



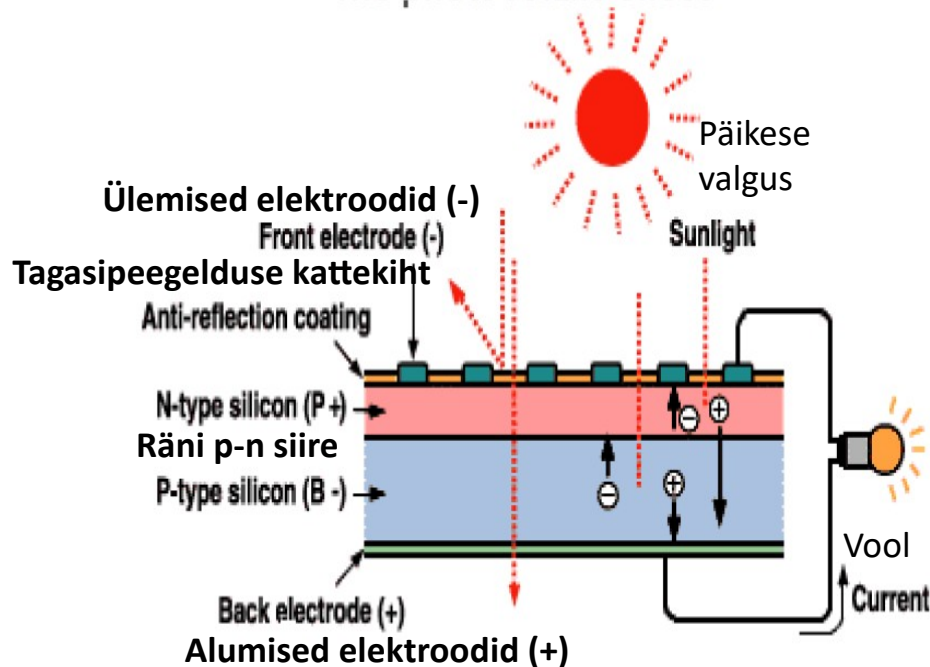
PEJ ja TEJ

RAADIOHÄIRED

Foto: IMAGO/Christian Ender

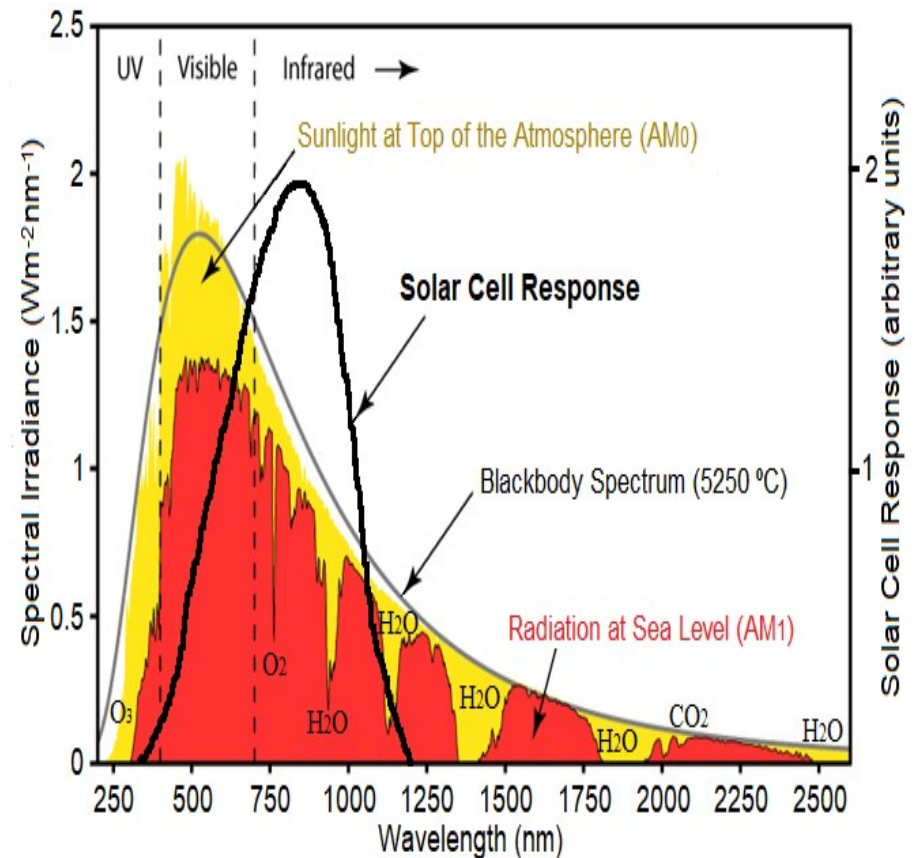
Päikeseelemendi tööpõhimõte

