontvangst) kunnen daarbij ook nog vervorming veroorzaken, met name bij stereo-voorzorging. Zoals blijkt uit formule (3) heeft de hoogte h_t ook bij een vrije opstelling van de antenne grote invloed op de ontvangst. Echter uit overwegingen van efficiënt frequentiegebruik is het noodzakelijk dat buiten het verzorgingsgebied het ontvangen vermogen sterk met de afstand afneemt (volgens d^{-4}). Derhalve moet het kantelpunt d_0 veel kleiner zijn dan de straal van het verzorgingsgebied. Voor onze studie van het effect van onderlinge storingen houdt dit in dat we uit mogen gaan van $d \gg d_0$, dus $P_r \propto d^{-\beta}$ met β tussen 3 en 4.

Op afstanden groter dan zo'n 20 · 50 km gaat de kromming van de aarde een rol spelen en doven signalen nog sneller uit (grotere β). Bij propagatie over dergelijke afstanden gaan atmosferische omstandigheden een rol spelen waardoor stoorniveaus kunnen fluctueren. Bij kortere afstanden blijven daarentegen de ontvangen signaalsterktes vrijwel stabiel, tenzij de antenne wordt verplaatst (zoals bij mobiele ontvangst).

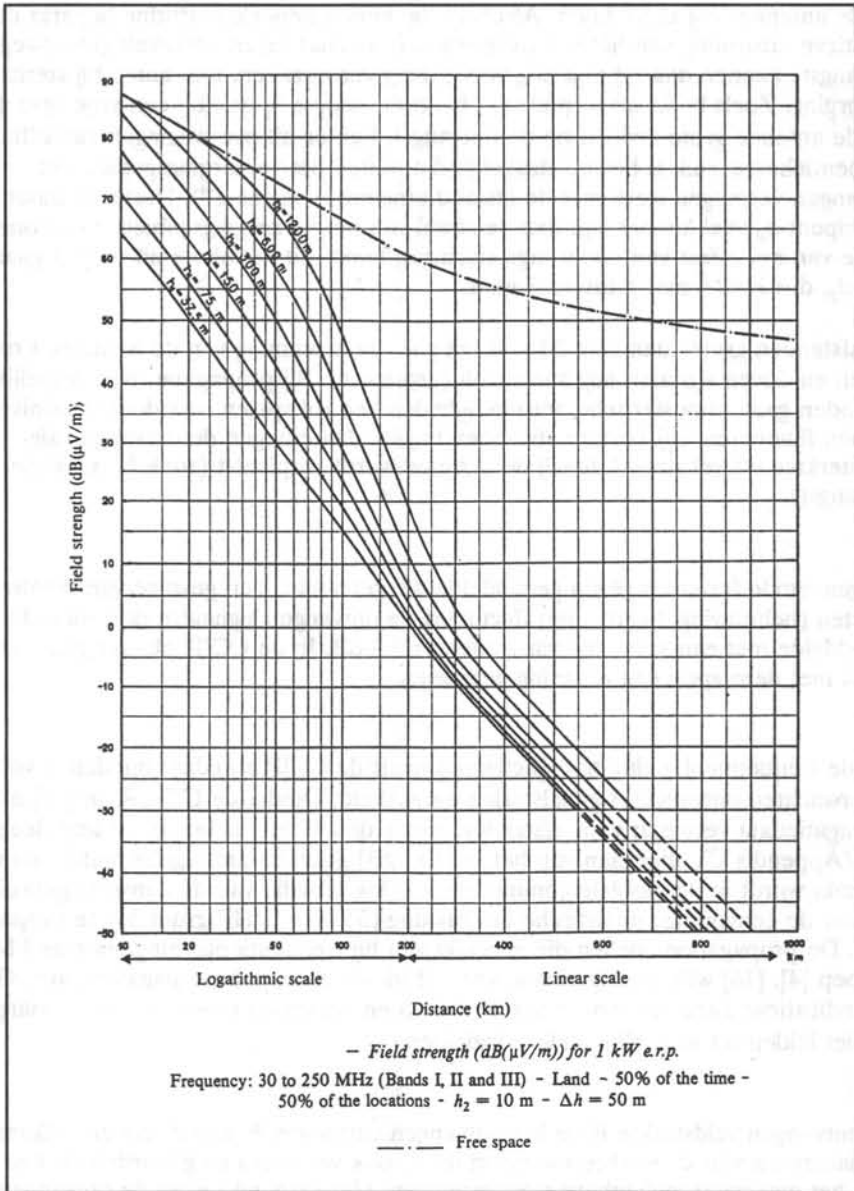
De genoemde formules geven gemiddelde waarden aan. Ten gevolge van plaatselijke effecten (bebouwing, begroeiing) fluctueert de ontvangen signaalsterkte rond dit gemiddelde met een spreiding van ongeveer 8,3 dB. In de CCIR planningsmethoden wordt met deze spreiding rekening gehouden.

