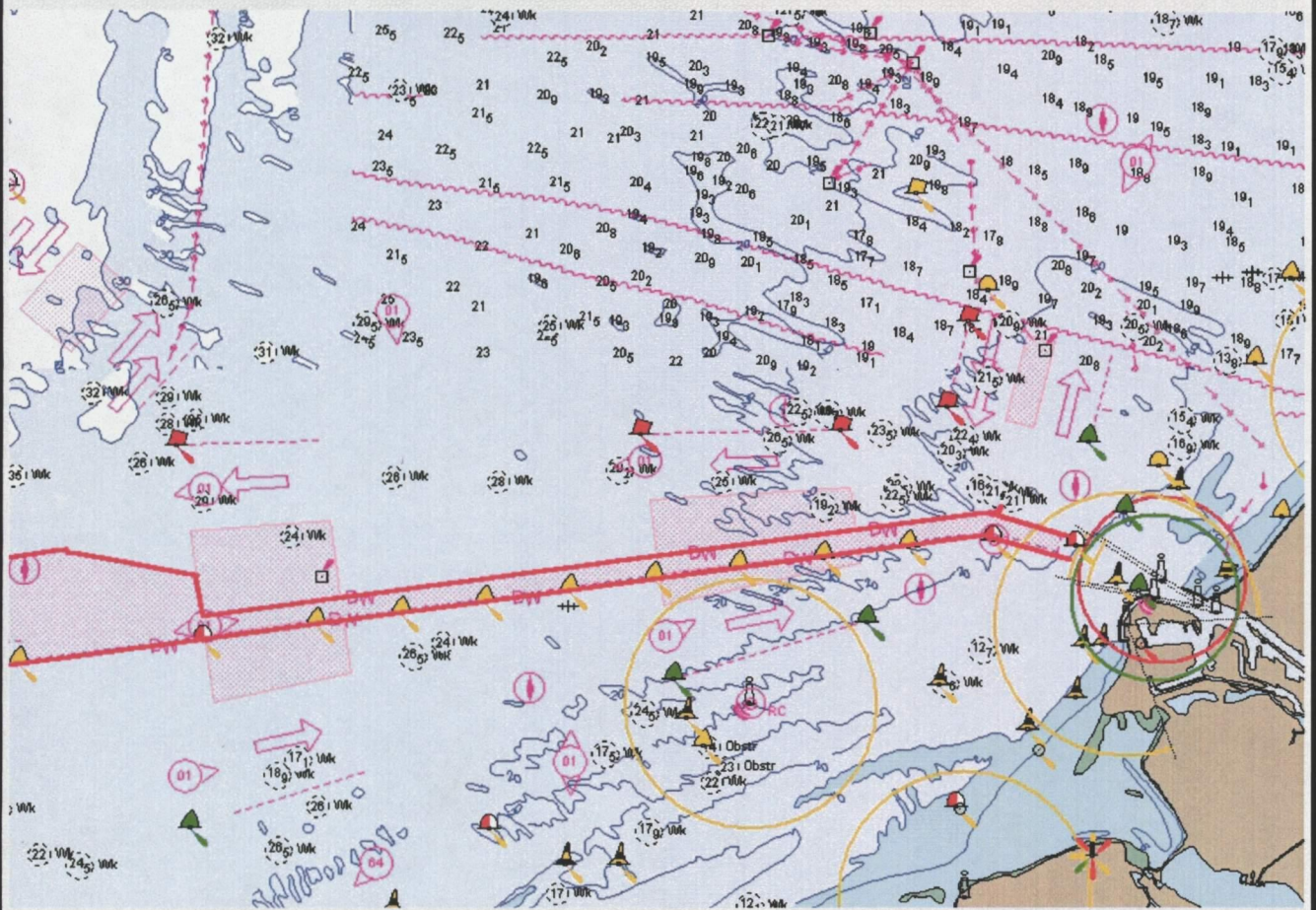


DI: 134401

Informatiecentrum
Rijkswaterstaat
Meetkundige Dienst

20 JAN 2003

GPS RFI inventarisatie Euro- Maasgeul



m20 gam- 9737

MDR 806 MD

GPS RFI inventarisatie Euro- Maasgeul

ofwel

RADIO FREQUENTIE INTERFERENTIE ASPECTEN

bij het gebruik van

TWEE FREQUENTIE GPS ONTVANGERS in RTK/OTF mode

voor activiteiten in de Euro- Maasgeul

	auteur versie 1.0 :	Dhr. Ir. P. G. Sluiter
	projectnaam :	EUROSUB40
	projectnummer :	8249A
	fase :	RFI inventarisatie
	opdrachtgever :	RWS dir. Noordzee Ir. R. Langen
versie :	1.94	Rijkswaterstaat
documentnaam :	RFI-TOTAAL.DOC	Meetkundige Dienst
datum afdruk :	6 juni 1997	Mariene Geodesie
	rapportnummer :	MD/GAM/9737

INHOUDSOPGAVE:

1. MANAGEMENT SAMENVATTING.-----	5
2. CONCLUSIES.-----	6
3. INLEIDING.-----	7
3.1. Plaatsbepalingsmethode.-----	7
3.2. Onderzoeksmethode.-----	7
3.3. Radiostoringen.-----	7
3.4. Leeswijzer-----	7
4. FREQUENTIE TOEWIJZINGEN-----	9
4.1. Internationaal.-----	9
4.2. In Nederland.-----	9
5. SPECIFICATIES VOOR GPS ONTVANGERS.-----	10
5.1. Algemeen.-----	10
5.2. Ontvanger ontwerp.-----	10
5.3. Specificaties.-----	10
6. STORINGSBRONNEN GPS ONTVANGERS-----	12
6.1. Algemeen.-----	12
6.2. Radio-uitzendingen nabij de GPS banden.-----	12
6.3. Packetradio Werkgroep Nederland. (PWGN).-----	12
6.4. Harmonische frequenties.-----	13
6.5. Out-of-band frequenties en intermodulaties.-----	15
7. STORINGSBRONNEN RADIOLINK-----	16
7.1. Vereisten.-----	16
7.2. Frequentie.-----	16
7.3. Onderzoeksprocedure.-----	16
8. RADIOZENDERS IN HET EURO-MAASGEUL GEBIED-----	17
9. VOORGESTELD MEETPROGRAMMA-----	19

BIJLAGE I: VERKLARING VAN RADIOTECHNISCHE TERMEN-----	21
BIJLAGE II: GLOBALE INDELING FREQUENTIES IN NEDERLAND-----	29
BIJLAGE III: TWEE-FREQUENTIE GEODETISCHE ONTVANGERS. -----	34
BIJLAGE IV: Interlinkverbindingen packetnetwerk (23cm+) -----	35
BIJLAGE V: ASPECTEN VAN DE DATALINK-----	37
BIJLAGE VI: CONTACTEN OVER RFI -----	38
BIJLAGE VII: SAMENVATTING VAN RFI ASPECTEN UIT GESELECTEERDE ARTIKELEN-----	39
BIJLAGE VIII: LITERATUURLIJST OVER RFI BIJ GPS -----	41

1. MANAGEMENT SAMENVATTING.

Directie Noordzee van het Ministerie van Verkeer en Waterstaat is belast met waterdieptemetingen t.b.v. de toegang tot Rotterdam voor schepen met grote diepgang; de "Euro-Maasgeul". Het ligt in de bedoeling om voor de plaatsbepaling GPS te gaan gebruiken. De beoogde meetmethode vereist de ontvangst van radiosignalen op twee GPS frequenties en van een datalink vanaf vaste locaties.

Dit rapport onderzoekt het risico dat een dergelijke meting door legale radio-uitzendingen gestoord zal worden. Een concept specificatie voor de te gebruiken ontvanger wordt gegeven en tevens wordt voorgesteld om dit onderzoek met in-situ metingen aan te vullen.

Dit rapport is zodanig opgezet, dat de resultaten ook voor landtoepassingen en elders in Nederland zijn te gebruiken.

2. CONCLUSIES.

Een (radio)specificatie voor GPS ontvangers wordt voorgesteld.

Voor het te gebruiken type GPS ontvanger moet onderzocht worden in hoeverre aan deze specificatie wordt voldaan.

Het is waarschijnlijk dat twee-frequentie ontvangers ontvankelijker zijn voor storing, dan de reeds algemeen op schepen in gebruik zijnde „één-frequentie ontvangers.

Zendstations van het Packetradionetwerk Nederland zijn als mogelijke storingsbron voor GPS geïdentificeerd.

Metingen ter plaatse moeten uitwijzen of radiostoringen worden veroorzaakt door:

- Het Packetradionetwerk station in Hoek van Holland.
- De aan boord van het meetvaartuig gebruikte VHF (Marifoon), UHF (telefoon), HF radio's, Satcom, scheepsradar e.d.
- Walradar en radar op andere schepen.
- Andere lokale radio transmissies.

Dit alles geldt voor de ontvangst van GPS (zowel aan boord als op de vaste stations) en van de radiolink. Voor deze laatste dient dit vooral onderzocht op plaatsen waar de afstand tot de zender en de invloed van aardkromming het signaal verzwakken.

6. Een meetprogramma wordt voorgesteld om bovenvermelde zaken te onderzoeken.

De verwachting is dat een gecertificeerde GPS ontvanger geen hinder van storingen zal ondervinden, behalve misschien van storingsbronnen in de onmiddellijke omgeving (enige meters).

3. INLEIDING.

3.1. Plaatsbepalingsmethode.

De beoogde meetmethode maakt gebruik van fasemetingen op de draaggolven van de twee GPS frequenties (L1 op 1575.42 mhz en L2 op 1227.6 mhz) en staat bekend onder de naam RTK/OTF. Dit duidt aan dat posities in Real Time onder Kinematische omstandigheden (varend) worden berekend en dat de fasemeerduidigheden On The Fly, dus tijdens het varen worden opgelost. Voor dit laatste is een radiolink met een vast GPS station nodig (het

referentie station). Hiervoor is een zendvergunning nodig, die in principe alleen aangevraagd kan worden voor een frequentieband tussen 435 en 440 Mhz.

3.2. Onderzoeksmethode.

Voor het rapport is eerst een uitgebreid literatuur onderzoek gedaan. De geraadpleegde artikelen staan vermeld in bijlage (8). Voor sommige van deze publikaties is in bijlage (7) een korte samenvatting gegeven van voor dit onderzoek van belang zijnde zaken. Daarnaast is veelvuldig contact opgenomen met gebruikers die radio-uitzendingen verrichten in het betreffende gebied (zie bijlage (6) en met de instantie die zendmachtigingen uitdeelt, zijnde de Hoofd Directie van Telecommunicatie en Post (HDTP). Als potentiële kandidaat om metingen uit te voeren zijn besprekingen met de Faculteit der Elektrotechniek van de TU Delft gevoerd.

3.3. Radiostoringen.

In dit rapport wordt radiostoring aangeduid met RFI (= Radio Frequency Interference). Voor GPS kan RFI worden ingedeeld in drie categorieën, afhankelijk van haar frequentie t.o.v. de twee in 3.1. aangeduide centrale GPS frequenties, namelijk:

- in-band. Alles tot 10 Mhz ter weerszijden.
- near-band. Alles tussen 10 en 50 Mhz ervan verwijderd.
- out-of-band. Alle andere frequenties.

Het RFI onderwerp heeft voor GPS twee aspecten, t.w.:

- Het ontvanger-ontwerp en vooral de mate waarin dit de eventuele nadelige invloed van storingen beperkt. Een analyse van dit aspect is te vinden in hoofdstuk 5.
- De radiogolven die de GPS ontvangstantenne bereiken. Hierop wordt in hoofdstuk 6 nader ingegaan.

Tenslotte kan ook de overdracht van gegevens via de radiolink gestoord worden, vooral als de afstand tussen het meetvaartuig en het vaste GPS station groot wordt. Hiervoor wordt verwezen naar hoofdstuk 7.

3.4. Leeswijzer

Het volgende overzicht is bedoeld om het lezen van het rapport te vergemakkelijken.

Een redelijke basiskennis van in radiocommunicatie gebruikelijke terminologie is wenselijk. Daarom wordt hiervan in bijlage I. een korte samenvatting gegeven met speciale nadruk op GPS. Het is nuttig om dit eerst te lezen.

Hoofdstuk 4 behandelt algemene zaken betreffende frequentie toewijzingen.

In hoofdstuk 5 wordt een specificatie voorgesteld waaraan de te gebruiken twee-frequentie GPS ontvangers moeten voldoen voor wat betreft kwetsbaarheid voor radiostoringen. Dit voorstel is met redenen omkleed.

Hoofdstuk 6 gaat uitgebreid in op potentiële radiostoringsbronnen voor GPS in het algemeen en voor het Euro-Maasgeul gebied in het bijzonder.

In hoofdstuk 7 worden de speciale aspecten van de radiolink tussen mobiele en vaste GPS stations belicht.

Hoofdstuk 8 geeft een overzicht van radiosignalen in het EuroMaasgeul gebied, terwijl in hoofdstuk 9 de voornaamste

aandachtsgebieden voor een meetprogramma worden behandeld.

Meer gedetailleerde informatie wordt in de diverse bij dit rapport gevoegde bijlagen verstrekt. Verwijzingen naar de eveneens bijgevoegde literatuurlijst zijn aangeduid met vierkante haken, bv. [1].

4. FREQUENTIE TOEWIJZINGEN

4.1. Internationaal.

Het gebruik van radiofrequenties is grensoverschrijdend en is internationaal geregeld door de Internationale Telecommunicatie Unie (ITU). Deze heeft afspraken vastgelegd in Radio Regulations (RR) [1], die bij de toewijzingen op nationaal niveau in acht moeten worden genomen. De band van 1559-1610 mhz is toegewezen aan GPS (L1 frequentie), voor een gebied rond de L2 frequentie geldt een verzoek aan de lidstaten om deze zoveel mogelijk vrij te houden.

4.2. In Nederland.

In Nederland is de Hoofd Directie voor Telecommunicatie en Post (HDTP) belast met het verstrekken van zendmachtigingen en met het toezicht op de naleving van de voorwaarden. In grote lijnen ligt dit vast in het Nationaal Frequentie Verdelings Plan (NFVP) [2].

De gedetailleerde toewijzingen zijn aan veelvuldige verandering onderhevig. De uitgeverij van het tijdschrift "Verbindingen" (zie bijlage 6), tracht dit zoveel mogelijk bij te houden en biedt een overzicht ter verkoop aan op diskette. De medio 1996 versie hiervan is bij dit rapport gevoegd. Een samenvatting van de situatie zoals die in 1995 was staat in bijlage 2.

5. SPECIFICATIES VOOR GPS ONTVANGERS.

5.1. Algemeen.

Dit rapport belicht in hoofdzaak de ontvangers die voor RTK/OTF in aanmerking komen. Voor zover bekend zijn dit de in bijlage 3. vermelde typen.

Vrijwel al het tot nu toe in de literatuur gerapporteerde RFI-onderzoek was gericht op L1 ontvangers. Dit geldt met name voor het RTCA SC159 WG6 rapport [3] dat uitgebreid de RFI gevoeligheid van ontvangers voor de luchtvaart analyseert. Daarbij ligt uiteraard de nadruk op stoorbronnen die in een vliegtuig kunnen optreden. Toch is het concept RTCA rapport (versie september 1994; de definitieve versie wordt in het najaar van 1996 verwacht) als basis gebruikt voor dit onderzoek voor L1/L2 ontvangers.

5.2. Ontvanger ontwerp.

GPS signalen zijn zeer zwak; zie bijlage 1. Het is dus eenvoudig om deze te storen door "in-band" RFI, hoewel het ontwerp van de ontvangers erop is gericht om toch ook voor dit soort storingen een zekere protectie te hebben. Voor "near-band" RFI moet deze gevoeligheid snel afnemen tot een zeer laag niveau dat voor alle "out-of-band" moet blijven gelden.

Een onderzoek heeft aangetoond, dat er geen grote verschillen optraden tussen vier van de meest gangbare twee-frequentie ontvangers, voor wat betreft de "in-band" protectie. Maar voor wat betreft "near-band" en "out-of-band" lag dit heel anders.

Daarom is het wenselijk om specificaties op te stellen voor de ontvangers en door metingen te bevestigen dat daaraan wordt voldaan.