Valguse kiirgusenergia muundamise efekt



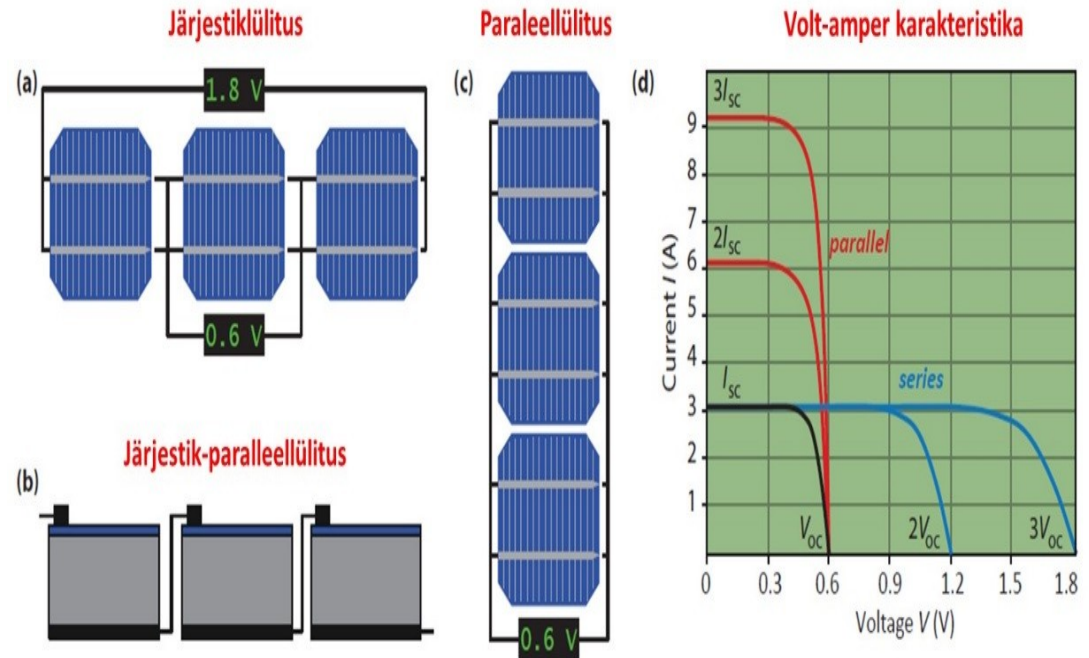
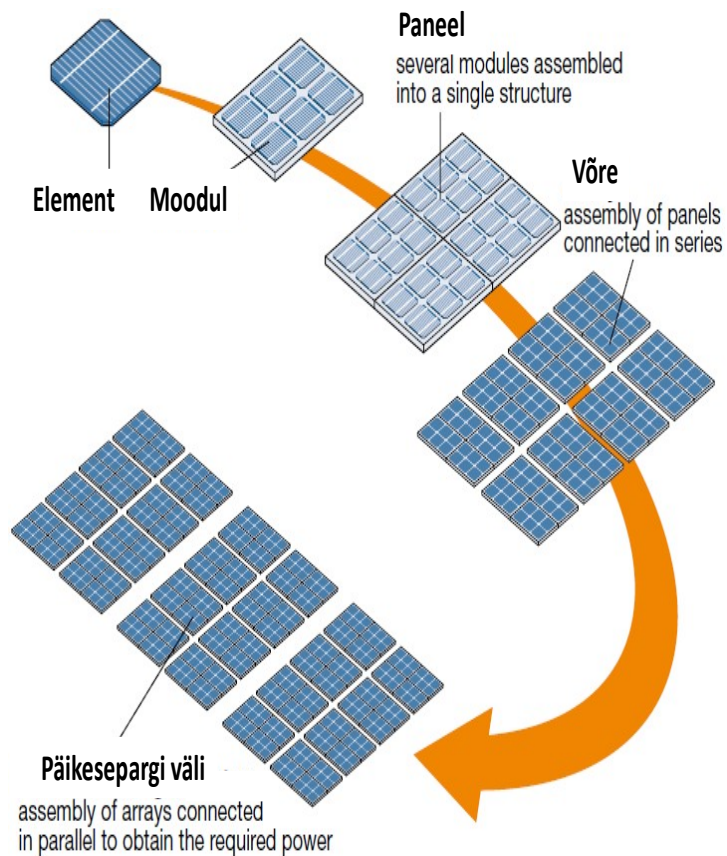
Päikese-elemendi ristlõige:

Elektroodid ränipooljuhi ühendamiseks
Räni n-siire elektronjuhtivusega pooljuht
Räni p-siire aukjuhtivusega pooljuht
Väljund ahel ühendatud koormusega



Päikesekiirguse spekter ja räni
päikeseplatari spektraalne tundlikkus mis
on kõige efektiivsem nähtavas spektris ja
lähiinfrapuna osas

Päikese energia elektrienergiaks muundamine

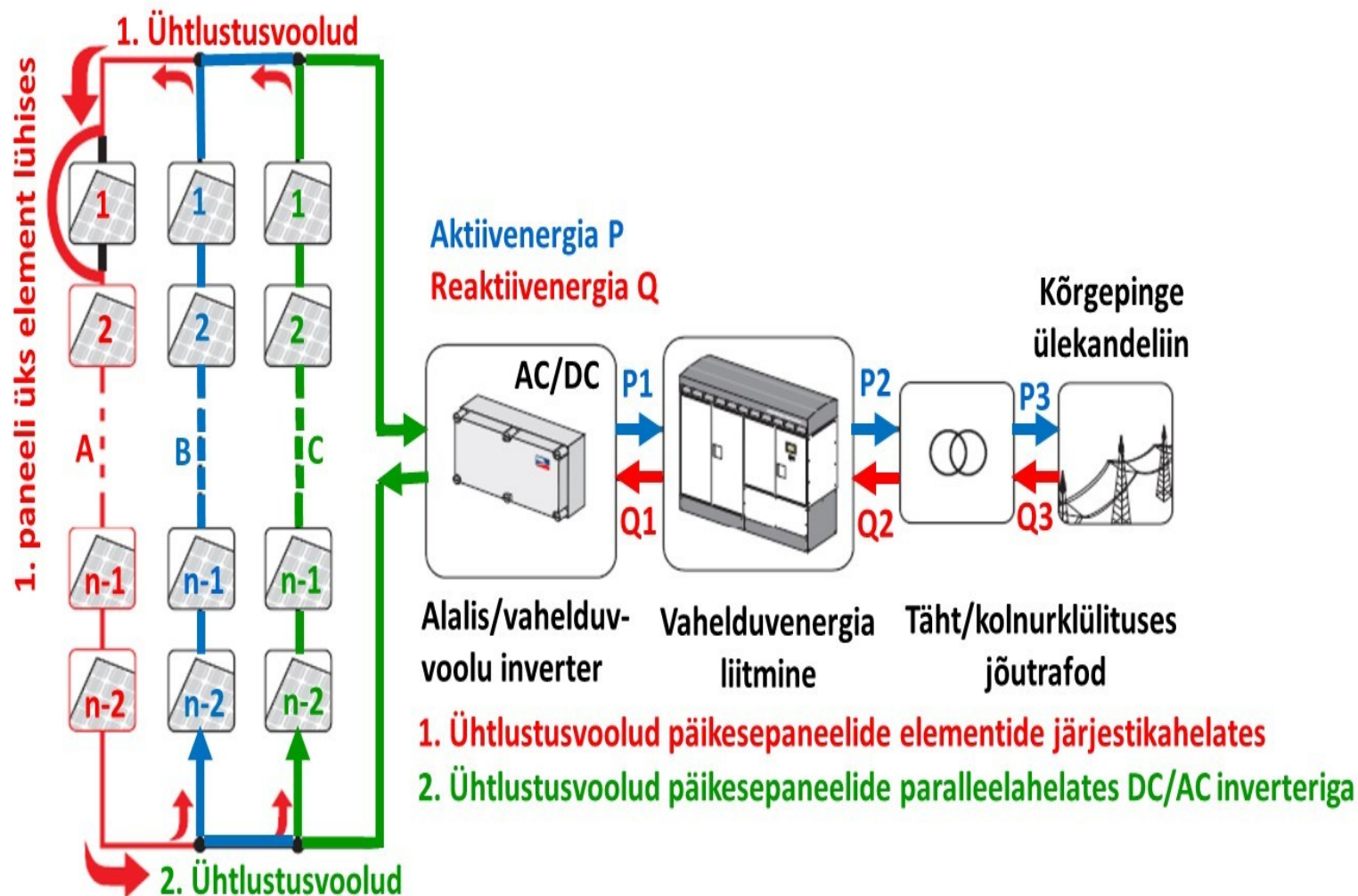


Päikesepaneelide elektrilised lülituse võimalused:

- a) Järjestiklülitus
- b) Järjestik-paralleellülitus (kombineeritud lülitus)
- c) Paralleelne ning kombineeritud lülitus

Päikeseenergia elektrienergiaks muundamise koostisosad: element, moodul, paneel, võre, väli.