Om de frequentieplanning te objectiveren heeft de CCIR standaardmodellen voor de te verwachten ontvangen signaalsterkte ontwikkeld. Omdat de C.C.I.R. in [16] alleen propagatiedata vermeldt voor afstanden groter dan 10 km, is bij de verdere deelstudies (Appendix C) uitgegaan van het in [13 p.83] gegeven propagatiemodel, dat veel gebruikt wordt in de mobiele communicatie. Ook terwille van de eenvoud gebruiken we hier de eenvoudige analytische uitdrukking (3) voor 'VHF groundwave propagation'. De propagatiemodellen die gebruikt zijn bij frequentieplanning voor de FM-omroep [4], [16] wijken enigszins af van het ideale grondgolf-propagatiemodel. Gezien het indicatieve karakter van de berekeningen en gezien de gevonden ruime marges zal dit niet leiden tot wezenlijk andere inzichten.

De ontvangen veldsterkte E en het ontvangen vermogen P_r zijn direct aan elkaar gerelateerd, zodat de veldsterkte norm in (1) ook verwoord mag worden als een norm voor het maximaal toelaatbare stoorvermogen. Het verband tussen de ontvangen veldsterkte en het ontvangen vermogen is volgens [17]:

$$P_r = \left(\frac{g_r}{120} \right) \left(\frac{E\lambda}{2\pi} \right)^2 \quad (4)$$

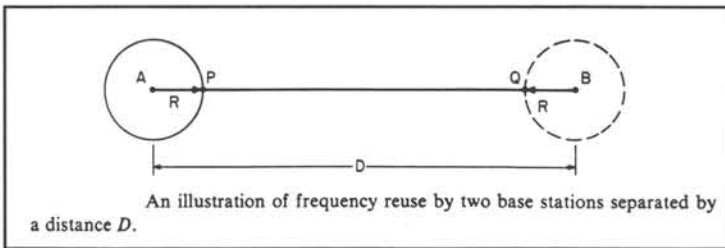
waarbij E de ontvangen veldsterkte in volts per meter is en g_r de antenneversterkingsfactor van de standaardontvanginstallatie.



Figuur 3: Ontvangen signaalsterkte versus afstand. Bron: CCIR [16].

APPENDIX B: CELLULAIRE NETTEN

In theoretische of cellulaire netten worden frequenties hergebruikt volgens een regelmatig geografisch patroon. In de mobiele communicatie wordt het verzorgingsgebied van een zender een 'cel' genoemd. Om het effect van onderlinge storingen tussen zenders te beperken worden in aangrenzende cellen verschillende frequenties gebruikt. In principe worden C verschillende frequenties gebruikt in een cluster van C aangrenzende cellen, waarbij het cluster van frequenties en cellen herhaald wordt. Bij netten voor omroep wordt de clustergrootte ook wel 'ruitgetal' genoemd.



Figuur 4: Illustratie van frequentiehergebruik [13]. Straal van cel (R) en frequentieherhaalafstand (D). Bron: Jakes [13]

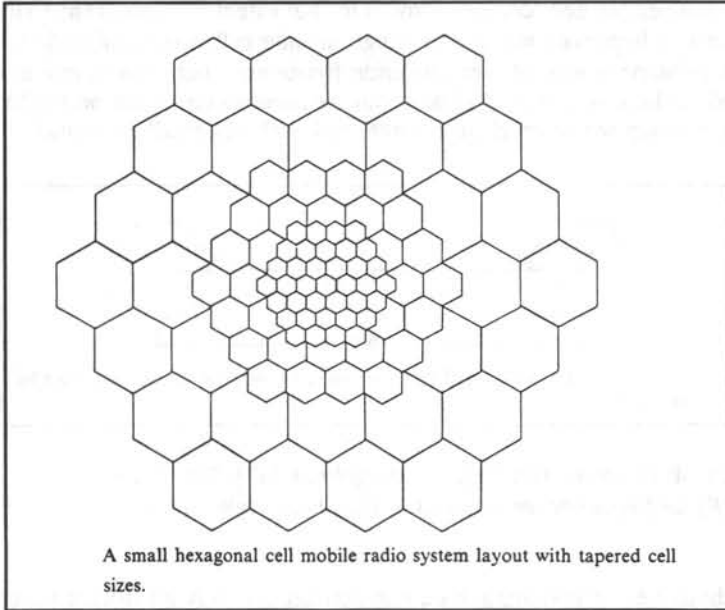
Figuur 4 schetst het verzorgingsgebied van een zender in **A** bij storing veroorzaakt door een zender in **B**. Als we geen rekening houden met plaatselijke fluctuaties van de ontvangen vermogens, dan bedraagt de (gemiddelde) signaal-stoorverhouding in punt P [13]