Uiteraard hangt aan ieder ontwerp een prijs. Hoewel verbeteringen in de toekomst mogelijk zijn, is hier als richtlijn genomen dat specificaties haalbaar moeten zijn met momenteel beschikbare en algemeen gebruikte ontvangers.

5.3. Specificaties.

RTCA geeft specificaties voor GPS ontvangers in vliegtuigen. Zij moeten "in-band" storingen van lager dan -140.5 dBW verwerpen. Voor een ongemoduleerde draaggolf (CW) is dit zelfs nog toleranter, nl. -150.5 dBW. Volgens [5], is de maximaal haalbare protectie veel beter. Voor een bepaald gespecialiseerd type ontvanger zoals bv. de L1/L2 geodetische ontvangers- is dat ca. -125 dBW. De reden voor dit grote verschil is vermoedelijk dat vliegtuig ontvangers in dynamische omstandigheden moeten werken. Dat betekent namelijk grotere variatie in de optredende Doppler verschuivingen, dus een grotere bandbreedte in het te meten signaal, wat weer grotere toegankelijkheid geeft voor stoorsignalen. Ook is de prijs van de ontvanger een factor en bovendien liggen de in een vliegtuig aanvaardbare risico's heel anders dan voor de in [5] gepostuleerde ontvanger. Immers, een grotere verwerping van "in-band" stoorsignalen gaat ook gepaard met grotere verwerping van het GPS signaal !! Dat kan o.a. tot gevolg hebben dat fouten in de decodering van de navigatieboodschap gaan optreden (de bit error rate), wat bij meetwerk wél, maar in de luchtvaart niet kan worden getolereerd.

Het onderzoek in [4] toont aan dat voor vier ontvangers de in [5] aangegeven protectie tegen "in-band" storingen wordt gehaald en soms zelfs overschreden; CW storingen van ca. -120 tot -130 dBW gaven nog goed bruikbare fasemetingen. Dit was echter voor satellieten boven 150, die een sterker signaal hebben dan het gespecificeerde minimum.

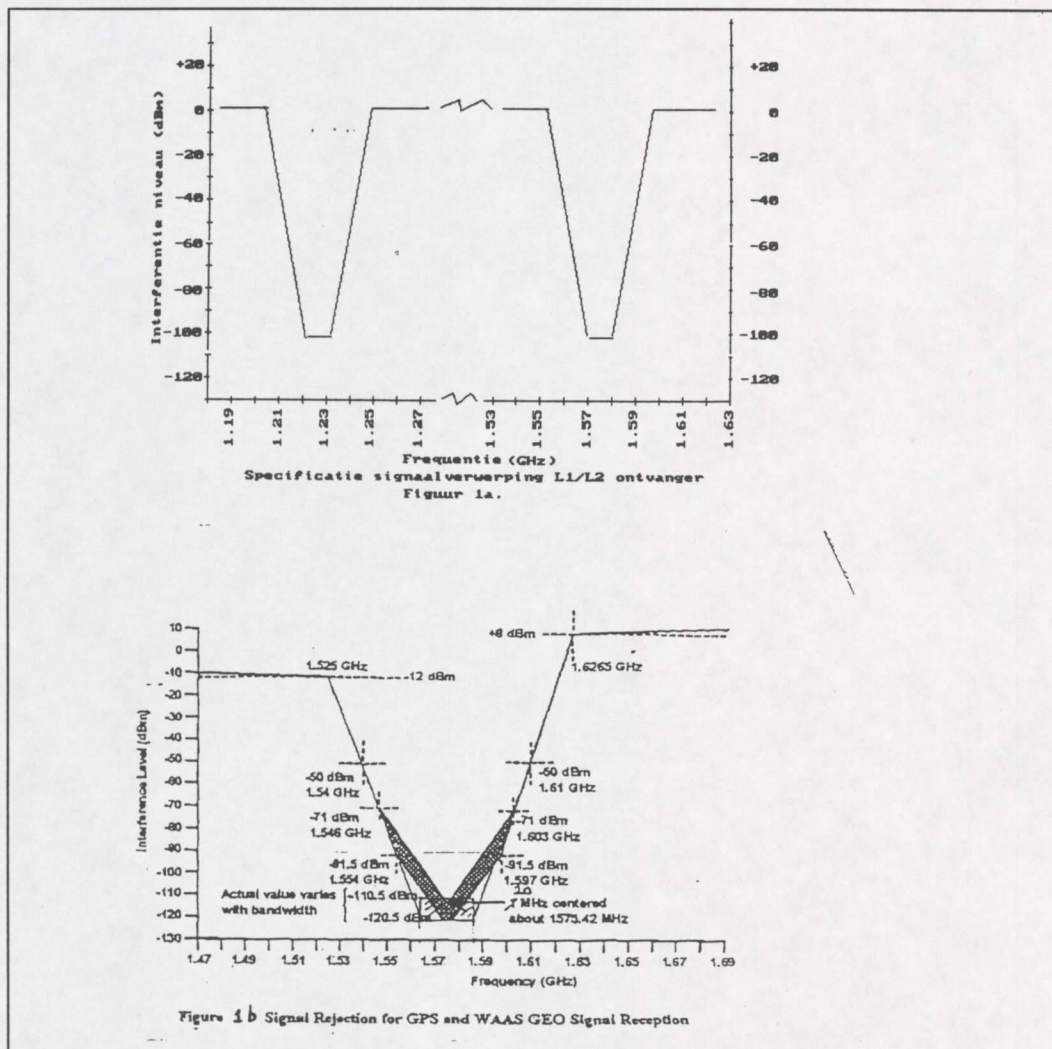
Maar buiten de GPS banden traden wel grote verschillen op, waarbij het vooral opviel dat diverse ontvangers het L1 signaal verloren door storingen op de L2 frequentie. Dit is vermoedelijk te wijten aan het feit dat de

antenne/preamp een zeer brede frequentieband doorlaat, wat in de verdere signaalverwerking onvoldoende wordt gecompenseerd.

In de "near-band" hadden drie van de vier ontvangers nog vrij veel last van storingen van ongeveer - 70 dBW, een niveau dat op sommige locaties in Nederland (met name bij Hoek van Holland), onder operationele omstandigheden optreedt. E,n ontvanger werd zelfs nog gestoord door een storingsniveau van -53 dBW in "out-of-band" frequenties.

Het mag dus zeker niet apriori worden aangenomen dat L1/L2 ontvangers een even grote RFI immuniteit zullen hebben als in het algemeen bij reeds op zee in gebruik zijnde L1 ontvangers het geval is. Vooral radio-uitzendingen op het schip kunnen wel eens ernstiger storingsbronnen blijken te zijn.

Om deze reden wordt voorgesteld om voor het werk in de EuroMaasgeul een specificatie te gebruiken zoals in grove lijnen in Figuur 1a is aangegeven. Deze is -blijkens onderzoeks- haalbaar voor momenteel te verkrijgen twee-frequentie ontvangers. Ter vergelijking geeft Figuur 1b de door RTCA voorgestelde specificatie. De figuur in bijlage 1 illustreert de relatie tussen de vermogensdichtheid, signaalsterkte, veldsterkte en J/S ratio, zoals die in de literatuur worden gebruikt. Dit maakt het eenvoudiger om de resultaten van diverse onderzoeken te vergelijken.



Uiteraard spelen nog veel andere factoren -zoals de beschikbare RTK/OTF software- een rol bij de keuze van een ontvanger. Maar aan RFI protectie moet in het licht van bij Hoek van Holland optredende storingen, een belangrijk gewicht worden toegekend.

6. STORINGSBRONNEN GPS ONTVANGERS

6.1. Algemeen.

Zowel de GPS antenne als de rest van de apparatuur kan onderhevig zijn aan radiostralingen. Dit laatste zal alleen het geval zijn voor zeer nabije storingsbronnen en hiervoor wordt aangenomen dat de gebruiker de mogelijkheid en autoriteit heeft om daar iets aan te doen. Dit rapport beperkt zich daarom in principe tot radiostraling die via de GPS antenne in de ontvanger komt.

Deze straling kan worden veroorzaakt door uitzendingen van derden maar ook van het meetvaartuig of referentiestation zelf.

Voor wat betreft de aard van de bron van de RFI wordt hier voorts het volgende onderscheid gemaakt:

- a. Transmissies op voor GPS "in-band" (en in mindere mate "nearband") frequenties.
- b. Transmissies waarvan een bepaalde component "in-band" terecht komt. Dit kan een harmonische van de fundamentele frequentie zijn, of valse ("spurious") signalen, of intermodulaties.
- c. Zeer krachtige of nabije zenders. Deze kunnen -onafhankelijk van hun zendfrequentie- het functioneren van de ontvanger ontregelen.
In het algemeen kan worden gesteld dat smalbandige signalen (bv. CW) meer storen dan breedbandige -gemoduleerde- signalen.

In deze analyse worden alleen legale transmissies beschouwd. Tegen andere storingen wordt door HDTP opgetreden, nadat een klacht is ontvangen.

Aan de hand van de volgende secties kan een lijst van potentiële stoorbronnen worden opgesteld.

6.2. Radio-uitzendingen nabij de GPS banden.

De L1 frequentie tussen 1559 en 1610 mhz zijn gereserveerd voor GPS, dus alleen slechte "near-band" of "out-of-band" protectie kan problemen opleveren. 1626-1645 mhz is toegewezen aan SATCOM (Inmarsat). Dit is meer dan 50 mhz van L1 verwijderd, maar het zijn wel krachtige transmissies, die -indien vanaf het schip uitgezonden- eventueel zouden kunnen storen.

De L2 is van 1215-1400 mhz gereserveerd voor radiolokatie radar systemen. Deze wordt o.a. gebruikt voor Air Route Surveillance Radar (ARSR; Traffic Control). Vermogens kunnen hoog zijn bv. 100 kW en zelfs 5 MW peakpower. In Nederland staat een zender in Herwijnen (bij Leerdam) die zendt op 1245.2, 1260.7 1305.2 en 1320.7 mhz. Dit is niet "in-band" en RFI kan bovendien alleen

optreden binnen de (beperkte) line-of-sight afstand, dus niet in de Euro-Maasgeul. Er is geen indicatie gevonden van toewijzingen in de L2 band in Nederland.

"Near-band" is de situatie ongunstiger. Behalve de reeds genoemde ARSR, is het gebied van 960-1215 mhz toegewezen aan Aeronautical Navigation (DME). Line Of Sight treedt in de EuroMaasgeul echter alleen op vanaf vliegtuigen en die zenden op frequenties lager dan 1150 mhz, zodat ze geen gevaar vormen.

De voornaamste "near-band" stoorbronnen liggen in de amateur-band tussen 1240 en 1300 mhz. Deze hebben bij Hoek van Holland al veel problemen opgeleverd voor L1/L2 ontvangers. Deze stoorbronnen zijn nader omschreven in de volgende paragraaf over de Packetradio Werkgroep Nederland.

6.3. Packetradio Werkgroep Nederland. (PWGN).

Over geheel Nederland ligt een packet-netwerk van ca. 23 interlink verbindingen (nodes), die uitwisseling van gegevens tussen radioamateurs verzorgen. Zij zenden zo'n 24 uur per dag uit (4800 baud en hoger). Ongeveer de helft zendt op 1240 en ontvangt op 1299 mhz, de rest juist omgekeerd. De meeste nodes hebben weer van 1 tot 3 "applicatie" stations, waarmee zij op dezelfde wijze communiceren. De uitgezonden

vermogens liggen vermoedelijk in de orde van 3 Watt, maar in de richting van de transmissie heeft de antenne een vrij hoge winst. Tenslotte zijn er (duizenden ?) amateurs, die gegevens met de nodes uitwisselen op frequenties in de buurt van 431 en 145 mhz. Zie bijlage 4.

Er staat zo'n node in Hoek van Holland, die vanaf de Hydro Meteo Controletoren op 1240 mhz uitzendt met gerichte bundels naar Noordwijk (Azimuth 30o), Papendrecht (107o) en Vlissingen (200o). Dit heeft veel problemen opgeleverd met diverse merken L1/L2 ontvangers en kan dit ongetwijfeld ook doen bij de monding van de Nieuwe Waterweg. Het vermogen (ERP) is volgens zeggen niet hoger dan 3 Watt; de antennewinst in de bundel ca. 10 dB. Een ontvanger die aan de specificaties van hoofdstuk 5 voldoet, ondervond geen hinder op een afstand van ca. 100 meter van de zendantenne, een andere ontvanger werd echter zelfs op meer dan 2 km afstand nog gestoord.

Verdere details over PWGN kunnen worden verkregen van M. v.d. Hoeven van Directie Noordzee (tel. 070-3366860).

Het Packet-netwerk is internationaal en staat bv. in Duitsland bekend onder de naam "Digipeater" netwerk. Zie [116], waar ERP's tot 25 Watt worden vermeld.

Voorts zijn er berichten dat er soms wedstrijden worden gehouden voor verbinding met Engeland op ca. 430 mhz met vermogens tot 300 Watt.

6.4. Harmonische frequenties.

De frequentietoewijzing vereist dat het vermogen van de harmonische minstens 60 dB lager moeten zijn dan in de fundamentele band. Hierdoor vormen alleen zeer hoge vermogens (bv. TV) en/of dichtbijstaande zenders (aan boord) een gevaar.

De volgende tabel geeft een overzicht van de voornaamste uitzendingen waarvan harmonischen op minder dan 25 mhz van de GPS banden liggen.

Harmonische.	Frequentie Mhz (bij L2)	Toepassing	Frequentie Mhz (bij L1)	Toepassing
Fund.	1202- 1252	Aeronav	1550- 1600	--
2de	601- 626	TV	775- 800	TV
3de	401- 417	Sat(meteo),Land	517- 533	TV
4de	300- 313	Leger	387- 400	Land
5de	240- 250	Leger	310- 320	Leger
6de	200- 209	TV	258- 267	Leger
7de	172- 179	Land, TV	222- 229	TV
8ste	150- 157	Marif.Semaf.Land	194- 200	TV
9de	134- 139	Aeronav,Leger	172- 177	Land, TV
10de	120- 125	Aeronav	155- 160	Marif.Semaf.Land
12-14	.	FM-radio	.	Aeronav

Voorts vallen van veel lagere frequenties hoge orde harmonischen in de GPS banden, zoals bv. transmissies tussen 5 en 108 mhz, waar o.a. FM radio zenders, TV stations, radioamateurs en militaire instanties zendvergunningen hebben.

De HF (2-4 mhz) scheepstelefonie radio's hebben zeer hoge orde harmonischen in de GPS banden en zenden vermoedelijk met ca. 400 Watt vermogen. Aan boord moet worden onderzocht of deze problemen opleveren.

Toelichting op de tabel:

TV: In Nederland komen alleen de volgende bij GPS banden: Lopik ; Kanaal 27; 519-525 mhz; 3de harmonische bij L1 Lopik ; Kanaal 4; 62- 68 mhz: 20ste harmonische bij L2 Markelo; Kanaal 7; 189-195 mhz; 8ste harmonische bij L1 Deze vormen geen risico in de Eurogeul, daar er anders al veel eerder problemen zouden zijn gerapporteerd dichtbij de zenders. Een proefmeting heeft getoond dat op 800 m van Markelo alles perfect werkte. In [6] wordt vermeld dat op 4 km van Lopik de spectrum analyser een signaal detecteerde op 1236 mhz van -107.5 dBW, wat een

harmonische van kanaal 4 zou kunnen zijn. Per kanaal geldt dat de laagste frequentie voor het beeldsignaal is en de hoogste voor het geluid.

Conversie van kanaal (N) naar frequentie in Nederland: Kanaal 4 = 62.25 mhz.

Kanaal 5-12 = $140.25 + N*7$ mhz.

Kanaal 21-60 = $303.25 + N*8$ mhz.

Leger: Van de militaire uitzendingen zijn locaties en uitgezonden vermogens niet openbaar, maar er zijn geen aanwijzingen dat interferentie met GPS ooit is opgetreden.

FM-radio: Hoewel de vermogens vrij groot kunnen zijn, is nooit enige storing bij zenders gerapporteerd.

Land : Dit zijn in het algemeen land mobiele toepassingen, zoals taxi en andere transporten, bouwbedrijven, emplacements, maar ook autotelefoon, trunking netten, Traxys data transmissie. De uitgezonden vermogens zijn vermoedelijk vrij laag, behalve misschien voor Traxys e.d.