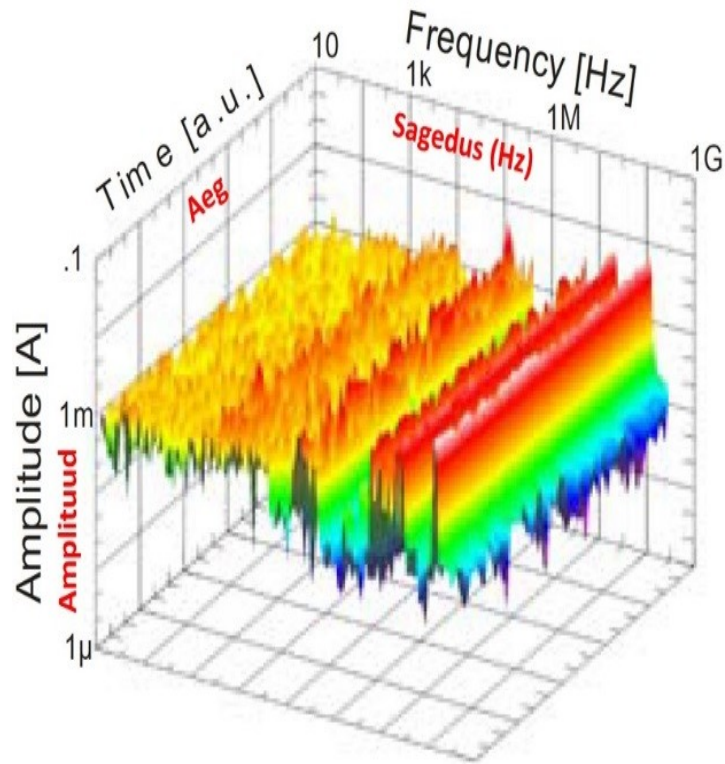
PEJ võrku ühendamine ja probleemid elektri tootmisel



Päikesepaneeli elementide paralleellülitusel tekkivad ühtlustusvoolud, mis vähendavad paneelide töökindlust ning kasutegurit.

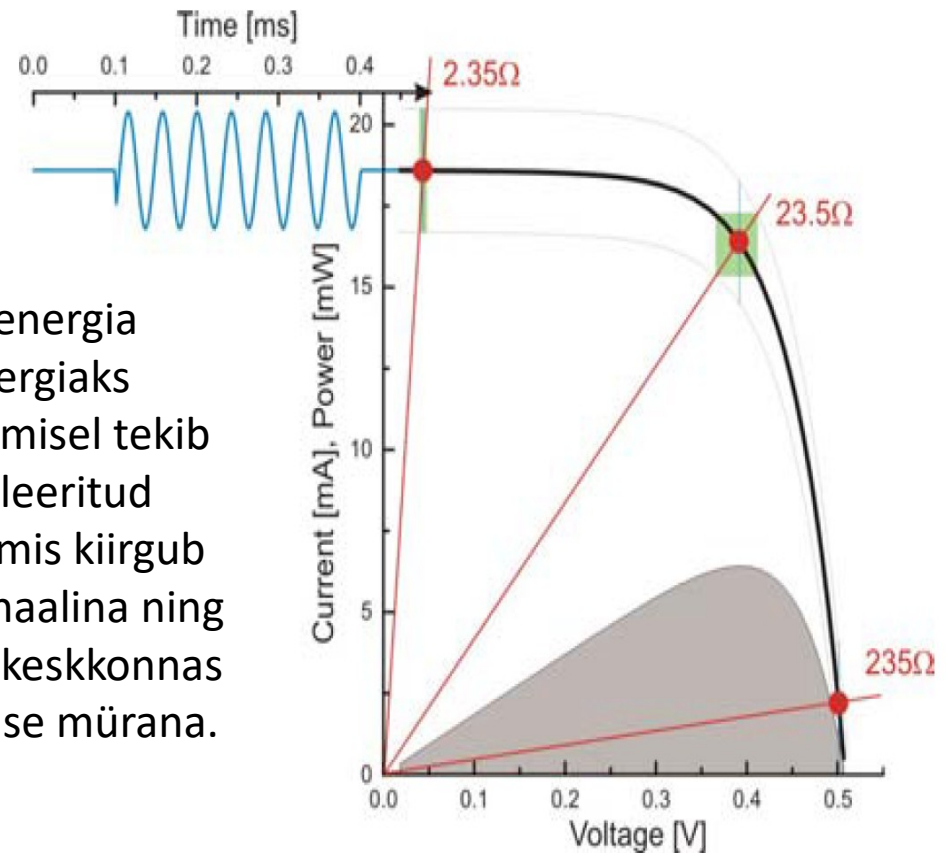
Päikeseelement kui raadio-häirete allikas