$$C/I = \left(\frac{R}{D-R} \right)^{-\beta}$$

Voor een protectieverhouding van $\alpha=36$ dB moet C/I tenminste 4000 bedragen. Met $\beta=4$ en voor zenders met identieke eigenschappen (P_p, g_p, h_t), volgt $D/R \approx 8$, hetgeen aansluit bij praktische waarden, hoewel de formele planningsmethodieken beduidend verfijnder zijn. In het net van lokale omroepen is $R \approx 5$ km en $D \approx 40$ km. Voor een exacte berekening van herhaal-afstanden, inclusief verrekening van de effecten van fading en meerdere storende zenders, verwijzen wij naar de betreffende aanbeveling van het CCIR [2]. Uit onze evaluatie (hier niet in detail uitgewerkt) kwam naar voren dat het net voor lokale omroep binnen een reikwijdte van ongeveer $R \approx 3,5$ km van de zender aan de internationale mono-CCIR norm voldoet. In het gebied tussen 3,5 en 5 km voldoet de ontvangstkwaliteit niet aan de internationale norm maar wel aan de afgezwakte Nederlands/Belgische normen voor kleinschalige radio [4].

Behalve de regelmatige cellulaire structuur zijn in de mobiele communicatie ook speciale gevallen bestudeerd: als het autotelefoonnet in bepaalde gebieden veel

intensiever gebruikt wordt dan elders kan 'cel splitting' of 'tapered cell sizes' worden toegepast [13]. Het idee hierachter is in Figuur 5 geïllustreerd.



Figuur 5: 'Tapered cell sizes'. In de mobiele communicatie worden meestal hexagonale cellen gebruikt terwijl voor omroep ruitvormige cellen worden gehanteerd. Bron: Jakes [13].

APPENDIX C: DEELSTUDIES

INLEIDING EN CONCLUSIES VAN DE DEELSTUDIES

Binnen het kader van deze korte studie is het niet mogelijk gebleken, uitgaande van beperkte beschikbare gegevens over bestaande omroepzenders en plannen voor nieuwe zenders, fundamenteel te onderzoeken welke alternatieven er bestaan voor een frequentietoewijzing in Amsterdam.

Wij beperken ons tot een studie van bekende restfrequenties, zoals door de frequentiebeheerder opgegeven. Uitgaande van deze gegevens wordt beschouwd of een van de restfrequenties kan worden gebruikt in Amsterdam.

Deelstudie C1 : Gebruik restfrequenties

In deze deelstudie zal worden aangetoond dat het onder bepaalde voorwaarden, technisch gezien mogelijk is om een (lokale) omroep gebruik te laten maken van een van de restfrequenties. Het verzorgingsgebied van de (lokale) omroep hoeft hierbij geen deelgebied te zijn van het verzorgingsgebied van de mogelijke zender op deze restfrequentie. Centraal staat het uitgangspunt dat niet het verzorgingsgebied van de (lokale) zender maar juist het geïntroduceerde stoorvermogen in het verzorgingsgebied van een andere zender van essentieel belang is voor de vraag of een frequentie al dan niet (her)gebruikt kan worden. Deelstudie 1 beschouwt de voorwaarden tot frequentiegebruik door een lokale omroep.

Deelstudie C2: Voorbeelden van mogelijk in Amsterdam te gebruiken (rest)frequenties

In deze deelstudie zal de mogelijkheid tot het gebruik van de restfrequenties 'Wieringermeer 102,5 MHz,' 's Gravenhage 101,2 MHz' en 'Gouda 90,7 MHz'⁶ nader worden onderzocht. Er wordt hierbij voortgebouwd op de in de eerste deelstudie beschreven algemene resultaten.

De **conclusie** van deelstudie C2a luidt:

voor een afstand groter dan 56 km van Wieringermeer (> 6 km van Amsterdam, direct buiten de stadsgrenzen) is het stoorvermogen van een laagvermogenszender in Amsterdam lager dan het stoorvermogen van een hoogvermogenszender in Wieringermeer. De storing die gelijke-kanaal of nabuurkanaal zenders op de bovengenoemde afstand van de

⁶ Strikt genomen is deze frequentie geen restfrequentie meer, aangezien het gebruiksdoel is toegewezen (regionale omroep). De frequentie is echter nog niet in gebruik genomen en mitsdien beschikbaar.

Amsterdamse zender ondervinden is minder dan die afkomstig van een mogelijke zender in Wieringermeer.

De **conclusie** van deelstudie C2b luidt:

voor een afstand groter dan 61.5 km van 's Gravenhage (> 11.5 km van Amsterdam) is het stoorvermogen van een laagvermogenszender in Amsterdam lager dan het stoorvermogen van een hoogvermogenszender in 's Gravenhage. De storing die gelijke-kanaal of nabuurkanaal zenders op de bovengenoemde afstand van de Amsterdamse zender ondervinden is minder dan die afkomstig van een mogelijke zender in 's Gravenhage.

De **conclusie** van deelstudie C2c luidt:

voor een afstand groter dan 60.5 km van Gouda (> 20.5 km van Amsterdam) is het stoorvermogen van een laagvermogenszender in Amsterdam lager dan het stoorvermogen van een hoogvermogenszender in Gouda. De storing die gelijke-kanaal of nabuurkanaal zenders op de bovengenoemde afstand van de Amsterdamse zender ondervinden is minder dan die afkomstig van een mogelijke zender in Gouda.