Semafoon: Gebruikt voor paging. In [7] wordt storing in Beverwijk gerapporteerd. In Naaldwijk staat een vrij sterke zender die op 154.99, 159.99 en 164.25 mhz uitzendt. Bij Hoek van Holland zijn hiervan geen storingen geconstateerd.

Marifoon: Wordt gebruikt voor de verbinding tussen schepen en met de wal. Frequenties 156-158.05 mhz en 160.57-162.65 mhz. Op volle zee is het vermogen tot 25 Watt toegestaan, bij de kust worden schepen verondersteld dit naar 10 Watt terug te brengen.

Conversie van kanaal (N) naar frequentie in de lage band:

Kanaal 1- 30 - ?? : $156.0 + N* 0.05$ mhz. Kanaal 60- 89 - ?? : $156.025 + (N-60)* 0.05$ mhz.

RFI is gerapporteerd voor maritieme gebruikers in [108]. Moet onderzocht worden aan boord van een meetvaartuig.

Aeronav.: In de luchtvaart worden volgende frequenties gebruikt, met harmonischen bij de GPS banden:

ILS marker beacon : 75 mhz.

Communicatie : 118-137 mhz.

VOR en ILS-localizer : 108 -112 (-118?) mhz

DME en TACAN : 960-1215 mhz.

Airroute surveillance radar (ARSR): 1215-1350(-1400?) mhz.

Voor volledigheid hierna andere in de luchtvaart gebruikte frequenties:

Non Directional Beacons (NDB) : 190-415 en 510-535 kHz ILS Glide slope : 328-335 mhz.

Identificatie (Secondary Surveillance): 1030-1090 mhz. Airport surveillance radar (ASR) : 2700-2900 mhz.

Studie van het RTCA rapport [3], toont aan dat RFI in de Euro-Maasgeul door deze Aeronav toepassingen vrijwel zeker kan worden uitgesloten.

6.5. Out-of-band frequenties en intermodulaties.

Deze kunnen optreden door krachtige bronnen, dicht bij de GPS antenne (bv. radars). Voorts kan de "brute kracht" van zulke uitzendingen het functioneren van de amplifier (LNA) en de AGC e.d. geheel ontregelen. Dit moet onderzocht worden.

Voor wat betreft intermodulatie, kan uit [3] worden afgeleid dat alleen apparatuur binnen 5 meter van de antennes storend kan werken. Daar kunnen lokaal maatregelen tegen worden genomen.

7. STORINGSBRONNEN RADIOLINK

7.1. Vereisten.

Om real-time meting en berekening mogelijk te maken moet een twee-frequentie GPS ontvanger op een in coördinaten bekend station worden opgesteld. De daar verkregen metingen moeten naar het meetvaartuig worden overgeseind. Hiervoor moet een zendvergunning worden aangevraagd.

De benodigde hoeveelheid data en de snelheid van het proces vereisen een transmissiesnelheid van 9600 baud, dus een bandbreedte van ongeveer 25 kHz.

Enige aspecten die zijdelings verband houden met RFI staan in bijlage 5. vermeld.

7.2. Frequentie.

Het door HDTP gevoerde beleid is om voor dit doel een 25 kHz brede band ter beschikking te stellen tussen 435 en 440 mhz. Bij deze frequentie toewijzing worden meestal beperkingen opgelegd aan het toegestane vermogen (ERP), nl. 0.5 Watt. Ook wordt de hoogte van de zendantenne vaak beperkt tot 5 meter boven maaiveld. Dit zal het meetbereik beperken. Aan de grens van het bereik zal de signaalsterkte afnemen en de

ontvankelijkheid voor storingen worden vergroot.

Toewijzing voor de benodigde bandbreedte op een lagere frequentie lijkt onmogelijk. Voor transmissies vanaf een locatie op zee is het misschien mogelijk om toestemming voor een hoger vermogen en voor hogere antennes te krijgen. Bovendien zou antennewinst voor het meetgebied kunnen worden geïmplementeerd door gerichte zendbundels op het vaste station. Een gerichte antenne op het schip lijkt door de vele koerswijzigingen niet praktisch.

Volgens het frequentie verdelingsplan is de hele band tussen 430 en 440 mhz toegewezen aan radioamateurs. Maar in het deel tussen 435 en 440 mhz zouden zij een secundaire status hebben, hetgeen wil zeggen dat zij alleen op een non-interferentie basis zenden. Klachten van de primaire gebruiker worden dan door HDTP gehonoreerd.

Bij geruchte is vernomen dat er storingen op een datalink zijn voorgekomen door andere transmissies of door apparatuur aan boord. Voorts zijn er enige meldingen waarbij datalink uitzendingen met te hoog vermogen of van een te hoge locatie, landmobiele gebruikers hebben gestoord, waartegen door HDTP corrigerend is opgetreden.

Het is eventueel mogelijk om de data via Inmarsat over te zenden. Dit is duur en zou vermoedelijk een onaanvaardbare vertraging in de beschikbaarheid van de data tot gevolg hebben (enige seconden ?). Een andere mogelijkheid zou kunnen zijn een straalverbinding (40 GHz ?) te gebruiken, waar met meer energie en hogere antenne kan worden gewerkt, maar dan treedt weer het probleem van de noodzaak van gerichte ontvangst op. Beide alternatieven hebben bovendien het bezwaar dat ze niet standaard geïmplementeerd zijn voor RTK/OTF.

7.3. Onderzoeksprocedure.

In eerste instantie dient contact te worden opgenomen met HDTP over de frequentie toewijzing en de opgelegde beperkingen. Vervolgens is het raadzaam om locaties voor de vaste stations te selecteren en door proefuitzendingen vast te stellen of ontvangst in het meetgebied problemen oplevert. Hierbij moet vooral de nadruk vallen op het gebied aan de grens van het meetbereik.

8. RADIOZENDERS IN HET EURO-MAASGEUL GEBIED

Voor zover kon worden vastgesteld vinden in het Euro-Maasgeul gebied de volgende transmissies plaats. Er wordt geen aanspraak op volledigheid en juistheid gemaakt:

- a. Radiobakens (Amplidan) op 287.5 en 288 kHz; 50 Watt ? Ook een 410 kHz baken voor de helikopter.
 - b. Scheepstelefonie; MF en HF op 1.6 tot 5.6 mhz. O.a. 3.01 mhz voor het kustwachtvliegtuig en 5.645 voor de helikopter.
 - c. Amateur uitzendingen (Contest groep ??), vermoedelijk op 14, 18, 21, 24 en 28 mhz.
 - d. Golfmeetboeien ca. 30 mhz. Zeer laag vermogen.
 - e. Marifoon ca. 156-162 mhz. Tot 25 Watt.
 - f. Uitgifte waterhoogten (Directie Noordzee) 168.51 mhz.
 - g. Meetnet Noordzee Directie Noordzee 420.48, 429.48, 450.91 mhz. Ca. 3 Watt vermogen; gerichte transmissies.
 - h. Amateur uitzendingen Packet-netwerk. Op 144, 430, 1240 en 1299 mhz. Vooral op 430 kan het vermogen tot 300 Watt bedragen ?
 - i. Land mobiele toepassingen. Ca. 380-470 mhz. O.a. transportbedrijven, constructie, remote controle (havenlichten), ECT, MOT, raffinaderijen, autotelefoons, Traxys enz.
 - j. GSM telefonie enz., 860-960 mhz.
 - k. Satcom via Inmarsat aan boord van schepen. 1626-1646 mhz.
 - l. Scheepsradar; alleen 3 en 10 GHz??
 - m. Racon radiobakens op scheepsradar frequenties. Deze bakens relayeren de radarsignalen terug naar het schip.
 - n. Walradar 8940, 8988 en 8936 mhz. Verder landwaarts vanaf Hoek van Holland staan nog enige andere radars. Allen zenden de radarbeelden per telefoon of straalverbinding naar de verkeerscontrole van het Gemeentelijk Havenbedrijf.
 - o. Straalverbindingen 10.5, 11, 40 GHz.
 - p. Afstandsmonitoring havenlichten 460.16 mhz, 6 tot 20 Watt.
- Gezien de frequentie en het vermogen wordt verwacht dat een gecertificeerde GPS ontvanger alleen hinder zou kunnen ondervinden van transmissies in de onmiddellijke omgeving (enige meters) in de categorieën b, e, h, i, k en l.

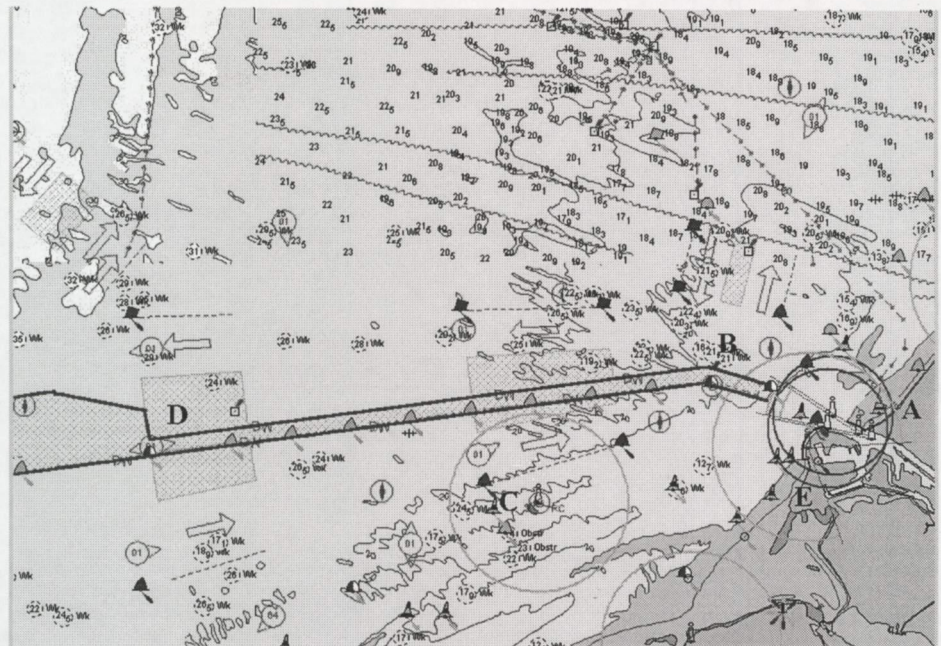
Hetzelfde geldt voor de datalink ontvanger.

De transmissies vinden vanaf de volgende locaties plaats (de kleine letters verwijzen naar de lijst in het begin van dit hoofdstuk, de hoofdletters naar de kaarten in figuur 2 en 3):

- A. Hydro Meteo Controle Centrum Rijnmond van Directie Noordzee; Helmweg 7, Hoek van Holland. (d, e, f, g, h). Bovendien van de Decca monitor locatie 200 m noordelijker. (a en j).
- B. Militair gebied bij Vafamil-camping; Hoek van Holland (b, c). C. Verkeerscontroletoeren in Hoek van Holland aan de ingang van van de Directie Scheepvaart van het Gemeentelijk Havenbedrijf. (a, e).
- D. Maasvlakte gebied; Industrie (i) en walradar (n).
- E. Pier Hoek van Holland (n).
- F. Lichteiland Goeree. (b, d, e, f, g, m, n, o, p).
- G. Euro-0 platform. (b, d, e, f, g).
- H. Maas-center, Noord Hinder en Noord Hinder-SE. (m).
- I. Alle schepen (b, e, k, l).
- J. Diverse havenlichten (p).

resultaten RFI onderzoek

Mogelijke stoorbron	Locatie
Radiobakens	A
Scheepstelefonie	A,C,D
Packet netwerk	A
Golfmeetboeien	A,C,D
Marifoon	A,C,D
GSM	A
Satcom	schepen
Walradar	A,C,E
Racon	B,C,D



A = Hoek van Holland, B = Maascenter, C = lichteiland Goeree, D = Euro-O, E = Maasvlakte

9. VOORGESTELD MEETPROGRAMMA

De voornaamste zaken die moeten worden vastgesteld in het meetgebied zijn:

- De ontvangst van de datalink (in de band van 435-440 mhz.?).
- Mogelijke storing van de twee-frequentie GPS ontvangers door dichtbijstaande radio-zendapparatuur op de meetvaartuigen en op de vaste referentiestations.
- Storingen door apparatuur op andere schepen en/of platforms, door Packetradio en van andere vaste locaties zoals walradar en Racon bakens in het meetgebied.

Het selecteren van geëigende locaties voor de vaste GPS referentie stations is een eerste vereiste. Dit is afhankelijk van de afstand, die met de datalink kan worden overbrugd (zie bijlage 5), maar ook van de storingen door andere apparatuur in de omgeving.

Min of meer gelijktijdig dient HDTP benaderd te worden voor een (test)frequentie toewijzing (439 mhz?), met de vraag welke beperkingen aan het vermogen en de hoogte van de zendantenne zullen worden opgelegd in de definitieve zendmachtiging. Het is hierbij aan te bevelen om het belang van het werk toe te lichten en te vragen of het feit dat sommige zenders op zee zullen staan, een afwijking van de normale beperkingen toestaat. Op theoretische gronden kan voor verkrijgbare zender/ontvanger combinaties het bereik reeds vooraf worden berekend.

In-situ meting van storingen dienen op de volgende locaties te worden gedaan:

- a. De geselecteerde referentiestations.
- b. Het meetvaartuig, waarvan wordt verwacht dat het de meeste storingen zal genereren, op basis van aanwezige radiozenders en andere apparatuur.
- c. Bij in het meetgebied aanwezige zenders, zoals een walradar en een Raconbakens. Dus voornamelijk bij platforms, maar ook in de buurt van een paar grote schepen.
- d. Op de maximaal vereiste afstand van een referentie station.

Voor de GPS ontvanger zijn de locaties a, b en c belangrijk, voor de datalink voornamelijk b en d.

Bij deze metingen is het essentieel dat de vermelde potentiële stoorzenders in de omgeving ook inderdaad met minstens normaal vermogen in werking zijn. Dit betreft o.a. de radar, Inmarsat A en C, Marifoon (25 Watt) en de HF zender (400 Watt?). Maar ook de Packetradio zender en zo mogelijk een zender die door amateurs wordt gebruikt bij proefzendingen naar Engeland op 430 mhz.

De te gebruiken apparatuur zal in eerste instantie moeten bestaan uit de voor het toekomstige operationele werk gekozen GPS ontvanger en datalink zender en ontvanger. Daarnaast is het wenselijk om over een spectrum analyser van de vereiste gevoeligheid te kunnen beschikken, zodat de aard van optredende storing nader kan worden onderzocht. De meest gunstige plaatsing van de ontvangstantennes t.o.v. zendantennes in de onmiddellijke omgeving dient onderzocht te worden. Voorts is het wenselijk -o.a. met het oog op toepassing in de monding van de Nieuwe Waterweg (Directie Zuid Holland?) om metingen in de totale uitgezonden bundel van het Packetradio station te doen.

In het voorgaande is uitgegaan van het feit dat de keuze van GPS ontvanger en datalink al is gemaakt. Het is echter ook mogelijk dat dit nog niet is gebeurd, bv. omdat er naast de RFI aspecten andere overwegingen zijn, die de keuze beïnvloeden. In dat geval is het nuttig om twee sets GPS/datalink apparatuur in het onderzoek te betrekken.

Uit het voorgaande moge blijken dat het in dit stadium nog te vroeg is om een gedetailleerd meetprogramma uit te werken. De vermelde aspecten dienen echter bij de uiteindelijke opstelling van zo'n programma te worden overwogen.

Kort samengevat:

- Selecteer referentiestations, GPS ontvanger en datalink.
- Benader HDTP over zendmachtiging.
- Onderzoek RFI voor GPS op gekozen referentie stations.
- Onderzoek aan boord de invloed van:
Scheepsradar, Marifoon, Satcom, HF radio.
- Onderzoek aan boord de invloed van zenders op platforms,
boeien en andere schepen, en geef vooral ook op land speciale aandacht aan Packetradio.
- Onderzoek RFI voor de datalink op het maximaal vereiste bereik.

BIJLAGE I: VERKLARING VAN RADIOTECHNISCHE TERMEN

1

Bijlage 1
(8 blz.)VERKLARING VAN RADIOTECHNISCHE TERMEN
(voorzover veelvuldig gebruikt bij GPS)

De onderstaande tekst is bedoeld om geodeten een beter inzicht te geven in het taalgebruik van ontwerpers van GPS ontvangers. Zelf niet specialist zijnde kan de schrijver niet instaan voor de volledige juistheid; maar het kan mogelijkwerwijs bijdragen tot een beter begrip van deze specialistische materie. Een groot deel van de informatie is uit de referenties [5], [6], en [15] van de literatuurlijst in bijlage 8 verkregen.