Mooduli töötamisel emiteeritav kiirguse spekter



10 W päikesemooduli ühe maatrikselemendi voolu müra-spekter ümbritsetuna elektromagnetilisest kiirgusest (Current noise spectra due to ambient electromagnetic radiation of a **10W** solar module).

Räni p-n siirde V-A karakteristik ning eralduv elektromagnetiline kiirgus



Päikese energia vooluenergiaks muundamisel tekib demoduleeritud signaal, mis kiirgub häiresignaalina ning avaldub keskkonnas laiaribalise mürana.

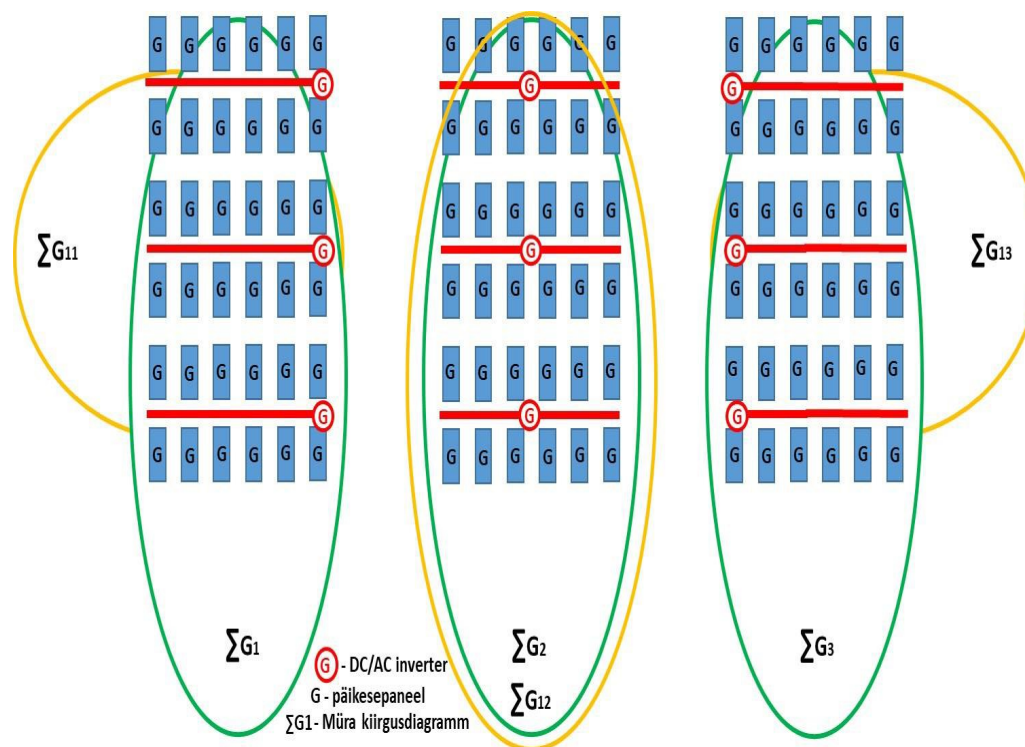
Demodulatsiooni efekt räni-tüüpi päikese elemendil.
The demodulation effect of a mc-Si solar cell.

Allikas

https://www.researchgate.net/publication/318095422_A_Study_of_the_Antenna_Effect_of_Photovoltaic_Modules

PEJ kui suundantenn

Päikesepargi RF kiirgusdiagramm tekib päikese paneelide (**PP**) ja elektrikaabelduse (**EK**) laiaribalisteemissioonidekoosmõjust



Sõltuvalt elektrivõrku ühendamise moodusest saame erinevad suunadiagrammid

Raadioamatööri naabrer paigaldaldas oma maja katusele PEJ tema spektromeetri ekraan näitas sellist häiringut.