Voorzover bekend zijn er geen verzorgingsgebieden van andere zenders gelegen binnen de beschreven gebieden waar storingen door een lokale omroep zender groter zouden zijn dan in het geval van een 'mogelijke' zender, zoals opgegeven in het bestand van restfrequenties met 'mogelijke zenders' [12].

DEELSTUDIE C1: GEBRUIK RESTFREQUENTIES

Een lokale omroep zou onder de volgende voorwaarden gebruik kunnen maken van een van de restfrequenties, ook al komen de lokaties van de lokale-omroepzender en de 'mogelijke zender' niet exact overeen:

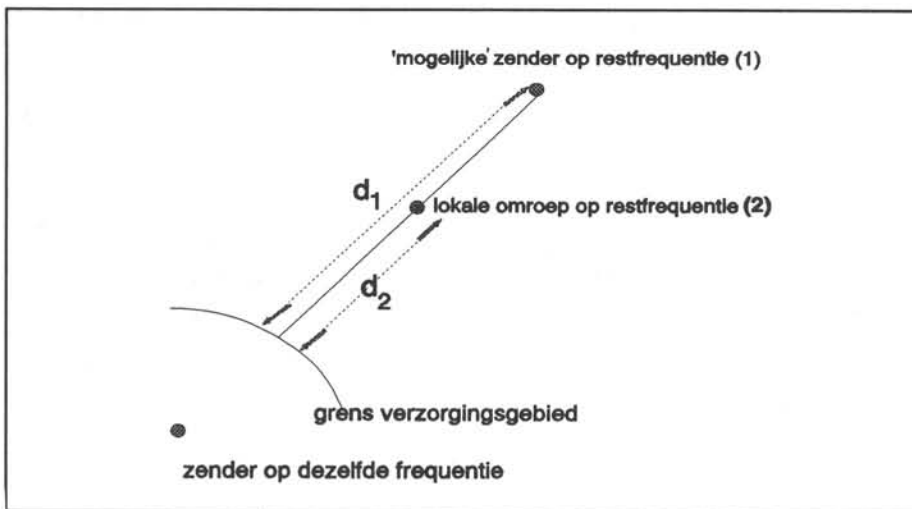
- (1) de gelijke-kanaalstoring ('co-channel interference') veroorzaakt door de lokale omroep is kleiner of gelijk aan de gelijke-kanaalstoring die veroorzaakt wordt door een mogelijke zender die op de betreffende restfrequentie werkt. Restfrequenties en de effectieve vermogens van de op deze frequenties toegestane zenders, de zogenaamde 'mogelijke' zenders, staan vermeld in [12];
- (2) de nabuur-kanaalstoring ('adjacent channel interference') veroorzaakt door de lokale omroep is kleiner of gelijk aan de nabuur-kanaalstoring die veroorzaakt wordt door een 'mogelijke zender' die op de betreffende restfrequentie werkt;

- (3) er mag geen storing ontstaan op andere radiodiensten (op andere frequenties), zoals bijvoorbeeld luchtvaartnavigatiesystemen.

De voorwaarden (1) en (2) betekenen dat de beschermde veldsterkte afkomstig van de lokale zender, berekend op de rand van het verzorgingsgebied van een gelijke- of nabuur-kanaalzender, kleiner of gelijk is aan die van de 'mogelijke' zender.

Om over (1) en (2) concrete uitspraken te kunnen doen, moeten de lokaties van de zenders die op gelijke- of nabuur-kanalen werken bekend zijn, evenals de grootte van de verzorgingsgebieden, zendvermogens, antennehoogtes en antenneversterkingsfactoren.

In deze deelstudie worden slechts algemene uitspraken gedaan. Uitgangspunt hierbij is de gegeneraliseerde situatie zoals geschetst in Figuur 6.



Figuur 6: Geografische opstelling van zender op restfrequentie en zender van lokale omroep en een gestoorde zender met verzorgingsgebied.

De lokale omroep kan van de restfrequentie gebruik maken als het storend vermogen, veroorzaakt door deze lokale omroep, op de rand van een verzorgingsgebied van een gelijke-kanaal of nabuur-kanaal zender kleiner of gelijk is aan het storend vermogen van een 'mogelijke zender'. Aan deze norm kan worden voldaan ook als de lokale zender dichterbij is opgesteld dan de 'mogelijke zender' ($d_2 < d_1$). Indien er tevens geen andere radiodiensten gestoord worden, zijn er storingstechnisch gezien, geen argumenten om de lokale omroep het gebruik van restfrequenties te ontzeggen.