De volgende onderwerpen komen hierna aan de orde:

1. Decibel (dB).....1
2. Antennewinst (gain).....1
3. Indicaties van vermogen, signaalsterkte e.d.2
4. GPS signalen.....3
5. Vermogensdichtheid en afstand tot signaalbron.....4
6. Bandbreedte, modulatie en spread spectrum.....4
7. J/S en C/No verhouding.....5
8. Loss-of-lock in GPS tracking loops.....6
9. Link budget.....7
- Figuur8

1. DECIBEL (dB).

Wordt veel gebruikt om signaalsterkte, veldsterkte, vermogen, signaal-ruis verhouding, antennegevoeligheid e.d. aan te geven. Het duidt een verhouding aan. Er hoort dus altijd een indicatie bij wat de referentie grootte is in die verhouding.

Een "bel" is de logaritme (grondtal 10) van de verhouding, een decibel is 1/10 van een bel. De verhouding 1000 (10^3) is dus 30 dB, de factor 2 is 3dB ($\log 2=0.3$) en 200 ($2 \cdot 10^2$) is 23 dB. Voor de referentie grootte is de verhouding 1; dus 0 dB.

Vermogens t.o.v 1 Watt worden aangegeven als dBW, en t.o.v 1 milliwatt als dBm; dus 1dBW = 30 dBm, omdat $1 \text{ W} = 1000 \text{ mW} = 10^3 \text{ mW}$. Vermogensdichtheid op een bepaalde plaats wordt bv. uitgedrukt in dBW/m^2 , veldsterkte in dBV/m .

In signaal-ruis verhouding (S/N-ratio of SNR), geeft men de signaalsterkte t.o.v. het ruisniveau; hierbij is geen verdere aanduiding van de referentie nodig, dus het is simpel in dB. Is het signaal zwakker dan de ruis, dan krijgt men negatieve waarden. Voor een signaal dat $1/1000^{\text{ste}}$ van het ruisniveau is, geldt dus SNR is -30 dB.

In de geluidsleer drukt men alles uit t.o.v. de gehoordrempel, die overeenkomt met een geluidsdruk van 20 microPascal (bovenop de atmosferische druk), ofwel een intensiteit van 10^{-12} W/m^2 . Een normaal gesprek heeft een geluidsdruk niveau van 60 dB (t.o.v. 20 microPascal), voor de pijngrens is dat 120 dB.

NB. De geluidsintensiteit is evenredig met het kwadraat van de druk.

2. ANTENNEWINST (GAIN).

Antennegevoeligheid kan vergroot worden door een speciaal ontwerp, waarbij in (resp. vanuit) een bepaalde richting, meer vermogen uitgezonden (resp. ontvangen) wordt. Men geeft deze aan t.o.v. een "isotrope straler", een fictieve antenne, die in alle richtingen evenveel uitstraalt. Deze verhouding

2

(antennewinst) wordt aangeduid met dBi. Voorts gebruikt men de aanduiding dBic als de referentie een circulair gepolariseerde isotrope straler is.

Men spreekt over de bundelbreedte tot bv. de 3 dB richtingen, dwz. tot die richtingen, waar het vermogen de helft is van dat in de richting van het maximum.

NB. Reciprociteit: dezelfde principes gelden voor een ontvangst als voor een zendantenne (straler).

3. INDICATIES VAN VERMOGEN, SIGNAALSTERKTE E.D.

Er zijn verschillende manieren om de voor ontvangst beschikbare hoeveelheid vermogen aan te geven en daardoor kan het voor de leek nogal moeilijk zijn om de gegevens in verschillende publicaties te vergelijken. Hierna volgt een korte uitleg van enige gebruikte indicaties en hun onderlinge relatie.

Uitgezonden vermogen: ERP = Effective Radiated Power (P_t); in Watt. Dit is het vermogen dat aan de antenne wordt aangeboden; het wordt gebruikt in frequentie toewijzingen e.d. Ook wel EIRP genoemd, waar de I voor isotropic (= in alle richtingen) staat. Er is ook wel sprake van "transmitter" power; deze is hoger dan ERP door de verliezen tussen zender en antenne; bv. in de kabels. Door de antennewinst/verlies zal het vermogen in bepaalde richtingen afwijken van de ERP.

Vermogensdichtheid en Ruimtelijke verliezen (Power density in Watt/m² en free space propagation loss). Door de ruimtelijke verspreiding neemt het locale vermogen per m² (de vermogensdichtheid, P) af. Deze afname is evenredig met de oppervlakte van een bol, dus evenredig met het kwadraat van de afstand (R) volgens de formule :

$$P = P_t / (4 * \pi * R^2) ; R \text{ in meters.}$$

Ontvangen vermogen of signaalsterkte. (Signal strength P_r ; of signal level; in Watt). Deze hangt samen met het effectief antenne oppervlak (A_{eff}), volgens $P_r = P * A_{eff}$. A_{eff} hangt weer af van de golflengte (L) volgens de formule:

$$A_{eff} = L^2 / (4 * \pi) ; L \text{ in meters.}$$

Voorts hangt het ontvangen vermogen ook af van de gevoeligheid van de antenne in de richting van het binnenkomend signaal, dus van de gain. Voor een bepaalde golflengte wordt de signaalsterkte daarom vaak opgegeven in dBi (t.o.v. een isotrope antenne).

Uit het bovenstaande kan voor de verhouding tussen de uitgezonden en de ontvangen signaalsterkte als gevolg van signaalverlies in de vrije ruimte worden afgeleid:

$$P_r / P_t = L^2 / (4 * \pi * R)^2$$

De verhouding van ontvangen signaalsterkte tot vermogensdichtheid is -zoals eerder vermeld- het effectief antenne oppervlak:

$$P_r / P = A_{eff} = L^2 / (4 * \pi)$$

Veldsterkte (E) in Volt/m. Dit is de gradient van de potentiaal. Deze hangt samen met de vermogensdichtheid (P), in Watt/m² volgens de formule:

$$E^2 = 120 \cdot \pi \cdot P \quad ; \quad V/m \rightarrow W/m^2$$

Uitgedrukt in dB is dit:

$$E = 25.8/2 + P/2 = 12.9 + 0.5 \cdot P \quad ; \quad V/m \rightarrow W/m^2$$

NB. De grootheid $120 \cdot \pi$ heeft de dimensie van een weerstand, dus V^2/W (free space impedance; in Ω). Als bv. voor E millivolt wordt gebruikt en voor P milliwatt, dan wordt deze weerstand een factor 1000 (=30 dB) groter; in dB wordt de formule dan:

$$E = 55.8/2 + P/2 = 27.9 + 0.5 \cdot P \quad ; \quad mV/m \rightarrow mW/m^2$$

De bovenvermelde grootheden en hun relatie worden hierna toegelicht aan de hand van typische waarden voor GPS signalen en storende signalen. Voorts zijn deze grafisch weergegeven in de bijgevoegde figuur 2 op bladzijde 8.

4. GPS SIGNALLEN.

Voor de sterkte van door GPS-satellieten uit te zenden signalen gelden stricte specificaties. Men heeft hierbij niet gekozen om de vermogensdichtheid op het aardoppervlak te specificeren, maar het vermogen in Watt. Dat is in feite de signaalsterkte die door een 0 dBic (=rechtsdraaiend, cirkelvormig gepolariseerde, isotrope) antenne wordt ontvangen. Men specificeert in het document ICD-GPS-200 (en in de STANAG agreement), het minimale vermogen op het aardoppervlak voor het signaal van een satelliet die een elevatie heeft van 5° of meer. Het C/A code signaal op L1 is 2x (3dB) sterker dan de P-code en het L1 signaal is 3dB sterker dan L2.

De gegarandeerde waarden voor P_r , gerefereerd naar een 0 dBic antenne zijn:

	P(Y)-code	C/A-code
L1	-163 dBW	-160 dBW
L2	-166 dBW	

Berekening van de verhouding P_r/P op L1 (golflengte 0.19 cm) geeft -25.4 dB, op L2 is deze -23.2 dB. Omdat de 0 dBic antenne (voor GPS signalen) een gain heeft van ongeveer 3 dB (t.o.v. een 0 dB lineair gepolariseerde antenne) is deze verhouding voor een 0 dBic antenne ook 3 dB kleiner dus resp. -28.4 en -26.2 dB.

De relatie tussen de veldsterkte en vermogensdichtheid is niet lineair. Voor de overgang van mV/m naar mW/m^2 is het -in dB- zoals eerder vermeld:

$$E = 27.9 + P/2$$

Dit geeft volgend overzicht voor de gespecificeerde vermogens:

	Signaalsterkte		Vermogensdichtheid		Veldsterkte	
	in dBW	in dBmW	in dBW/m ²	in dBmW/m ²	in dBmV/m	in microV/m
C/A-L1	-160	-130	-131.6	-101.6	-22.9	5.12
P -L2	-166	-136	-139.8	-109.8	-27.0	2.00

Enige typische stoorvermogens met bijbehorende vermogensdichtheid, veldsterkte en de verhouding J/S (= Jammer to GPS-Signal) zijn:

Zie opm.	J/S voor L1 C/A in dB	Stoor	Vermogens dichtheid in dBmW/m ²	Veldsterkte in	
		Signaal sterkte L1 (dBW)		dBmV/m	mV/m
A	36.6	-123.4	- 65	- 4.6	0.347
B	61.6	- 98.4	- 40	+ 7.9	6.14
C	76.6	- 83.4	- 25	+ 15.4	34.5

Opmerking: De letters A, B en C refereren naar stoorvermogens, met een CW-bron, welke bij het onderzoek van vier geodetische twee-frequentie ontvangers (voor de Nederlandse Commissie voor Geodesie), zie [4], van belang bleken.

- A. Bij het in-band storen met dit vermogen begonnen de meeste ontvangers lage satellieten (< 20° elevatie) te verliezen.
- B. Bij dit stoorvermogen in de "near-band" verloren drie van de vier ontvangers vaak de lage satellieten.
- C. Bij dit stoor vermogen "out-of-band" trad (met uitzondering van één ontvanger) geen signaalverlies meer op.

5. VERMOGENSDICHTHEID EN AFSTAND TOT DE SIGNAALBRON.

GPS-satellieten.

Als de satelliet 5° elevatie heeft, is de afstand tot het aardoppervlak ongeveer 25240 km. De vrije ruimte verliezen bedragen dan voor L1 : 184.4 dB en voor L2 : 182.3 dB. Als de antennewinst op de satelliet 10 dB is, dan komt men op L1 nog ruim 10 dB te kort (afgezien van atmosferische verliezen en andere details) om een vermogen (signaalsterkte) van -163 dBWic te krijgen. Dat betekent dat de ERP bij de SV dan ruim 10 Watt moet zijn.

Vermogen van stoorzenders.

Het is interessant om de ERP's te berekenen voor CW stoorzenders in de L1 band om op 10 km en 1km afstand de eerder vermelde vermogensdichtheden A, B en C te krijgen. Dit geeft volgend beeld:

	-Stoor Vermogens dichtheid dBmW/m ²	Benodigde ERP op		Stoorafstand (maximaal) als ERP=0.5W
		10 km	1 km	
A	-65	400mW	4 mW	11 km
B	-40	126 W	1.26 W	631 m
C	-25	4 KW	40 W	112 m

NB. De getallen worden ongunstiger voor gerichte transmissies en gunstiger door obstakels e.d. tussen zender en ontvanger.

Bovenvermelde ERP's en stoorafstanden zijn in grote lijnen in overeenstemming met wat de proeven in HvH en Delft met de vier geodetische ontvangers te zien gaven.

6. BANDBREEDTE, MODULATIE EN SPREAD-SPECTRUM.

Modulatie.

Een ongemoduleerde draaggolf bevat slecht één frequentie; de bandbreedte van zo'n signaal is oneindig smal; het vermogens spectrum bestaat uit één lijn.

Modulatie spreidt de energie over een breder band. Menselijke spraak bevat frequenties tot ca. 10KHz; de bandbreedte wordt dan $2 \cdot 10\text{KHz} = 20\text{ KHz}$. Modulatie met een digitaal signaal van 50 Hertz (bv de satelliet parameters) spreidt de energie over 100 Hz, 9600 baud vereist ongeveer 20 KHz.

Spread spectrum.

Men kan met opzet de bandbreedte spreiden (spread spectrum), door een hoog frequent signaal toe te voegen aan het bv. reeds met 50 Hz gemoduleerde signaal. Dit kan een pseudo random noise code (PRN) zijn van 1 MHz. zoals voor de C/A code van GPS het geval is. De energie wordt dan over 2 MHz gespreid. Het gevolg is dat de spectrale dichtheid van het vermogen (energie per Hertz) erg klein wordt en het signaal ver onder het normale ruisniveau kan komen te liggen. Dit signaal kan dan door derden niet worden gedetecteerd, tenzij de ontvangende kant de PRN code kent. De PRN code draagt dus geen nieuwe informatie over. Noemt men de bandbreedte van de informatie (baseband): b_0 en de totale bandbreedte B , dan is B/b_0 de "bandbreedte expansie" verhouding. In bovengenoemd voorbeeld is die 1 MHz/50Hz, hetgeen 20000 ofwel 43 dB is.

Correlatie.

Het binnenkomende signaal is (afgezien van de 50 Hz boodschap) gelijk aan een het PRN signaal dat in de ontvanger kan worden gegenereerd. De twee worden vergeleken (gecorrigeerd) en als ze op de juiste manier in de tijd zijn opgelijnd zal de correlatie maximaal zijn. Daarna is het mogelijk om de PRN code van het ontvangen signaal af te halen en de 50 Hz boodschap over te houden.

Voordelen van spread spectrum.

Deze zijn velerlei nl :

- Frequentie toewijzing is gemakkelijker doordat het signaal onder de normale ruis blijft (maar deze wel vermeerderd). Men stoort anderen nauwelijks.
- Het bericht is geheim voor iemand die de PRN code niet kent.
- Verschillende gebruikers kunnen dezelfde frequentieband gebruiken als ten minste de codes voldoende verschillen; dit wordt Code Division Multiple Access (CDMA) genoemd.
- Ongewenste signalen ("jammers") worden in het correlatie proces verzwakt in de verhouding b_0/B .

En een bijkomend -maar voor de afstandmeting juist essentieel- voordeel is:

- Het oplijnen van de PRN codes maakt een heel nauwkeurige meting van de looptijd (dus van de afstand) mogelijk.

7. J/S EN C/N_0 VERHOUDING.

Spectrum analyser.

Met een spectrum analyser is het mogelijk om het vermogen in een bepaalde bandbreedte (de resolutie bandbreedte; RBW) te meten. Deze is bv. 30 KHz. Normaal zal het vermogen vrij constant blijven in verschillende banden; het ruisniveau in de atmosfeer. Ontvangen we één -of meerdere- zenders in die 30 KHz dan komt er een piek.

Men spreekt over de spectrale vermogensdichtheid van de carrier wave (CW) (C ; in dBm-Hz) van een signaal. Het is het totale vermogen gedeeld door de bandbreedte waarin dit vermogen is geconcentreerd. Dit moet niet verward worden met de vermogensdichtheid in dBm/m².

Op dezelfde wijze spreekt men over de spectrale vermogensdichtheid N_0 (spectral noise density) van de ruis in dB-Hz. Behalve ruis die uit de atmosfeer binnen komt via de antenne, speelt de thermische ruis in de ontvanger zelf een belangrijke rol. Is er geen stoorzender dan gebruikt men de aanduiding C/N_0 ; is er wel een jammer dan gebruikt men de aanduiding $(C/N_0)_{eff}$, ofwel de effectieve Carrier to Noise ratio. Het theoretisch minimum van C/N_0 bij een temperatuur van 17°C is ongeveer -204 dBW-Hz.

Voor het spread spectrum GPS signaal is het uitgezonden vermogen over een wijde band verdeeld en de dichtheid per Hertz dus erg laag; het ligt onder het normale atmosferische ruisniveau. Maar in de ontvanger wordt dit door het correlatie proces weer in een smallere band gebracht.

NB. DEZE MATERIE IS NOGAL SPECIALISTICH EN DE HIER BESCHREVEN BETEKENIS VAN DE VERHOUDINGEN J/S EN $(C/N_0)_{eff}$ ZAL ONGETWIJFELD KUNNEN WORDEN BEKRITISEERD !!!