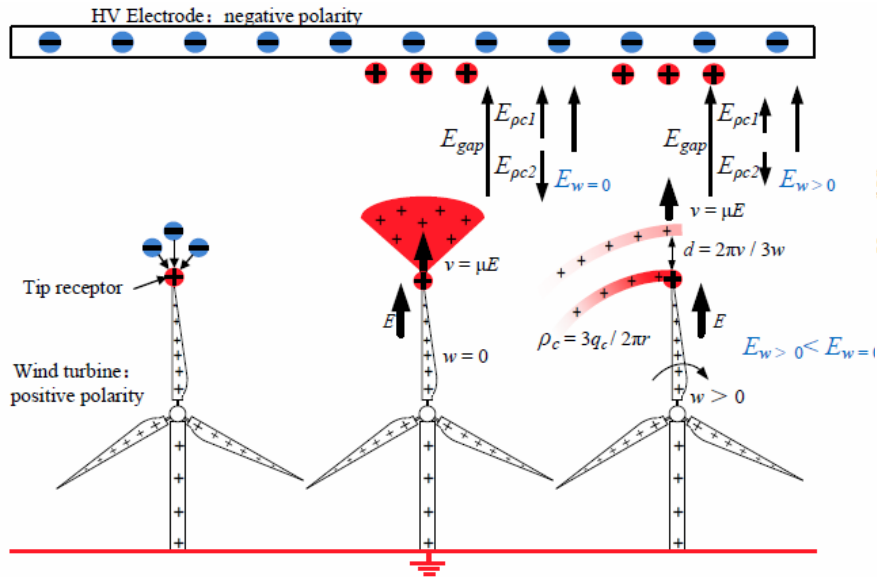
Pilt saidilt Radiohobbyist.org

TUGENNIDE SAGEDUSHÄIRINGUD

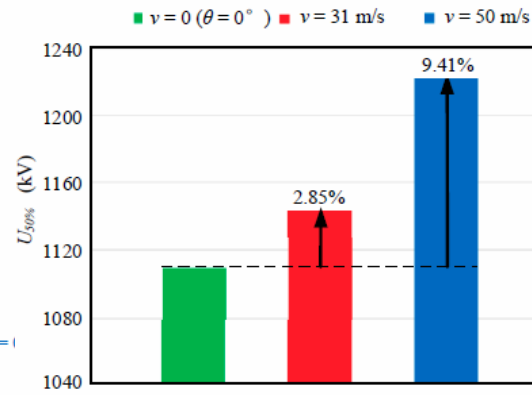
F: Andrus Raun



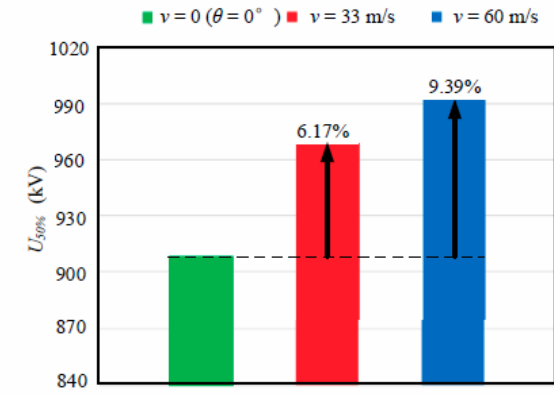
STAATILINE ELEKTER TUGENNI LABADEL



Labade liikumisel indutseeritakse positiivsed laengud. Positiivsete ionide laetud pilve väljatugevus sõltub tugenni labade kõrgusest ja pöörlemise kiirusest.

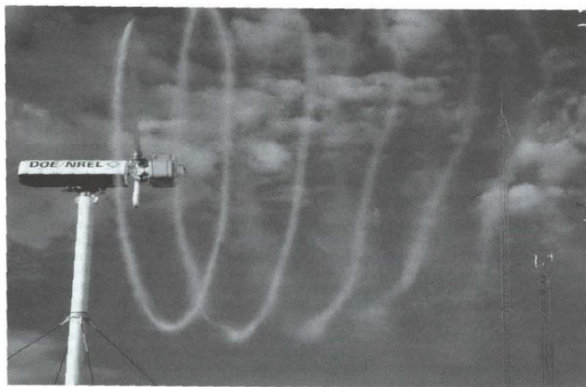


(a)