Op de betreffende rand moet dus gelden dat het geïntroduceerde stoorvermogen door de lokale omroep $P_r(2)$ kleiner is dan of gelijk is aan het vermogen $P_r(1)$ van een 'mogelijke zender', dus als

$$P_r(2) \leq P_r(1).$$

Invullen in het propagatie-model (3) geeft:

$$P_{12} g_{12} \left(\frac{h_{12} h_r}{d_2^2} \right)^2 \leq P_{11} g_{11} \left(\frac{h_{11} h_r}{d_1^2} \right)^2$$

waarin index 1 de 'mogelijke' zender aanduidt en index 2 de lokale omroep. In deze studie stellen we de ontvangstinstallatie (uitgedrukt in de parameters h, g_r) voor de situatie zender in Wieringermeer en zender in Amsterdam gelijk: immers het gaat erom de stoorvermogens buiten het verzorgingsgebied te laten voldoen aan de ontvangstnormen voor landelijke omroep. Het verschil in kwaliteitsnormen voor landelijke en lokale omroep binnen het verzorgingsgebied doet voor het bepalen van de stoorniveaus niet terzake. Derhalve kan dit vereenvoudigd worden tot:

$$P_{12} g_{12} \left(\frac{h_{12}}{d_2^2} \right)^2 \leq P_{11} g_{11} \left(\frac{h_{11}}{d_1^2} \right)^2 \quad (5)$$

Indien derhalve het vermogen van de lokale omroep P_{12} , de antennehoogte h_{12} en de antennewinst g_{12} voldoende klein zijn, dan is het storend vermogen van de lokale omroep op de rand van een verzorgingsgebied van een gelijke-kanaal of nabuurkanaal zender, kleiner of gelijk aan het storend vermogen van een 'mogelijke zender'. Als er tevens geen andere radiodiensten gestoord worden, zijn er, uit storingstechnisch oogpunt bekeken, geen argumenten om de lokale omroep het gebruik van restfrequenties te ontzeggen.

Daarnaast dient nog te worden beschouwd of de (laagvermogens)zender binnen het verzorgingsgebied (c.q. in Amsterdam) daadwerkelijk de ontvangstkwaliteit biedt die voldoet aan de normen voor ontvangst van lokale omroep. Hiervoor zijn nadere gegevens benodigd over de zenders die storingen kunnen veroorzaken. Wel is bekend dat de verzorgingskwaliteit van een zender op de opgegeven restfrequenties zal voldoen aan de CCIR-normen voor ontvangst van landelijke omroep. Met soortgelijke redeneringen als hierboven kan dan naar alle waarschijnlijkheid aannemelijk worden gemaakt dat een lokale zender in Amsterdam zal voldoen aan de aanmerkelijk lagere normen voor ontvangst van lokale omroep.

DEELSTUDIE C2: VOORBEELDEN VAN MOGELIJK IN AMSTERDAM TE GEBRUIKEN (REST)FREQUENTIES

ALGEMEEN

Uitgaande van de in C1 beschreven resultaten onderzoeken we nu of het technisch mogelijk is om voor het beoogde verzorgingsgebied van SALTO een laagvermogenszender van 100W of meer in Amsterdam te plaatsen die gebruik maakt van een van de genoemde (rest)frequenties, zonder dat dit tot meer storing in naburige gebieden leidt dan wanneer er vanuit een van de bovengenoemde lokaties gebruik wordt gemaakt van een zender waarvan het vermogen aldaar is toegestaan, de zogenaamde 'mogelijke zender'.

GEOGRAFISCHE PLANNING OMROEPZENDERS

Strikt genomen moet bij de geografische planning van omroepzenders rekening gehouden worden met de volgende twee gebieden:

1. Verzorgingsgebied

Binnen dit gebied wenst men ontvangst met een vastgestelde (acceptabele) kwaliteit.

2. Interferentiegebied

Buiten dit gebied moet het ontvangen vermogen van de zender tot een vastgestelde waarde gedaald zijn om interferentie met andere zenders, die op dezelfde frequentie of frequenties dicht in de buurt daarvan werken, in naburige gebieden te vermijden. Het moge duidelijk zijn dat een frequentie eerder hergebruikt kan worden naarmate de gebruikte zendvermogens kleiner zijn.

De hier gebruikte definities van beide gebieden impliceren dat het verzorgingsgebied kleiner is dan het interferentiegebied.

GEBRUIK RESTFREQUENTIE DOOR SALTO

De centrale vraag m.b.t. het gebruik van genoemde restfrequentie door SALTO kan nu als volgt geformuleerd worden:

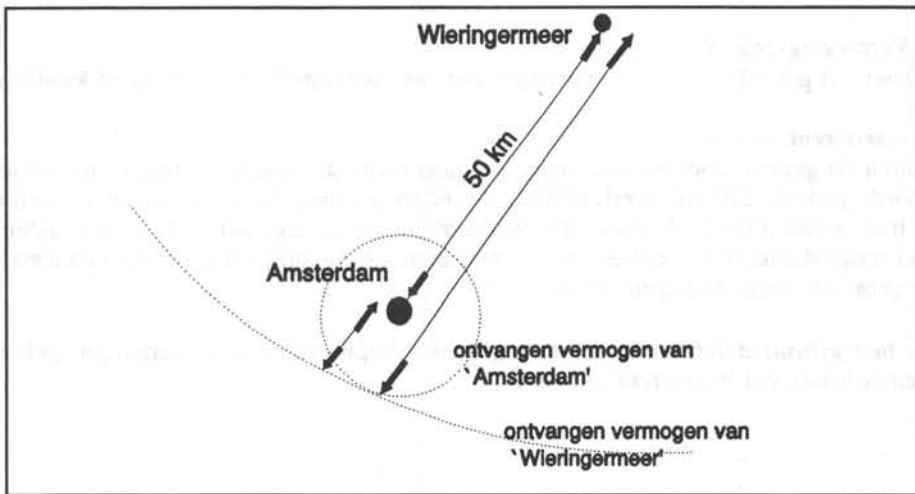
Op welke afstand van de betreffende lokatie (Gouda, 's Gravenhage of Wieringermeer) is het stoorvermogen veroorzaakt door een laagvermogenszender in Amsterdam lager dan wanneer met een hoogvermogenszender vanuit een van de drie genoemde plaatsen gezonden wordt. Indien blijkt dat deze afstand binnen het interferentiegebied van de betreffende zender ligt, kan geconcludeerd worden dat er

vanuit het oogpunt van interferentie geen bezwaar is tegen een laagvermogenszender in Amsterdam.

DEELSTUDIE C2a: SALTO/ WIERINGERMEER GEGEVENS

Voor het uitvoeren van berekeningen volgens het voorgestelde propagatiemodel wordt uitgegaan van de volgende gegevens.

- zendlocatie Wieringermeer: Zendvermogen $P_{11} = 50$ kW ERP
 Zendfrequentie 102,5 MHz
 Antennehoogte $h_{11} = 141$ m
- zendlocatie Amsterdam : Zendvermogen $P_{12} = 100$ W ERP
 Zendfrequentie idem
 Antennehoogte $h_{12} = 38$ m
- de afstand Amsterdam-Wieringermeer bedraagt 50 km.



Figuur 7: *Geografische opstelling van 'mogelijke' zender op restfrequentie Wieringermeer en zender van lokale omroep Amsterdam en een gestoorde zender met verzorgingsgebied.*

Er wordt uitgegaan van de situatie zoals geschetst in figuur 1. Alleen op de rechte doorgetrokken vanuit Wieringermeer en Amsterdam wordt het ontvangen vermogen in beide situaties berekend en met elkaar vergeleken omdat dit een 'worst case' situatie voorstelt.

RESULTAAT

Met bovenstaande gegevens en propagatiemodel en gebruik makend van de in deelstudie C1 beschreven methode, is het volgende resultaat gevonden:

voor een afstand groter dan 56 km van Wieringermeer (> 6 km van Amsterdam, direct buiten de stadsgrenzen) is het stoorvermogen van een laagvermogenszender in Amsterdam lager dan het stoorvermogen van een hoogvermogenszender in Wieringermeer. De storing die gelijke-kanaal of naburkanaal zenders op de bovengenoemde afstand van de Amsterdamse zender ondervinden is minder dan die afkomstig van een mogelijke zender in Wieringermeer.

Het is zeer waarschijnlijk dat ook een lokale zender met beduidend groter vermogen opgesteld kan worden in Amsterdam waarmee de gehele gemeente kan worden bestreken. Voorzover kon worden nagegaan zijn er binnen de landsgrenzen geen omroepzenders die ernstige storing zouden kunnen ondervinden van een zender op 102,5 MHz in Amsterdam. Indien we veronderstellen dat eerst aan de grens met België aan een norm voor maximale stoorniveau's moet worden voldaan, vinden we de volgende uitgangspunten:

- zendlocatie Wieringermeer: Zendvermogen $P_{11}=50$ kW ERP
 Antennehoogte $h_{11}=141$ m
- zendlocatie Amsterdam: Zendvermogen P_{12} te bepalen
 Antennehoogte $h_{12}=141$ m of minder.
- de afstand Wieringermeer-Belgische grens $d_1=150$ km.
- de afstand Amsterdam-Belgische grens $d_2=100$ km.

Uitgaande van propagatiemodel (2), mag het zendvermogen in Amsterdam tot 10 kW bedragen, alvorens er meer storing door de lokale omroep wordt veroorzaakt dan door de 'mogelijke zender', volgens

$$P_{r2} < \left(\frac{100 \text{ km}}{150 \text{ km}} \right)^4 50 \text{ kW} \approx 10 \text{ kW}$$

Het verdient te worden opgemerkt dat het gepostuleerde propagatiemodel (3) in deze vergelijkende studie juist worst-case (pessimistische) resultaten voor de toelaatbare stoorvermogens oplevert. Andere propagatiemodellen suggereren veelal een ietwat geringere afname van het ontvangen stoorvermogen dan een vierde macht ($\beta < 4$). In dat geval zou ook een groter zendvermogen dan 10 kW in Amsterdam toelaatbaar kunnen zijn, mogelijk zelfs bijna 50 kW.