Het door een spectrum analyser aangegeven vermogen van een "jammer" is wat in een bepaalde bandbreedte is gemeten. Ook de thermische ruis in de analyser is de waarde per Hertz (bv -204 dBW-Hz) vermenigvuldigd met diezelfde bandbreedte. Dit betekent dat stoorvermogens die onder die thermische ruis blijven niet kunnen worden gemeten. Het komt mij voor dat de indicatie van de spectrumanalyser, gedeeld door het theoretisch (gespecificeerde) vermogen van het GPS signaal in een 2 MHz band (of 20 MHz voor P-code), de J/S verhouding wordt genoemd.

In ieder geval zal een gedetecteerd signaal altijd groter zijn dan dat van GPS, waarvan het vermogen immers onder de ruis ligt.

Het correlatie proces brengt (bijna) al het vermogen van het GPS signaal weer terug in de "baseband" maar spreidt het smalbandig vermogen van de jammer juist over een brede band. Na de correlatie is de J/S verhouding een factor b_0/B kleiner geworden, ofwel 43 dB voor C/A en 53 dB voor P-code. Deze verbetering kan nog hoger zijn als de SV parameters al bekend zijn en dus b_0 nog kleiner kan worden gemaakt.

C/N_0

De literatuur geeft een C/N_0 waarde van 38.4 dB-Hz voor C/A code (na correlatie) als er geen jammer is. Is er wel een jammer dan is de $(C/N_0)_{eff}$ van belang. Om deze te berekenen voor een bepaalde J/S ratio wordt als benaderde formule gegeven: $J/S + (C/N_0)_{eff} = 70$ (voor P-code) en $= 60$ (voor C/A-code).

8. LOSS OF LOCK IN GPS TRACKING LOOPS.

De standaard afwijking in de meting van zowel code als fase kan berekend worden als een functie van $(C/N_0)_{eff}$, en dus ook van de J/S verhouding. Deze berekening is tevens afhankelijk van een aantal ontwerp criteria, zoals de bandbreedte van de "tracking loops" (dynamiek van de ontvanger), van de aiding, (bv. phase-aiding van de code), van het tijdsinterval waarover de correlatie plaats vindt ("predetection integration time; PIT"), van het feit of we de satelliet parameters reeds kennen e.d. Voor betrouwbare resultaten hanteert men soms wel maximaal toegelaten waarden voor deze standaard afwijkingen van de orde van $1/6$ chip voor de code (5 m. voor P en 50 m voor C/A) en 15° voor de fasehoek (ca. 1 cm). Een vuistregel is dat als 3-sigma

groter wordt dan 0.5 code-chip of dan 45° fasehoek, de code-resp. fase-loop het signaal niet meer kan tracken en er loss-of-lock optreedt!

9. LINK BUDGET.

Het is op theoretische gronden mogelijk om de signaalsterkte die aan de ontvangstzijde beschikbaar is, te berekenen uit het uitgezonden vermogen en de transmissie verliezen. De vergelijking luidt in dB:

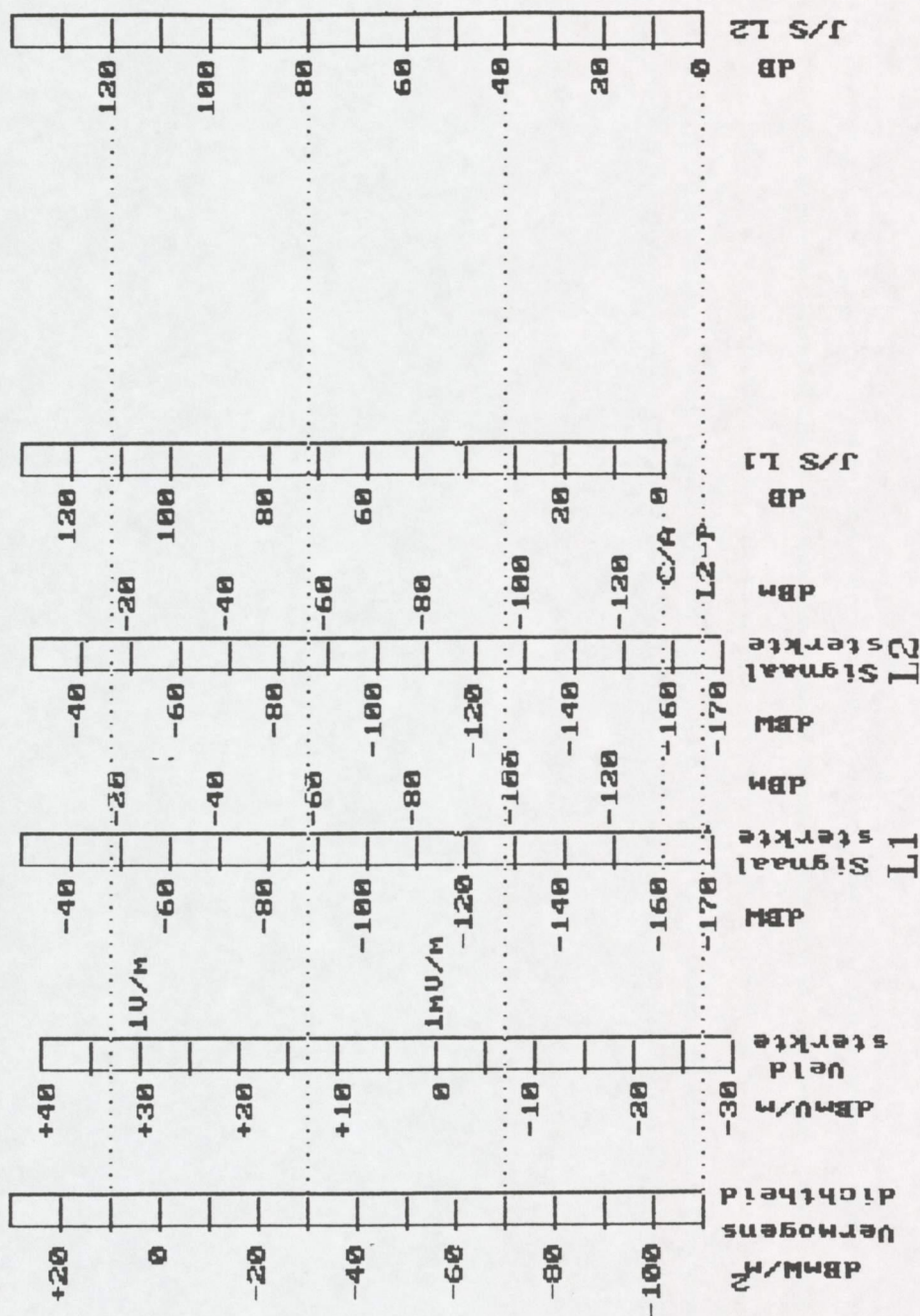
$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_p - L_a - L_h - L_f$$

Waarin P_t = Uitgezonden vermogen P_r = Ontvangen vermogen
 G_t = Winst zendantenne G_r = Winst ontvangstantenne
 L_p = Ruimtelijke verliezen = $20 \log(4 \cdot \pi \cdot D / L)$
 L_a , L_h , L_f , enz. = Verliezen door atmosfeer (a),
 harmonische (h) minder dan fundamentele frequentie,
 filtering (f) enz.
 D = afstand in meters L = golflengte in meters

Voor de TV transmissies van Nederland 2 vanuit Lopik geldt bv. dat het zendvermogen 1000 Kwatt (60 dBW) is; het beeld wordt uitgezonden op 519.25 MHz en het geluid op 524.75 MHz met een vermogen van 13 dB minder dan het beeld. Aannemend dat het vermogen in de 3e harmonische 60 dB onder dat van de fundamentele frequentie ligt en dat er geen antennewinst en alleen ruimtelijke voortplantingsverliezen zijn, dan wordt het op de frequentie 1557.75 MHz. ontvangen vermogen :

$$P_r = P_t - 60 - 20 \log(4 \cdot \pi / 0.19) - 20 \log(D) \\ = 60 - 60 - 36.4 - 20 \log(D) \dots \text{in dBW}$$

Op 1 km afstand is dat slechts -96.4 dBW.
 Het is interessant om op te merken dat het ruimtelijk verlies op de 1.5 GHz frequentie in de eerste meter reeds 36.4 dB is, d.i. meer dan een factor 4000!
 In de Eurogeul (100 km) is theoretisch het vermogen van de fundamentele frequentie -66.8 dBW en van de harmonische (altijd nog een L_h van 60 dB aannemend!) -136.4 dBW.



Relatie vermogensdichtheid, veldsterkte, signaalsterkte, J/S

Figuur behorend bij bijlage 1

BIJLAGE II: GLOBALE INDELING FREQUENTIES IN NEDERLAND

1

voor een globale indeling van de in Nederland gebruikte frequenties kan van onderstaand schema worden uitgegaan:

Bijlage 2
Blad 1 van 5

26.1500 -	26.8100 MHz	oproepsystemen <AM>
26.8300 -	26.9300 MHz	brandingswatersport
26.9500 -	27.4050 MHz	MARC
(26.9950 -	27.2250 MHz	radio afstandbesturing VAB)
27.4150 -	27.4450 MHz	radiotelefonie landmobiel
27.4300 -	47.0000 MHz	krijgsmacht
(27.4450 -	27.4650 MHz	radio afstandsbesturing/telemetrie)
(28.0000 -	29.7000 MHz	amateurband)
(30.0350 -	30.2650 MHz	radio afstandbesturing)
31.0375 -	31.3125 MHz	draadloze telefoon (basis)
(35.0100 -	35.1900 MHz	radio afstandbesturing)
(36.6200 -	38.7800 MHz	draadloze mikrofoon)
39.9375 -	40.2125 MHz	draadloze telefoon (mobiel)
(40.6650 -	40.6950 MHz	radio afstandbesturing)
47.0000 -	68.0000 MHz	TV band I
(50.0000 -	50.4500 MHz	Amateurband 6 meter
(50.1000 -	50.3000 MHz	Amateurband <SB toegestaan>

VHF (laag); 70/80-MHz band

68.0000 -	69.0000 MHz	bedrijfsalarmering
69.0000 -	73.0000 MHz	krijgsmacht
73.0000 -	74.7875 MHz	Korps Rode Kruis, Koninklijke Marechaussee (mobiel)
74.2000 -	74.8000 MHz	gereserveerd voor uitbreiding Politie
74.8000 -	75.2000 MHz	luchtvaart radionavigatie [AM]
75.8750 -	77.1500 MHz	krijgsmacht
75.2150 -	78.7000 MHz	politie (mobiel)
78.7250 -	83.9500 MHz	krijgsmacht
83.9750 -	86.1250 MHz	politie (reserve)
(81.2800 -	81.9200 MHz	Koninklijke Marechaussee (vaste posten)
(84.2950 -	84.5950 MHz	Korps Rode Kruis)
84.0000 -	87.5000 MHz	politie (vaste posten)
87.5000 -	108.0000 MHz	Radioband II
104.0000 -	174.0000 MHz	kabeltelevisie, kanalen S1 t/m S10
108.0000 -	137.0000 MHz	luchtvaartband [AM]
137.0000 -	138.0000 MHz	satellietverkeer
138.0000 -	144.0000 MHz	krijgsmacht (vliegverkeer en satellieten)
144.0000 -	146.0000 MHz	Amateurband
146.0000 -	148.3875 MHz	rampenbestrijding/landmobiel verkeer

VHF (hoog); 150/160-MHz band

Groep I	T	148.4100 -	149.1300 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	U	149.1875 -	149.3125 MHz	waterbouw groep
Groep II	R	149.1625 -	149.4375 MHz	Douane
	S	149.4875 -	149.8375 MHz	taxi-bedrijven
	T	149.6375 -	150.2375 MHz	Space Communications
	U	149.8625 -	150.1375 MHz	nutsbedrijven groep (duplex)
Groep III	R	150.0875 -	150.3625 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	S	150.4125 -	150.7625 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	T	150.5625 -	150.9875 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	U	150.7875 -	151.1625 MHz	handel, industrie en partikulier transport
Groep IV	R	151.0125 -	151.2875 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	S	151.3375 -	151.6875 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	T	151.4875 -	151.9125 MHz	taxi-bedrijven
	U	151.7125 -	152.0875 MHz	kommandonet brandweer
Groep V	R	151.9375 -	152.2125 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	S	152.2625 -	152.6125 MHz	artsen en bedrijfshulpverlening
	T	152.4125 -	152.8375 MHz	nutsbedrijven
	U	152.6375 -	152.9125 MHz	handel, industrie en partikulier transport
Groep VI	U	152.8625 -	152.9875 MHz	handel, industrie en partikulier transport
		153.0100 -	153.7300 MHz	
Groep VII	R	153.7625 -	154.0125 MHz	portofoon diverse diensten
	S	154.0875 -	154.4375 MHz	Douane
	T	154.2375 -	154.8375 MHz	politie portofoon lokaal verkeer
	U	154.4625 -	154.7375 MHz	Openbaar Vervoer Esofoon A
Groep VIII	R	154.7625 -	154.9625 MHz	nutsbedrijven (groep duplex)
	S	155.0125 -	155.3625 MHz	Openbaar Vervoer Esofoon B
	T	155.1625 -	155.5875 MHz	Openbaar Vervoer
	U	155.3875 -	155.7625 MHz	handel, industrie en partikulier transport
		155.6125 -	155.8875 MHz	handel, industrie en partikulier transport

VHF (hoog); 160/170-MHz band

Groep I ob		156.0000 -	156.1000 MHz	marifoon; Haagse band
Groep II ob		156.1250 -	156.8500 MHz	marifoon; Haagse band
Groep IIIA ob		156.8750 -	157.4250 MHz	marifoon; Haagse band
Groep IIIB ob		157.4500 -	157.5900 MHz	marifoon; Maximum Göteborg band
Groep IV ob		157.6250 -	158.0250 MHz	marifoon; Maximum Göteborg band
	3	158.0500 -	158.2100 MHz	elektriciteitsmaatschappijen
	4	158.2300 -	158.3300 MHz	elektriciteitsmaatschappijen
Groep V ob	1	158.3500 -	158.5100 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	2	158.5300 -	158.6900 MHz	taxi-bedrijven
	3	158.7100 -	158.8700 MHz	taxi-bedrijven
	4	158.8900 -	159.0700 MHz	taxi-bedrijven
Groep VI ob	1	159.0900 -	159.2500 MHz	VDM energiebedrijven (duplex)
	2	159.2700 -	159.4300 MHz	VDM energiebedrijven (duplex)