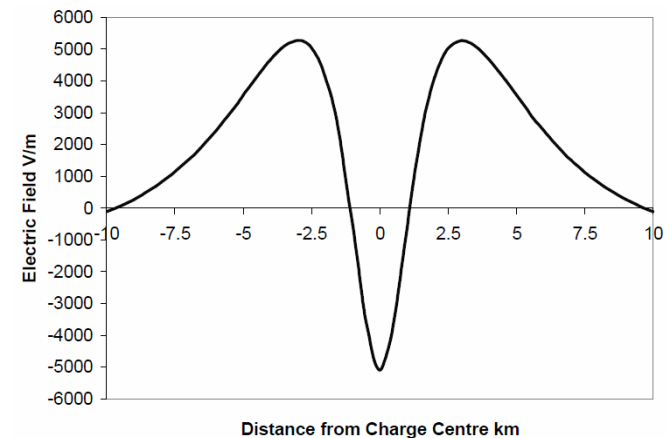


(b)

Tugenni laba on valmistatud komposiitmaterjalidest (mitte voolujuhtiv, dielektrik-materjal), milles indutseeritakse maapinna suhtes positiivse polaarsusega kõrgepinge kuni 1240 kV, mille suurus sõltub laba pikkusest ja tipu joonkiirusest ($v = 0 \dots 60$ m/s).

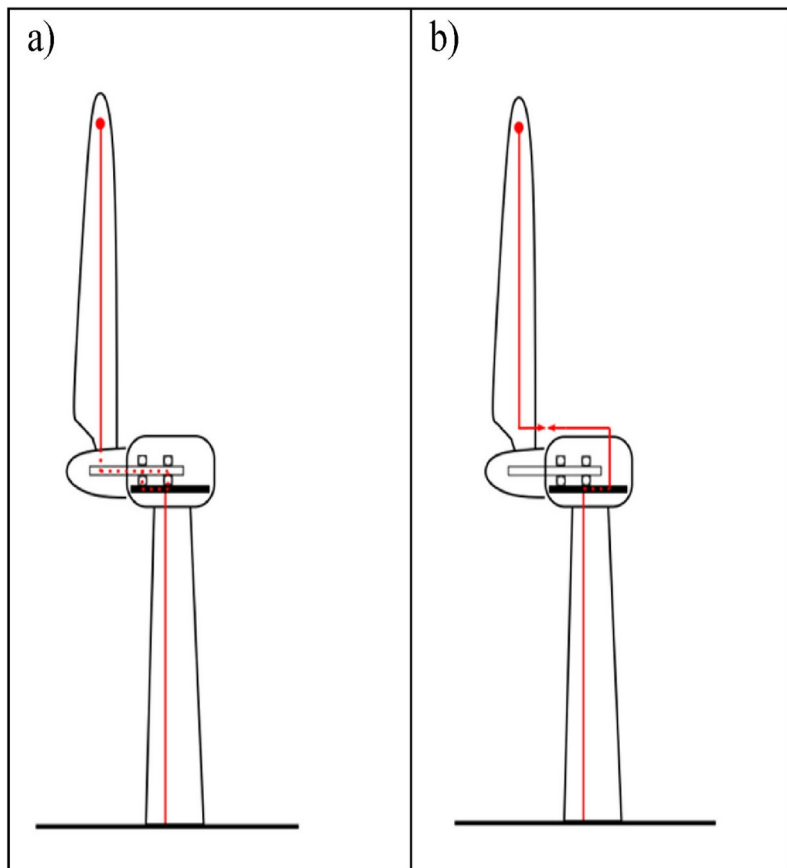


Tugenni labadelt ioniseeritud laengute pilve tekkimine nähtavas gaasikeskkonnas



Tugenni labade elektrivälja ($0 \dots \pm 6$ kV/m kohta) jaotus sõltuvalt tuuliku tsestrist ($0 \dots 10$ km).

KAARLAHENDUSE POOLT TEKITATUD HÄIRED SIDEVAHENDITELE

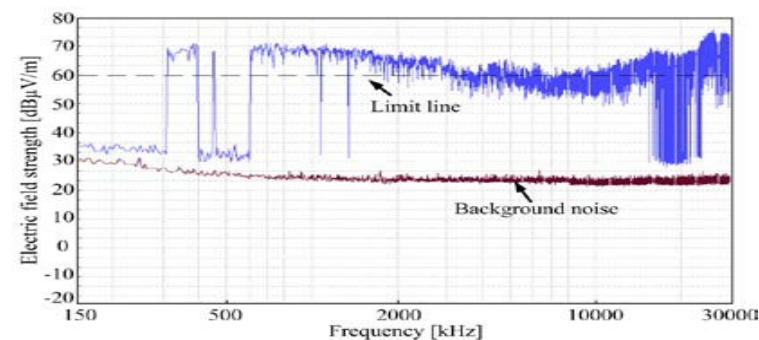


a – täielikult juhtiv ühendus, kus labad on maandatud läbi peavölli
b – isoleeritud tuuleturbiini labad sädemevahega