DEELSTUDIE C2b: SALTO/ 's GRAVENHAGE**GEGEVENS**

- zendlocatie 's Gravenhage: Zendvermogen $P_{11}=10$ kW ERP
 Zendfrequentie 101,2 MHz
 Antennehoogte $h_{11}=111$ m
- de afstand Amsterdam- 's Gravenhage bedraagt 50 km.

Met behulp van de in deelstudie C1 beschreven methode, is het volgende resultaat gevonden:

voor een afstand groter dan 61.5 km van 's Gravenhage (> 11.5 km van Amsterdam) is het stoorvermogen van een laagvermogenszender in Amsterdam lager dan het stoorvermogen van een hoogvermogenszender in 's Gravenhage. De storing die gelijke-kanaal of nabuurkanaal zenders op de bovengenoemde afstand van de Amsterdamse zender ondervinden is minder dan die afkomstig van een mogelijke zender in 's Gravenhage.

DEELSTUDIE C2c: SALTO/GOUDA**GEGEVENS**

- zendlocatie Gouda: Zendvermogen $P_{11}=1995$ W ERP
 Zendfrequentie 90,7 MHz
 Antennehoogte $h_{11}=75$ m
- de afstand Amsterdam-Gouda bedraagt 40 km.

Met behulp van de in deelstudie C1 beschreven methode is het volgende resultaat gevonden:

voor een afstand groter dan 60.5 km van Gouda (> 20.5 km van Amsterdam) is het stoorvermogen van een laagvermogenszender in Amsterdam lager dan het stoorvermogen van een hoogvermogenszender in Gouda. De storing die gelijke-kanaal of nabuurkanaal zenders op de bovengenoemde afstand van de Amsterdamse zender ondervinden is minder dan die afkomstig van een mogelijke zender in Gouda.

LITERATUURVERWIJZINGEN

- [1] J. Bliet, "Radio en internationale regelgeving", PTT Telecom Studieblad, Nr. Maart 1991, pp.162-179.
- [2] Report 944, "Theoretical Network Planning", Recommendations and Report of the CCIR, Broadcasting Service (Sound), Vol. X-1, XVIth Plenary Assembly CCIR Dubrovnik, 1986.
- [3] H. Eden, "Frequency planning methods for sound and television broadcasting", Telecommunication Journal, Vol. 53, No 1, Januari 1986, pp. 30-47
- [4] J. Doeven, "Frequentieplanning van lokale radiostations in Nederland" (in Dutch), Het PTT-bedrijf, December 1986, Vol. XXIV, No. 1-4, pp. 11-21.
- [5] R.G. Struzak, "Optimum frequency planning: a new concept", Telecommunication Journal, Vol. 49, No 1, Januari 1982, pp. 29-36.
- [6] T.A. Prosch, "A possible frequency planning method and related model calculations for the sharing of VHF band II (87.5-108 MHz) between FM and DAB (Digital Audio Broadcast) systems", IEEE Trans. on Broadcasting, Vol. BC-37, No. 2, June 1991, pp. 55-63.
- [7] J. Boot et al., "Planning van mobiele communicatienetten Deel 1: van handbedrijf naar geautomatiseerd proces", PTT Telecom Studieblad, No. 11, November 1990, pp. 551-558.
- [8] NOZEMA, "Rapportage NOZEMA-experiment lokale radio-omroep", 13 Oktober 1987.
- [9] T. O'Leary and J. Rutkowski, "Combining multiple interfering field strengths: the simplified multiplication method and the physical and mathematical basis", (EBU) Telecommunication Journal, Vol. 49, 1982, XII, pp. 823-831.
- [10] Report 945-1, "Methods of assessment for multiple interference", Recommendations and Reports of the CCIR, Broadcasting Service (Sound), Vol. X-1 XVIth Plenary Assembly (Dubrovnik) International Radio Consultative Committee (CCIR), I.T.U.
- [11] Recommendation 412, "Planning standards for FM sound broadcasting at VHF", and Recommendation 638, Recommendations and Reports of the CCIR, Broadcasting Service (Sound), Vol.X-I, XVIth Plenary Assembly (Dubrovnik) International Radio Consultative Committee (CCIR), I.T.U.
- [12] Afdeling O.T., "Rapport NOZEMA 2000", RvB 89\33 rev 1, 23 mei 1990.