Groep	Nummer	Min. Freq.	Max. Freq.	Gebruik
Groep VII ob	3	159.4500	159.6100	handel, industrie en pa
	4	159.6300	159.8100	handel, industrie en pa
	1	159.8300	159.9900	handel, industrie en pa
	2	160.0100	160.1700	handel, industrie en pa
Groep VIII A ob	3	160.1900	160.3500	handel, industrie en partikulier transport
	4	160.3700	160.5500	handel, industrie en partikulier transport
	1	160.5700	160.5900	handel, industrie en partikulier transport
	2	160.6250	160.7000	handel, industrie en partikulier transport
Groep II bb	1	160.7250	160.9750	marifoon; Haagse band
	2	161.0000	161.4500	marifoon; Haagse band
	3	161.4750		marifoon; Maximum Göteborgband
Groep III A bb	1	161.5000	162.0250	marifoon; Haagse band
	2	162.0500	162.2000	marifoon; Maximum Göteborgband
	3	162.2250	162.6250	marifoon; Maximum Göteborgband
Groep II B bb	3	162.6500	162.8100	elektriciteitsmaatschappijen
	4	162.8300	162.9300	elektriciteitsmaatschappijen
	1	162.9500	163.1100	handel, industrie en partikulier transport
Groep V bb	2	163.1300	163.2900	bouwbedrijven/kranen
	3	163.3100	163.4700	PTT telecommunicatie/Staatsbosbeheer
	4	163.4900	163.6700	Gasunie
	1	163.6900	163.8500	VDN energiebedrijven (duplex)
Groep VI bb	2	163.8700	164.0300	VDN energiebedrijven (duplex)
	3	164.0500	164.2100	handel, industrie en partikulier transport
	4	164.2300	164.4100	handel, industrie en partikulier transport
	1	164.4300	164.5900	handel, industrie en partikulier transport
Groep VII bb	2	164.6100	164.7700	handel, industrie en partikulier transport
	3	164.7900	164.9500	handel, industrie en partikulier transport
	4	164.9700	165.1500	handel, industrie en partikulier transport
	1	165.1700	165.1900	handel, industrie en partikulier transport
Groep VIII A bb	2	165.2100	165.3100	walradar
	3	165.3300	165.4900	walradar
	4	165.5100	165.6900	walradar
	1	165.7100	165.8700	handel, industrie en partikulier transport
Groep IX ob	2	165.8900	166.0500	handel, industrie en partikulier transport
	3	166.0700	166.2300	handel, industrie en partikulier transport
	4	166.2500	166.4300	NOS
	1	166.4500	166.6100	NS (duplex)
Groep X ob	2	166.6300	166.7900	NS Spoorwegpolitie (simplex)
	3	166.8100	166.9700	NS (simplex)
	4	166.9900	167.1700	NS (simplex)
	1	167.1900	167.3500	bosbouw, landschap en milieubeheer (duplex)
Groep XI ob	2	167.3700	167.5300	reserve (duplex)
	3	167.5500	167.7100	ambulancediensten
	4	167.7300	167.9100	brandweer- en ambulancediensten
	1	167.9300	168.0900	brandweerdiensten
Groep XII ob	2	168.1100	168.2700	bewaking, beveiliging, security
	3	168.2900	168.4500	reserve/parkeerblok
	4	168.4700	168.6500	tijdelijk gesloten netten
	1	168.6700	168.8300	tijdelijk gesloten netten
Groep XIII ob	2	168.8500	169.0100	tijdelijk gesloten netten
	3	169.0300	169.1900	tijdelijk gesloten netten
	4	169.2100	169.3900	tijdelijk gesloten netten
	1	169.4100	169.5700	ERMES pagingband
Groep XIV ob	2	169.5900	169.7500	ERMES pagingband
	3	169.7700	169.7900	ERMES pagingband
	4	169.8100	169.9100	handel, industrie en partikulier transport
	1	169.9300	170.0900	handel, industrie en partikulier transport
Groep VIII B bb	2	170.1100	170.2900	van Gend en Loos
	3	170.3100	170.4700	handel, industrie en partikulier transport
	4	170.4900	170.6500	handel, industrie en partikulier transport
	1	170.6700	170.8300	reserve
Groep X bb	2	170.8500	171.0300	reserve
	3	171.0500	171.2100	NS (duplex)
	4	171.2300	171.3900	Rijkswaterstaat
	1	171.4100	171.5700	NS (simplex)
Groep XI bb	2	171.5900	171.7700	NS (simplex)
	3	171.7900	171.9500	reserve
	4	171.9700	172.1300	bosbouw, landschap en milieubeheer (duplex)
	1	172.1500	172.3100	reserve (duplex)
Groep XII bb	2	172.3300	172.5100	politie portofoon Mobiele Eenheid
	3	172.5300	172.6900	bewaking, beveiliging, security
	4	172.7100	172.8700	bewaking, beveiliging, security
	1	172.8900	173.0500	reserve/parkeerblok
Band III/TV kanaal 5	1	173.0700	173.2500	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	2	173.2700	173.4300	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	3	173.4500	173.6100	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	4	173.6300	173.7900	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	1	173.8100	173.9900	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	2	174.0100	174.1700	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	3	174.1900	174.3500	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	4	174.3700	174.3900	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	1	174.4100	175.2500	landmobiel verkeer (lucht-)havens
	2	175.2500	223.0000	TV band IIIA en IIIB
	3	175.0000	179.1200	(lucht-)havenbedrijven portofoon
	4	223.0000	235.0000	vliegtuignavigatie (basis/mobiel) [AM]
1	230.0000	300.0000	kabeltelevisie, kanalen S11 t/m S20	
2	235.0000	267.0000	krijgsmacht [AM]	
3	267.0000	272.0000	satelliet afstandbesturing (basis/mobiel)	
4	272.0000	273.0000	satelliet datatransmissie (basis/mobiel)	
1	273.0000	322.0000	krijgsmacht [AM]	

Bijlage 2
Blad 2 van 5

UHF	(300.0000 - 470.0000 MHz	- kabeltelevisie, kanalen M1 t/m H20)
	322.0000 - 328.6000 MHz	- radio astronomie
	328.6000 - 335.4000 MHz	vliegtuignavigatie (AM)
	335.4000 - 399.9000 MHz	vaste en mobiele diensten (AM)
	399.9000 - 400.0500 MHz	satellietnavigatie
	400.0500 - 400.1500 MHz	frequentie/tijdsynchronisatie via satelliet
	400.1500 - 401.0000 MHz	weersatellieten
	401.0000 - 402.0000 MHz	weersatellieten en datatransmissie
	402.0000 - 403.0000 MHz	weersatellieten en hulpsystemen
	403.0000 - 406.0000 MHz	weersatellietenbesturing
	406.0000 - 406.1000 MHz	satelliet vliegnavigatie
	406.1000 - 409.0000 MHz	radio astronomie
	409.0000 - 410.0000 MHz	Satellides plaatsbepalingssystemen
	410.0125 - 415.0000 MHz	- Traxys bundelnet (duplex)
	415.0125 - 417.0000 MHz	gesloten trunking-netten (duplex)
	417.0125 - 418.0000 MHz	rampenbestrijding/Esofoon (duplex)
	418.0125 - 419.9875 MHz	private trunking-systemen (duplex)
	420.0000 - 425.0000 MHz	beschermband
	420.0125 - 425.0000 MHz	Traxys bundelnet (duplex)
	425.0125 - 427.0000 MHz	gesloten trunking-netten (duplex)
	427.0125 - 428.0000 MHz	rampenbestrijding/Esofoon (duplex)
	428.0125 - 429.9875 MHz	private trunking (duplex)
	430.0000 - 440.0000 MHz	zendamateurs radio en televisie
	433.1000 - 434.7000 MHz	radiobeveiligings/alarmeringsinrichtingen
	440.0000 - 441.0000 MHz	vaste en mobiele diensten, radioplaatsbepaling
	441.0000 - 450.0000 MHz	krijgsmacht

Bijlage 2
Blad 3 van 5

UHF; 450/470-MHz band

Groep I ob	1	450.0000 - 450.2000 MHz	linkverbindingen overheid
	2	450.2250 - 450.4250 MHz	linkverbindingen overheid
	3	450.4500 - 450.5750 MHz	linkverbindingen overheid
Groep II ob	1	450.5900 - 450.7500 MHz	telemetrie
	2	450.7700 - 450.9300 MHz	reserve
	3	450.9500 - 451.1100 MHz	modelbesturing
	4	451.1300 - 451.2900 MHz	reserve
Groep III ob	1	451.3100 - 451.4700 MHz	NMT-2 (mobiel)
	2	451.4900 - 451.6500 MHz	NMT-2 (mobiel)
	3	451.6700 - 451.8300 MHz	NMT-2 (mobiel)
	4	451.8500 - 452.0300 MHz	NMT-2 (mobiel)
Groep IV ob	1	452.0500 - 452.2100 MHz	NMT-2 (mobiel)
	2	452.2300 - 452.3900 MHz	NMT-2 (mobiel)
	3	452.4100 - 452.5700 MHz	NMT-2 (mobiel)
	4	452.5900 - 452.7700 MHz	NMT-2 (mobiel)
Groep V ob	1	452.7900 - 452.9500 MHz	NMT-2 (mobiel)
	2	452.9700 - 453.1300 MHz	NMT-2 (mobiel)
	3	453.1500 - 453.3100 MHz	NMT-2 (mobiel)
	4	453.3300 - 453.5100 MHz	NMT-2 (mobiel)
Groep VI ob	1	453.5300 - 453.6900 MHz	NMT-2 (mobiel)
	2	453.7100 - 453.8700 MHz	NMT-2 (mobiel)
	3	453.8900 - 454.0500 MHz	NMT-2 (mobiel)
	4	454.0700 - 454.2500 MHz	NMT-2 (mobiel)
Groep VII ob	1	454.2700 - 454.4300 MHz	NMT-2 (mobiel)
	2	454.4500 - 454.6100 MHz	NMT-2 (mobiel)
	3	454.6300 - 454.7900 MHz	NMT-2 (mobiel)
	4	454.8100 - 454.9900 MHz	NMT-2 (mobiel)
Groep VIII ob	1	455.0100 - 455.1700 MHz	NMT-2 (mobiel)
	2	455.1900 - 455.3500 MHz	NMT-2 (mobiel)
	3	455.3700 - 455.5300 MHz	NMT-2 (mobiel)
	4	455.5500 - 455.7300 MHz	NMT-2 (mobiel)
Groep IX ob	1	455.7500 - 455.9100 MHz	handel, industrie en partikulier transport porto
	2	455.9300 - 456.0900 MHz	handel, industrie en partikulier transport porto
	3	456.1100 - 456.2700 MHz	handel, industrie en partikulier transport porto
	4	456.2900 - 456.4700 MHz	handel, industrie en partikulier transport porto
Groep X ob	1	456.4900 - 456.6500 MHz	politie portofoon
	2	456.6700 - 456.8300 MHz	politie portofoon
	3	456.8500 - 457.0100 MHz	politie portofoon
	4	457.0300 - 457.2100 MHz	politie portofoon
Groep XI ob	1	457.2300 - 457.3900 MHz	reserve/UIC/intraship
	2	457.4100 - 457.5700 MHz	reserve/UIC/intraship
	3	457.6000 - 457.9500 MHz	UIC/NS Telerail
Groep XII ob	1	457.9750 - 458.1250 MHz	UIC/NS Telerail
	2	458.1500 - 458.3100 MHz	politie INRAP-net
	3	458.3300 - 458.4900 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	4	458.5100 - 458.6900 MHz	handel, industrie en partikulier transport
Groep XIII ob	1	458.7100 - 458.8700 MHz	politie portofoon
	2	458.8900 - 459.0500 MHz	politie portofoon
	3	459.0700 - 459.2300 MHz	landelijk politienet
	4	459.2500 - 459.4300 MHz	landelijk politienet
Groep XIV ob	1	459.4500 - 459.6100 MHz	portofoon bedrijfsterreinen (duplex)
	2	459.6300 - 459.7900 MHz	Wegenwacht
	3	459.8100 - 459.9700 MHz	datacommunicatie
	4	459.9900 - 460.0000 MHz	PTT proefnemingen
Groep I bb	1	460.0000 - 460.2000 MHz	linkverbindingen overheid
	2	460.2250 - 460.4250 MHz	linkverbindingen overheid
	3	460.4500 - 460.5750 MHz	linkverbindingen overheid
Groep II bb	1	460.5900 - 460.7500 MHz	reserve
	2	460.7700 - 460.9300 MHz	reserve
	3	460.9500 - 461.1100 MHz	reserve
	4	461.1300 - 461.2900 MHz	reserve
Groep III bb	1	461.3100 - 461.4700 MHz	NMT-2 (basis)
	2	461.4900 - 461.6500 MHz	NMT-2 (basis)
	3	461.6700 - 461.8300 MHz	NMT-2 (basis)

Bijlage 2
Blad 4 van 5

	4	461.8500 - 462.0300 MHz	NMT-2 (basis)
Groep IV bb	1	462.0500 - 462.2100 MHz	NMT-2 (basis)
	2	462.2300 - 462.3900 MHz	NMT-2 (basis)
	3	462.4100 - 462.5700 MHz	NMT-2 (basis)
	4	462.5900 - 462.7700 MHz	NMT-2 (basis)
Groep V bb	1	462.7900 - 462.9500 MHz	NMT-2 (basis)
	2	462.9700 - 463.1300 MHz	NMT-2 (basis)
	3	463.1500 - 463.3100 MHz	NMT-2 (basis)
	4	463.3300 - 463.5100 MHz	NMT-2 (basis)
Groep VI bb	1	463.5300 - 463.6900 MHz	NMT-2 (basis)
	2	463.7100 - 463.8700 MHz	NMT-2 (basis)
	3	463.8900 - 464.0500 MHz	NMT-2 (basis)
	4	464.0700 - 464.2500 MHz	NMT-2 (basis)
groep VII bb	1	464.2700 - 464.4300 MHz	NMT-2 (basis)
	2	464.4500 - 464.6100 MHz	NMT-2 (basis)
	3	464.6300 - 464.7900 MHz	NMT-2 (basis)
	4	464.8100 - 464.9900 MHz	NMT-2 (basis)
Groep VIII bb	1	465.0100 - 465.1700 MHz	NMT-2 (basis)
	2	465.1900 - 465.3500 MHz	NMT-2 (basis)
	3	465.3700 - 465.5300 MHz	NMT-2 (basis)
	4	465.5500 - 465.7300 MHz	NMT-2 (basis)
Groep IX bb	1	465.7500 - 465.9100 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	2	465.9300 - 466.0900 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	3	466.1100 - 466.2700 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	4	466.2900 - 466.4700 MHz	handel, industrie en partikulier transport
Groep X bb	1	466.4900 - 466.6500 MHz	politie portofoon
	2	466.6700 - 466.8300 MHz	politie portofoon
	3	466.8500 - 467.0100 MHz	politie portofoon
	4	467.0300 - 467.2100 MHz	politie portofoon
Groep XI bb	1	467.2300 - 467.3900 MHz	reserve
	2	467.4100 - 467.5700 MHz	reserve
	3	467.6000 - 467.8000 MHz	UIC/NS Telerail
	4	467.8250 - 467.9500 MHz	UIC/NS Telerail
Groep XII bb	1	467.9750 - 468.1250 MHz	UIC/NS Telerail
	2	468.1500 - 468.3100 MHz	politie INRAP-net
	3	468.3300 - 468.4900 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	4	468.5100 - 468.6900 MHz	handel, industrie en partikulier transport
Groep XIII bb	1	468.7100 - 468.8700 MHz	politie portofoon
	2	468.8900 - 469.0500 MHz	politie portofoon
	3	469.0700 - 469.2300 MHz	landelijk politienet
	4	469.2500 - 469.4300 MHz	landelijk politienet
Groep XIV bb	1	469.4500 - 469.6100 MHz	handel, industrie en partikulier transport
	2	469.6300 - 469.7900 MHz	Wegenwacht
	3	469.8100 - 469.9700 MHz	datacommunicatie
	4	469.9900 - MHz	PTT proefnemingen
		470.0000 - 608.0000 MHz	Televisie band IV
		608.0000 - 614.0000 MHz	radio astronomie
		614.0000 - 622.0000 MHz	Televisie band V
		622.0000 - 790.0000 MHz	Televisie band V
		790.0000 - 860.0000 MHz	krijgsmacht
		860.0000 - 864.0000 MHz	basisstations (konventioneel en kanaalbundeling)
		864.0000 - 868.0000 MHz	Telepoint toepassingen
		868.0000 - 870.0000 MHz	CT-1 Cordless Telephone
		870.0000 - 888.0000 MHz	digitale trunking, GSM/UIC
		888.0000 - 890.0000 MHz	digitale Short Range Radio/Telecommand
		890.2000 - 913.8000 MHz	GSM-1/2; NMT-3 (mobiel)
		914.0000 - 914.8000 MHz	draadloze telefoon (mobiel)
		915.0000 - 933.0000 MHz	digitale trunking, GSM/UIC
		933.0000 - 935.0000 MHz	Digital Short Range Radio/Telecommand
		935.2000 - 958.8000 MHz	GSM-1/2; NMT-3 (basis)
		959.0000 - 959.8000 MHz	draadloze telefoon (basis)
		960.0000 - 1215.0000 MHz	luchtvaart radio navigatie
		1215.0000 - 1240.0000 MHz	radiolokatiesystemen
		1240.0000 - 1300.0000 MHz	Amateurband 23 cm
		1300.0000 - 1400.0000 MHz	luchtvaart radarnavigatie
		1400.0000 - 1427.0000 MHz	radio astronomie
		1427.0000 - 1525.0000 MHz	vaste radioverbindingen
		1525.0000 - 1530.0000 MHz	vaste radioverbindingen
		1530.0000 - 1535.0000 MHz	maritieme en mobiele satellietverbindingen
		1535.0000 - 1544.0000 MHz	maritieme en mobiele satellietverbindingen
		1544.0000 - 1545.0000 MHz	mobiele en satellietverbindingen GMDS
		1545.0000 - 1555.0000 MHz	luchtvaart radionavigatie
		1559.0000 - 1610.0000 MHz	luchtvaart radionavigatie NAVSTAR GPS
		1610.0000 - 1626.5000 MHz	radio astronomie
		1626.5000 - 1645.5000 MHz	maritieme en mobiele satellietverbindingen PTT
		1645.5000 - 1646.5000 MHz	mobiele en satellietverbindingen
		1646.5000 - 1656.5000 MHz	luchtvaart mobiele en satellietverbindingen
		1660.0000 - 1668.4000 MHz	radio astronomie
		1668.4000 - 1690.0000 MHz	meteosatelliet en meteo-aids
		1690.0000 - 1700.0000 MHz	meteosatelliet en meteo-aids
		1700.0000 - 1710.0000 MHz	vaste radioverbindingen overheid
		1710.0000 - 1785.0000 MHz	Personal Communication Networks (PCN)
		1785.0000 - 1805.0000 MHz	vaste en mobiele radioverbindingen
		1805.0000 - 1880.0000 MHz	Personal Communication Networks (PCN)
		1880.0000 - 1885.0000 MHz	Digital European Cordless Telephone (DECT)
		1885.0000 - 2025.0000 MHz	Universal Mobile Telecommunication Systems (UMT)
		1980.0000 - 2020.0000 MHz	mobiele satellietverbindingen
		2025.0000 - 2100.0000 MHz	vaste radioverbindingen PTT
		2100.0000 - 2110.0000 MHz	krijgsmacht
		2110.0000 - 2200.0000 MHz	Universal Mobile Telecommunication Systems (UMT)
		2170.0000 - 2200.0000 MHz	mobiele satellietverbindingen
		2200.0000 - 2300.0000 MHz	krijgsmacht
		2313.0000 - 2495.0000 MHz	mobiele radioverbindingen overheid

2320.0000	-	2450.0000	MHz	amateurradio en satellietdiensten
2400.0000	-	2500.0000	MHz	ISM en kleinvermogensregeling
2445.0000	-	2475.0000	MHz	Radio Local Area Networks (RLAN)
2452.0000	-	2470.0000	MHz	identifikatiesystemen
3430.0000	-	3430.0000	MHz	radarkontroles
3600.0000	-	4200.0000	MHz	maritieme satellietcommunicatie (vast)
5850.0000	-	6425.0000	MHz	maritieme satellietcommunicatie (vast)
6425.0000	-	7125.0000	MHz	maritieme satellietcommunicatie (vast)
9300.0000	-	9500.0000	MHz	radioafstandsbediening
10700.0000	-	10950.0000	MHz	maritieme satellietcommunicatie (vast)
11200.0000	-	11450.0000	MHz	maritieme satellietcommunicatie (vast)
13400.0000	-	14000.0000	MHz	radioafstandsbediening
17300.0000	-	19700.0000	MHz	maritieme satellietcommunicatie (vast)
17805.0000	-	17975.0000	MHz	GSM straalverbindingen (bovenband)
18815.0000	-	18985.0000	MHz	GSM straalverbindingen (onderband)
18525.0000	-	18615.0000	MHz	GSM straalverbindingen (bovenband)
19535.0000	-	19625.0000	MHz	GSM straalverbindingen (onderband)
22000.0000	-	22100.0000	MHz	GSM straalverbindingen (bovenband)
22400.0000	-	22600.0000	MHz	GSM straalverbindingen (bovenband)
23200.0000	-	23300.0000	MHz	GSM straalverbindingen (onderband)
23400.0000	-	23600.0000	MHz	GSM straalverbindingen (onderband)
37000.0000	-	37500.0000	MHz	GSM straalverbindingen (bovenband)
37500.0000	-	38250.0000	MHz	GSM straalverbindingen (bovenband)
38250.0000	-	38750.0000	MHz	GSM straalverbindingen (onderband)
38750.0000	-	39500.0000	MHz	GSM straalverbindingen (onderband)

Bijlage 2
Blad 5 van 5

BIJLAGE III: TWEE-FREQUENTIE GEODETISCHE ONTVANGERS.

Het aanbod is aan voortdurende wijziging onderhevig. Uit studie van advertenties, gesprekken met fabrikanten enz. is de hierna volgende lijst samengesteld van twee-frequentie ontvangers die momenteel (oktober 1996) beschikbaar lijken te zijn. De situatie voor wat betreft de erbij behorende RTK/OTF software is in veel gevallen nogal vaag.

1. Ashtech Z-12
2. Trimble 4000 SSi of 7400 MSi
3. Leica System 300
4. Geotracer 2000 RTK. De GPS component is vermoedelijk van Ashtech, de software van Terrasat, op Topas gebaseerd.
5. AOA's TurboRogue. Status van RTK/OTF software niet duidelijk.
6. Topcon Turbo SII. Deze heeft een GPS module van AOA, en ook van deze ontvanger is de RTK/OTF status niet geheel duidelijk.
7. NovAtel. Hoewel er steeds geruchten zijn over een 2-frequentie ontvanger is dat voor deze fabrikant erg onduidelijk.
8. Carl Zeiss (Jena) GePoS 24. Dit is een nieuwe (oktober '96) twee-frequentie ontvanger. Tot voor kort werd door Zeiss met Ashtech ontvangers geadverteerd. De GPS board in de GePoS is echter van NovAtel en het gerucht gaat dat Zeiss de NovAtel maatschappij heeft opgekocht. Zij richten zich niet zozeer op maritiem werk.
9. Sokkia GSR 2100. Zij adverteert met deze twee-frequentie ontvanger. De GPS card was vroeger een Trimble, nu adverteert Ashtech dat zij leverancier zijn van GPS voor Sokkia.

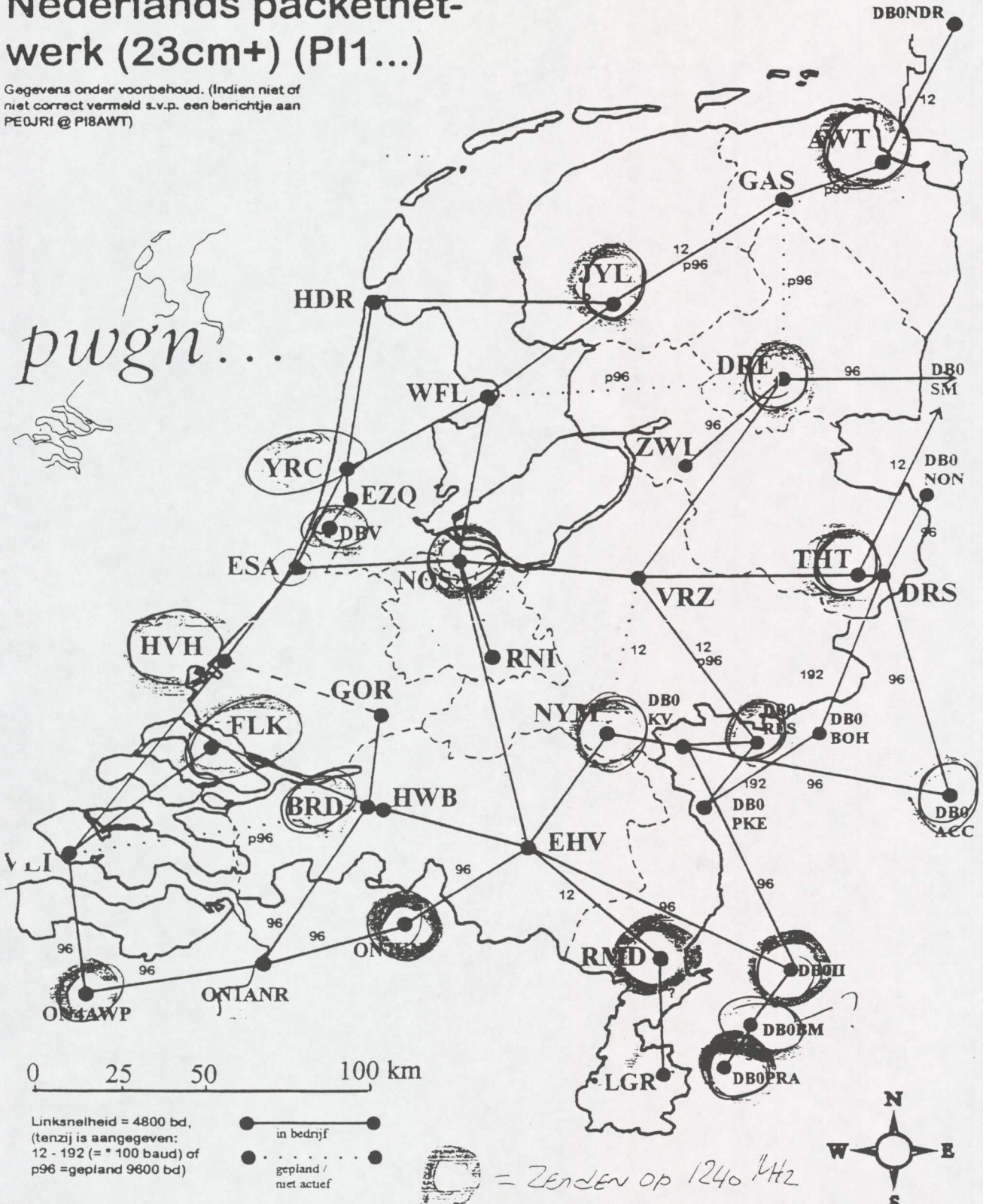
De eerste 2 (misschien 4) lijken momenteel de beste kandidaten te zijn voor werk op zee. In het algemeen richten de fabrikanten zich meer op toepassingen op land. Voorts zijn software ontwikkelingen gaande - en vermoedelijk reeds gerealiseerd - om in post-processing betere resultaten te verkrijgen, met name bij John E. Chance Company (Fugro groep), maar de software is niet te koop.

BIJLAGE IV: Interlinkverbindingen packetnetwerk (23cm+)

Interlinkverbindingen Nederlands packetnet- werk (23cm+) (PI1...)

Bijlage 4
Blad 1 van 2

Gegevens onder voorbehoud. (Indien niet of
niet correct vermeld s.v.p. een berichtje aan
PEOJRI @ P18AWT)



pwgn...

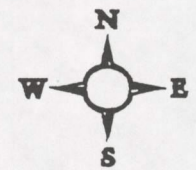
Linksnelheid = 4800 bd,
(tenzij is aangegeven:
12 - 192 (= * 100 baud) of
p96 =gepland 9600 bd)

—•—•—•—•—
in bedrijf
- - - - -
gepland /
niet actief



= Zenden op 1240 MHz

= Zenden op 209 MHz



Repro: COPY 78, Groningen

09-04-96, PEOJRI 1024
PACKETdag: 20 april 1996

GPS RFI inventarisatie Euro- Maas geul

versie 1.9
pagina 35 van 44

BIJLAGE V: ASPECTEN VAN DE DATALINK

De selectie van stations voor de GPS referentiestationen is zeer afhankelijk van de maximale afstand, die door de datalink kan worden overbrugd. Maar een ander aspect is dat het bij het toenemen van de afstand tussen het referentiestation en de meetvaartuigen steeds moeilijker wordt om de fase meerduidigheden betrouwbaar op te kunnen lossen.

Het bereik van de datalink wordt bepaald door:

- Het uitgezonden vermogen.
- De aardkromming.

In hoeverre het uitgezonden vermogen een beperkende factor is hangt o.a. af van het propagatie medium, obstakels en de gevoeligheid van de ontvanger. Het bereik kan op theoretische gronden redelijk nauwkeurig worden voorspeld.

De aardkromming is een beperkende factor, vooral ook omdat er bij de frequentietoewijzing normaliter een maximale hoogte van 5 meter boven maaiveld is opgelegd voor de zendantenne.

De formule waarmee de radiohorizon voor UHF frequenties kan worden berekend luidt, met H in meter en D in kilometer:

$$\text{Distance} = 4.1 * (\sqrt{h1} + \sqrt{h2})$$

Voor een hoogte van 9 meter voor de zendantenne en 16 meter voor de ontvangst op het schip, geeft dit een "Line Of Sight" afstand tot 28 km. Hierbij zal het "grazend" karakter van de radioweg over de golven het signaal al extra verzwakt hebben.

In figuur 2 kan worden gezien dat naast een kustlocatie, ook referentiestationen nodig zijn op het lichteiland Goeree en op het Europlatform. Voor het naar het zuiden lopende traject is het eventueel mogelijk om het signaal te relayeren via een op een boei te installeren "repeater". De hiervoor benodigde energie kan een probleem op leveren. Misschien kan installatie op de Racon bakens Noord Hinder en Noord Hinder SE een oplossing geven.

De afstandsbeperking die wordt opgelegd door de mogelijkheid om in real time de fasemeerduidigheid op te kunnen lossen is vooral ook afhankelijk van onregelmatigheden in de ionosfeer. Deze zullen met het toenemen van zonnevlek activiteit in de komende jaren toenemen.

L1/L2 ontvangers kunnen de meerduidigheid sneller oplossen dan één-frequentieontvangers, door het gebruik van "wide-laning". Zodra de oplossing is verkregen gaat de firmware in de ontvangers echter weerover op het gebruik van slechts één frequentie. In postprocessing kan vermoedelijk het afstands bereik vergroot worden door gebruik van beide frequenties. John Chance Company (Fugro groep) schijnt met succes oplossingen te hebben verkregen over afstanden van meer dan 60 km; de vereiste software is echter niet te koop, alleen te contracteren met uitvoering van de werkzaamheden.

In Nederland adverteert men o.a. volgende datalink hardware sets:

- Trimble: Trimtalk 450, Wood & Douglas TCV 450-521, Satel 1 AS
- Ashtech: Racal's DeltaLink II
- Leica : Sateline UHF

BIJLAGE VI: CONTACTEN OVER RFI

Voor het RFI onderzoek werd van veel personen telefonisch informatie verkregen. Omdat het tijdens toekomstig onderzoek nuttig kan zijn, worden de voornaamste hieronder vermeld.

- HDTP. Rijksdienst voor Telecommunicatie. Postbus 450, 9700 AL Groningen. Hr. Westenberg (technisch) tel 050-5222276. Hr. Oost (Management), tel. 050-5222179.
- HDTP, Afd. Handhaving, Capelle a/d IJssel. Hr. van Osselen 010-2075226. Biedt gebruik van hun "witte huisje" op het duin aan de boulevard in HvH (Vafamil) aan, als we locatie zoeken voor doen van metingen. Veel gedetailleerde info; erg nuttig.
- HDTP, "witte huisje" bij grote scatter radar aan boulevard HvH, Hr. Schot. Geen telefoon nummer bekend.
- Gem. Havenbedrijf Rotterdam. Frank Borsboom. Directie Scheepvaart. Tel.010-4894003 over Semafoor, Verkeerscontrole HvH en walradars. Veel onderhoud is in handen van INA, die ook gedetailleerde informatie hebben.
- Gem. Havenbedrijf Rotterdam. A.C. Noordijk, chef Hydrografie
- Tel. 010-2954183, NSC Botlek Oude Maasweg 2, 3197 KJ Rotterdam. Hebben AshtechZ12's RTK/OTF in gebruik voor lodingswerk in de havens.
- INA tel. 010-4125568. Marcel Erkelens, Hr. Letto en Hr. Feteris. Zij onderhouden o.a. de walradars en hebben ook info over kruispeilingen naar schepen m.b.v. Marifoon ontvangst stations langs de kust.
- INA, Scheveningen 070-3548330. Hr. Dreesen, de Jong, Kramer. Onderhoud Amplidan 288 KHz bakens met DGPS boodschap HvH.
- DGSM. v.d. Harst 070-3955628. Algemene info.
- DGSM Vaarwegmarkeringsdienst, Vuurtorenweg 35, 2583 XL Scheveningen. Hr. Breuer, 070-3381791. Info over de controle van lichten op pier HvH en lichteiland Goeree.
- Radio Scheveningen in Kootwijk. Hr. Nieuwenhuizen, van As, en v.d. Hoek. Tel. 055-5775350. Volledig op de hoogte van maritieme radiotransmissies bij Scheveningen en HvH.
- Defensie, Productgroep Beheer, Beheer en Onderhoud. Hr. Zonneveld, tel. 071-5169273. Weet alles van het zenderpark bij de Vafamil camping in HvH. Heeft toestemming gegeven aan amateurs van de "Contest" groep om daar zenders te plaatsen.
- Voorzitter Packet Werkgroep Nederland. J.T.S.M. Weijers, Adriaan Klaassenstraat 41, 4813 AD Breda, tel. 076-5217612. Zeer behulpzaam met verstrekken van info en heeft hun kwartaal tijdschrift opgestuurd.
- Air Traffic Control Schiphol. Contact met Hermes, 020-6022447 over Airport radar en van Alfen (tel. 020- 6022447) over de Air Route Surveillance Radar in Herwijnen e.d.
- Verbinding Uitgeverij. Ab de Molenaarpad 4, 3069 ZC Rotterdam
- tel. 010-4553258. Heeft de diskette met frequentie toewijzingen in Nederland in de verkoop.
- RWS-Directie Noordzee Postbus 5807 2280HV Rijswijk.
- Horn en Huygens tel. 070-3366600 (Meetnet)
- Hoeven tel. 070-3366860 of op HMR 0174-389121 (Packet)
- Zwan tel 070-3366600 (Meetvaartuigen, rederij)

BIJLAGE VII: SAMENVATTING VAN RFI ASPECTEN UIT GESELECTEERDE ARTIKELEN

De nummers verwijzen naar de in bijlage 8 beschreven artikelen. Voor ieder artikel is cursief het belangrijkste RFI aspect in één zin weergegeven. De beknoptheid van deze samenvattingen brengt met zich mee dat de formulering niet altijd wetenschappelijk verantwoord is. Daarvoor wordt naar de artikelen zelf verwezen.