- [13] W.C. Jakes, "Microwave Mobile Communications", John Wiley and Sons, New York, 1978.
- [14] Commissariaat voor de Media, "Brief aan SALTO omroep Amsterdam met als onderwerp zendtijddeling", ZTZ/BK/1631, 10 April 1991
- [15] J.J. Egli, "Radio Propagation Above 40 MC/s over Irregular Terrain", Proc. IRE, Oct. 1957, pp.1383-1391.
- [16] Recommendation 370, " VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz", Recommendations and reports of the CCIR, Vol.V, XVIth Plenary Assembly (Dubrovnik) International Radio Consultative Committee (CCIR), I.T.U.
- [17] K. Bullington, "Radio propagation at frequencies above 30 Megacycles", Proceedings of the I.R.E., Waves and Electrons Section, Vol. 35, October 1947, pp. 1122-1127.
- [18] P.A. Ratliff, "EBU/DAB Studies for a new digital sound radio broadcasting system - CD quality for mobiles", in Proceedings "First Electronic Media Symposium, New Horizons in Electronic Media", International Telecommunications Union I.T.U., 4-7 October 1989, Geneva, pp. 377-384.
- [19] J. Wood and J. Wase, "Audio Processing for Radio", Broadcast Systems Engineering, October 1987, pp. 10-12.
- [20] J.P.M.G. Linnartz, "Dynamiek-compressie bij FM-radio" Soundcheck, April/Mei 1990, Vol.8, No. 2, pp. 42-44.
- [21] J.P.M.G. Linnartz, "De rol van de radio in de schaduw van het succes van de televisie" (in Dutch), Informatie en Informatiebeleid, *i&i*, ISSN 0167-9740, Vol. 8, No. 4, Winter 1990, pp. 29-36.
- [22] Q. Howard, "Portable recorders for radio", Broadcast Systems Engineering, September 1988, pp. 60,62,64.
- [23] Mediaraad, "Advies inzake de nabije toekomst van de landelijke publieke radio", Nr. 5471-III-C-1, 31-10-1991.
- [24] J.C. Arnbak, J.J. van Cuilenburg en E.J. Dommering, "Verbinding en Onvlechting in de Communicatie", 1990, ISBN 90-71894-15-0.
- [25] J.C. Arnbak, J.J. van Cuilenburg en E.J. Dommering, "De Openbare Elektronische Informatievoorziening, Achtergrondstudies voor het project Lange Termijn Mediaplanning LTMP", 1991, ISBN 90-71894-193.

- [26] "Verslag van de Delegaties van het Koninkrijk der Nederlanden naar de Regionale Administratieve Radio Conferentie voor de FM-geluidsomroep in de VHF-band in Regio 1", Centrale directie PTT-Afdeling IZTNZ, 's Gravenhage, Juni 1985, p. 29 en 97.
- [27] A.J.J. Meuleman, afstudeerverslag in voorbereiding, 1992,
- [28] "Informatie 'Lokale Omroep'", brochure uitgegeven door de HDTP.
- [29] J.P.M.G. Linnartz, "Effects of fading and interference in narrowband land-mobile networks", proefschrift, T.U. Delft, 19 december 1991, ISBN 90-9004491-4.

DE AUTEURS

Jean-Paul M.G. Linnartz studeerde in 1986 met lof af aan de Technische Universiteit Eindhoven. Zijn afstudeerwerk betrof radionetwerken voor mobiele datacommunicatie.

Gedurende 1987 tot 1988 werkte hij bij het Fysisch en Elektronisch Laboratorium FEL-TNO te Den Haag aan een propagatiemodel ten behoeve van geautomatiseerde frequentietoewijzingen voor militaire tactische straalverbindingen in het ZODIAC-netwerk.

In 1988 werd hij Universitair Docent in de Vakgroep Telecommunicatie en Verkeersbegeleidingssystemen (TVS) aan de Technische Universiteit Delft. In juli 1991 werd hij benoemd als Assistant Professor in de radiocommunicatie aan de University of California at Berkeley (U.S.A.). Tot januari 1992 zal hij echter verbonden blijven aan de T.U. Delft om er zijn dissertatie af te ronden over de prestatie en spectrale efficiëntie van mobiele netten en de invloed van kanaalfading en interferentie hierop.

Gedurende zijn studietijd was hij zowel op programma-inhoudelijk als organisatorisch vlak betrokken bij lokale omroepen in Delft, Geleen en Bilzen (België). In 1984-1986 was hij op free-lance basis werkzaam voor de Regionale Omroep Zuid. In 1990/1991 schreef hij een serie artikelen over de technische aspecten van radioprogramma's in het vakblad 'Soundcheck'.

Ton A.J.J. Meuleman studeerde in 1984, onder toekenning van het predikaat 'met genoegen', af aan de Koninklijke Militaire Academie te Breda, alwaar hij de opleiding gevolgd heeft tot officier bij de Koninklijke Landmacht voor het wapen van de Verbindingsdienst. Zijn afstudeerwerk betrof 'frequency hopping'-radio's in de HF-band in het kader van Electronic Counter Measures (ECM) en Electronic Counter Counter Measures (ECCM).

Van medio 1984 tot medio 1989 vervulde hij diverse functies binnen het Wapen van de Verbindingsdienst o.a. bij eenheden die zorg dragen voor gedeelten van het Legerkorps-rayonverbindingstelsel.

Van september 1989 tot september 1992 studeert hij elektrotechniek aan de Technische Universiteit Delft om na zijn studie toe te treden tot het Dienstvak van de Technische Staf van de Koninklijke Landmacht.

In September 1992 hoopt hij bij de Vakgroep Telecommunicatie en Verkeersbegeleidingssystemen (TVS) af te studeren op een onderzoek naar een marktmechanisme voor aardse omroepstreeffrequenties en de daarmee samenhangende mogelijke methoden van prijsstelling.