3. **RTCA ONDERZOEK RFI BRONNEN EN ONTVANGER SPECIFICATIE.**
Voor aan boord van vliegtuigen te installeren ontvangers worden alle mogelijke storingsbronnen onderzocht. Alléén L1 ontvangers worden beschouwd. Er wordt uitgebreid aandacht gegeven aan harmonische frequenties en aan intermodulaties. Ook aan het "link budget", d.i. de wijze waarop de RFI afhangt van de separatie tussen de antennes voor GPS ontvangst en stoorbron. Specificatie voor een vliegtuigontvanger en aan boord te nemen voorzorgen worden gegeven.
4. **RFI GEVOELIGHEID VAN 4 L1/L2 ONTVANGERS VOOR VELE FREQUENTIES.**
Op diverse plaatsen in Nederland is RFI tijdens operationeel meetwerk geconstateerd. Daarom is CW RFI opgewekt voor 49 frequenties tussen 1100 en 1725 MHz, met geleidelijk opgevoerd vermogen. Grote verschillen in de gevoeligheid voor near-band en out-of-band frequenties kwamen aan het licht.
5. **ONTVANGER ONTWERP EN RFI GEVOELIGHEID.**
Het artikel is specialistisch, maar zorgvuldige studie geeft een goed inzicht. Formules voor de relatie tussen C/No ; $(C/No)_{eff}$ en J/S ratio worden gegeven. Ook formules voor de ruis in de gemeten code en de gemeten fase afstand als een functie van de J/S ratio. Het tracken van de code en de fase is niet meer mogelijk als deze ruis een bepaalde drempel overschrijdt. Dit leidt zo tot de maximale J/S drempel (in de GPS band) waarbij "goede" ontvangers nog kunnen werken. Deze blijkt voor de C/A code van de orde van 46 dB te zijn, een waarde die op 10 km afstand reeds bij 2 watt ERP van de stoorzender wordt bereikt. De drempel voor het volgen van de fase wordt veel eerder bereikt.
6. **METINGEN MET DE SPECTRUM ANALYSER IN NEDERLAND.**
De metingen werden tevens gedaan met een Leica System 300. Bij HvH verloor de Leica (buiten de Packetradio bundel) plotseling alle signalen toen een helicopter over vloog. Op 4 km van de TV zender Lopik werd geen stoorsignaal gemeten op L1 maar wel op 1262 MHz (-85 dBm). Op 800 m van de zender werd op 1557 MHz een vermogen gemeten van -110 dBm. De Leica functioneerde in beide gevallen goed. Bij een radarpost van Schiphol mat de spectrum analyser een signaal op 1236 MHz van -77 dBm. De Leica ontving daar geen L2 voor 3 lage satellieten. Het rapport behandelt ook aspecten van de spectrum analyser.
7. **RFI TIJDENS OPERATIONELE METINGEN IN NEDERLAND.**
Problemen bij HvH, Texel, Beverwijk en Twente worden gemeld en hun samenhang met nabije zendantennes en resultaten met een spectrum analyser gemeld.

8. RFI ONDERZOEK AAN TWEE HAND-HELD ONTVANGERS.
De (simpele) L1 ontvangers zijn blootgesteld aan RFI signalen in-band, near-band en out-of-band. Zowel CW als gemoduleerde stoorsignalen zijn gebruikt. De gevoeligheid wordt grafisch weergegeven en blijkt in overeenstemming te zijn met wat de auteurs hadden verwacht.
9. INVLOED VAN TV ZENDERS OP L1 ONTVANGER.
De 2e harmonische van een 2 Megawatt TV zender blijkt de ontvanger tot op 3 km afstand te beïnvloeden. De 8ste harmonische van een 316 KW zender tot op 16 km. Rapportage is heel summier.
15. VERDER INZICHT IN ONTVANGER ONTWERP EN IN C/N.
Een van de eerste artikelen over GPS signalen (1978). Voor algemene educatie.
16. RELATIE C/N EN J/S.
Ook een artikel uit 1978. Evenals in [5] worden formules gegeven voor de ruis in code en fase loops als een functie van C/N. Geeft de eenvoudige relatie: $C/N + J/S = 70$ dB (voor P-code), die vrijwel hetzelfde resultaat geeft als de ingewikkelde formule in [5].
17. RELATIE RUIS OP CODE EN FASE TOT C/N.
Eveneens een artikel uit 1978, dat inzicht geeft in de betekenis van C/N (spectrale dichtheid). Voor een normale C/N van 30 dB-Hz is P-code ruis 1 meter (1 sigma).
18. INFORMATIE OVER PACKETRADIO WERKGROEP NEDERLAND.
Is voor insiders/leden. Geeft geschiedenis van de opbouw, en vooral twee nuttige kaartjes.
103. RFI VLUCHT OVER WEST EUROPA.
Getoond wordt dat vooral boven Italië veel in- en near-band interferentie voor L1 optreedt. Voorts niet toegelichte signaalsterkte-grafieken, die lijken te tonen dat het vermogen van 2e en 3e harmonische hoger zijn dan voor de fundamentele frequentie ??
108. INVLOED VHF, SATCOM EN RADAR TRANSMISSIES OP EEN SCHIP.
Vijf L1 ontvangers werden getest in de nabijheid van zenders. Er was geen indicatie dat scheepsradar, een UHF 915 MHz phone en een Raconbaken RFI veroorzaakten. Dat was wel het geval voor VHF Marifoon op kanaal 30 (157.5 MHz, 25 Watt) en op enige andere kanalen op 1-6 meter afstand, maar niet voor alle ontvangers. Ook was er enige indicatie voor RFI door Inmarsat transmissies. Te dicht bij een zendantenne dient vermeden.
109. RFI DOOR MICROWAVE LINK IN HAVEN STAVANGER.
Van 4 ontvangers ondervonden er 2 (1 L1 en 1 L1/L2 ontvanger) RFI in de bundel van een 1533 MHz radio link op 500 m afstand. Het stoorvermogen was vermoedelijk -60 dBm. Vervolgens werden 5 ontvangers getest met opzettelijke stoorsignalen van 1520 to 1625 MHz. Kwetsbaarheid in-band en near-band verschilde voor de diverse ontvangers.
116. STORING DOOR DIGIPEATER NETWERK IN DUITSLAND.
Dit is het Duitse Packetradionetwerk. 250 zenders opereren op 1240 MHz (25 Watt?). Trimble 4000 SSE vertoonde RFI, 4000 SSi in mindere mate.
124. RFI IN VLIEGTUIG DOOR IN-BAND STORING (1 m TOT 90 KM).
Een stoorzender op 1 m, 500m, 2, 9, 28 en 93 km afstand voerde het vermogen op de ontvanger in het vliegtuig alle SV's verloor. Dit gebeurde bij (theoretisch berekende) veldsterkten van de orde van 0.1 tot 1 mV/m.

BIJLAGE VIII: LITERATUURLIJST OVER RFI BIJ GPS

1. "Radio Regulations"; ITU, 1985, ISBN 92-61-04141-8
2. NFVP Nationaal Frequentieverdelingsplan. Frequency allocations in the Netherlands 1995. Derde uitgave. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Hoofddirectie Telecommunicatie en Post.
3. Assessment of Radio Frequency Interference Relevant to the GNSS and Recommended Mitigation Techniques. Draft version 7 Sept. 1994. RTCA/SC-159 ad hoc subcommittee. (Working Group 6).
4. Sluiter, P.G., Haagmans, M.E.E. (Consultant and Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management).
"Comparative Test between Geodetic Y-code GPS Receivers"; GIM, International Journal for Geomatics; August 1995.
5. Ward, P.W., (Navward Consulting); "Dual Use of Military Anti-Jam GPS Receiver Design Techniques for Commercial Aviation R.F. Interference Integrity Monitoring"; ION-GPS94, 50th Annual Meeting, June 1994, US
6. Otting, Bas; "GPS Interferentiemetingen in Nederland" Afdeling Vliegtuigoperatie, Technische en Maritieme Fakulteit. Hogeschool van Amsterdam, 1995.
7. Haagmans, M.E.E. "GPS Signal Reception Problems: The Situation in the Netherlands". DSNS Conference; Londen; April 1994.
8. Daher, J.K., Harris, J.M., Wheeler, M.L., (Georgia Tech Research Institute); "An Evaluation of the Radio Frequency Susceptibility of Commercial GPS Receivers"; IEEE AES Systems Magazine, Oct. 1994.
9. Hutchinson, A.D., Weitzen, J., (MITRE Corp. and Univ. of Massachusetts, Lowell); "Television Interference to GPS"; Interim document for RTCA/SC-159, WG 6; June 7, 1994.
10. Owen, J.I.R.; "A Review of the Interference Resistance of SPS GPS Receivers for Aviation"; Navigation Journal of the Institute of Navigation, Vol. 40, No. 3, Fall 1993.
11. Moelker, D.-J.; (T.U. Delft) "Interferentie in GPS ontvangers"; Workshop Precisie Plaatsbepaling met DGPS in Nederland, The Hydrographic Society, Rotterdam 17 maart 1995.
12. Czopek, F.M., Shollenberger, S.; "Description and Performance of the GPS Block I and II L-band Antenna and Link Budget"; ION-GPS-93, Salt Lake City, Sept. 1993.
13. Owen, J.I.R., Briggs, P. Lovett, A., Nisner, P. " GNSS Differential Performance in an Operational Environment. Unknown where published.
14. Ward, N. Johannessen R.; "Overcoming Interference to Reception of GPS at Sea"; ION GPS-94; Salt Lake City, September 1994.
15. Spilker, J.J. ; "GPS Signal Structure and Performance Characteristics"; Global Positioning System papers published in Navigation. 1980. ISBN 0-936406-00-3.
16. Hemesath, N.B.; "Performance Enhancement of GPS User Equipment"; Global Positioning System papers published in Navigation. 1980. ISBN 0-936406-00-3.
17. Martin, E.H.; "User Equipment Error Models". Global Positioning System papers published in Navigation. 1980. ISBN 0-936406-00-3.
18. Lustrum-editie Connect >. Officiële Periodiek van de Vereniging Packetradio Werkgroep Nederland (PWGN).

100. The following papers are all in the Workshop Notes of "GPS Interference- is it a problem?" of The (British) Royal Institute of Navigation, held on 12-13 October 1995. Davies, E.B. (Chairman Organizing Committee); "Introductory Overview"; page 1-3.
101. Lawson, J., (Chief Engineer Navigation Services, CAA/National Air Traffic Services, U.K.) "Living with Interference"; see 100, page 5-14.
102. Jayasuriya, D., (Radio Communications Agency, U.K.). "What is the Law and who Polices it?"; see 100, page 15-24.
103. Owen, J.I.R., (Defence Research Agency, Farnborough, UK.) "Susceptibility of GPS and GLONASS to Interference" see 100, page 25-44.
104. Kent, P.A., (IALA Consultant). "IALA Perspectives"; see 100, page 45-48.
105. Casswell, R.M., (USCG Navigation Information Center) "The USCG Navigation Center Navigation Information Service Interference Reporting"; see 100, page 49-62.
106. Van de Kop, F., (US Naval Oceanographic Office). "GPS Interference"; see 100, page 63-76.
107. Sluiter, P.G., Haagmans, M.E.E. (Consultant and Dutch Ministry of Transport, Public Works and Water Management). "Comparative Test between Geodetic Y-code GPS Receivers"; see 100, page 77-82. Reprint from GIM.
108. Ward, N. (Trinity House Lighthouse Service). "Interference to GPS in the Marine Environment": see 100, page 83-122.
109. Berggraf, O., (Statens Kartverk, Stavanger, Norway) "Electromagnetic Interference observed with a GPS Receiver in Stavanger Harbour"; see 100. page 113-122.
110. Richardson, D.W., Technical Manager, RTCA Technical Committee. "US Aviation Concerns and Experiences"; see 100 page 123-144.
111. Scaramuzza, M., Geiger, A. (Institute of Geodesy and Photogram-metry, ETH Zurich, Switzerland). "Use of Digital Terrain Models for Detection of Potentially Interfering Zones"; see 100, page 145-150.
112. Schulte-Elte, M. (Swisscontrol Geneva). "GPS Interference Search around the Swiss Lugano/Agno Airport"; see 100, page 151-166.
113. Moore, A. (Squadron Leader Royal Air Force, Cranwell). "GPS Interference on Approach to Edinburgh Airport"; see 100, page 167-174.
114. Nelson, A. (Booz, Allen & Hamilton). "Practical Multipath Evaluations"; see 100, page 175-205.
115. Calvert, C. (Ordnance Survey, UK). "GPS Interference- the Land Surveyor's Perspective"; see 100, page 206-215.
116. Butsch, F. (Institute of Navigation, University of Stuttgart). "GPS Interference in Germany. Experiences during the ISAN project"; see 100 page 216-228.
117. Ramsey, J. (Fugro Starfix Europe). "Identification of Interfering Sources"; see 100, page 229-236.
118. Savill, M.A., (Chairman RIN UK Civil Satnav Group). "Report on the GPS Interference Questionnaire promulgated by the Royal Institute of Navigation"; see 100 page 237-250.
119. Chesto, L.F., (Chairman RTCA SC-159). "RTCA SC-159 Interference Activities"; see 100, page 251-268.
120. Riley, S., (Dept. Electornic and Electrical Engineering, University of Leeds). "Receiver Design and RF Interference"; see 100, page 269-280.

121. Moelker, D-J., (Delft University of Technology).
"Interference Suppression for GPS"; see 100 page 281-290.
122. Pratt, A.R., (Peek Traffic Ltd.).
"A Manufacturing View"; see 100, page 291-292.
123. Beatty, C.D., (Ashtech Europe).
"Interference and GPS, a Manufacturers View"; see 100, page 293-294.
124. Stevens, E.G., (ERA Technology Ltd.).
"Interference Trials on Aircraft GPS Receivers"; see 100, page 295-306.
125. Johanessen, R., (Lambourne Navigation).
"The GPS Stanstead Project"; see 100, page 307-308.
126. Ward, P.W., (Navward GPS Consulting).
"Five proven Techniques for Detection and Mitigation of RF Interference (RFI) in GPS Receivers, see 100, page 309-311.
127. Skidmore, T.A., (Ohio University).
"RTCA WAAS MOPS Interference Levels and Test Procedures"; see 100, page 313-316.
128. Skidmore, T.A., Johnson, M.W., (Ohio Univ. and Rockwell Int.).
"WAAS Sensor Interference Testing"; see 100, page 317-326).
129. Kovar, P., Fiser, J., Vejrazka, F. (Czech Techn. Univ. Prague)
"Influence of the Construction of the Radiofrequency Part of the Navigation Receiver on the Interference Immunity"; see 100 page 327-330.
130. Ward, D.D., (Motor Industry Research Association).
"UK Field Survey of RF Radiation in the Environment"; see 100. page 331-335.
131. Final discussion and conclusions.
Last D., (University of Wales, Bangor).
"What have we learned? ", see 100, page 337-340.