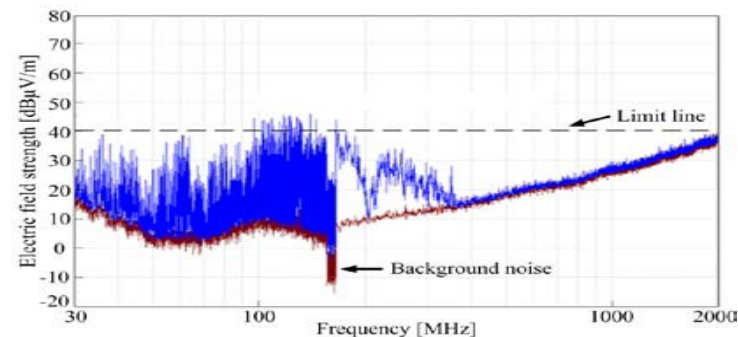


Maandusvöö ja sädepiirikuvahe > 30 cm
staatilise laengu läbilöök >900 kV

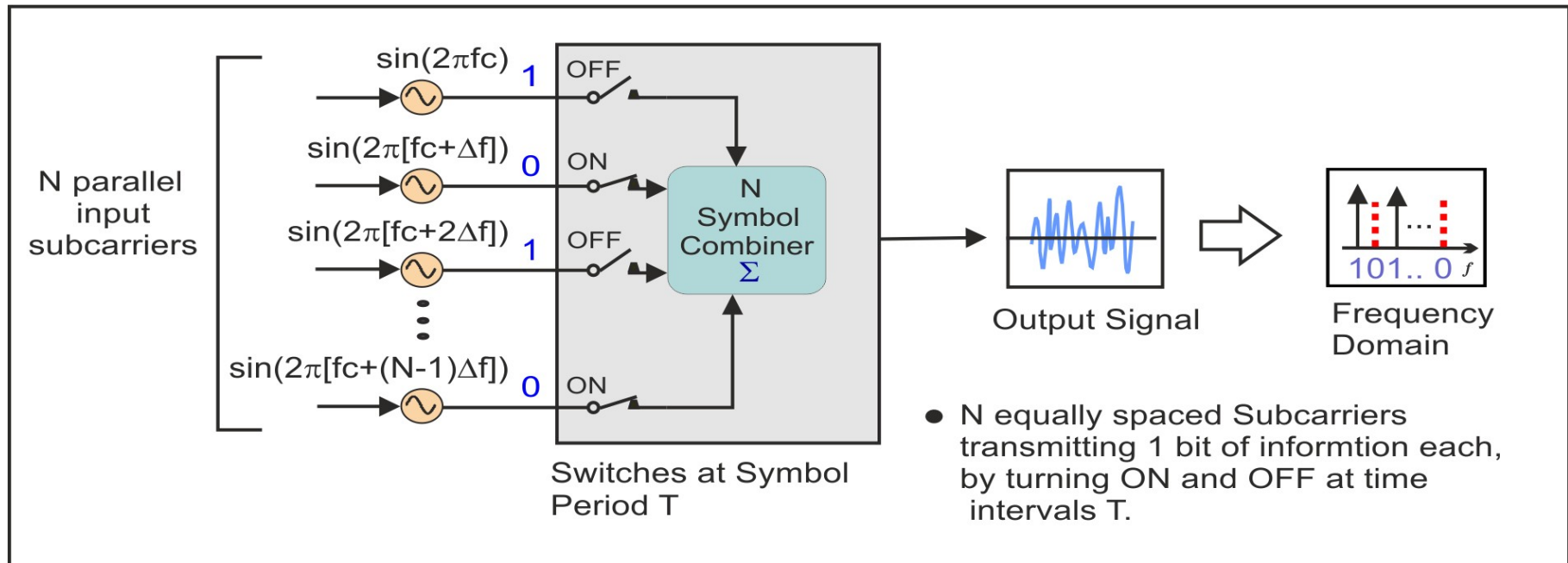
150 [kHz]–30 [MHz]



30 [MHz]–2 [GHz]



OFDM-signaali genereerimise analoogpõhine implementatsioon



Simple OFDM Generation

Selles lihtsas OFDM-süsteemis on N sinusoidaalset sisendsignaali.

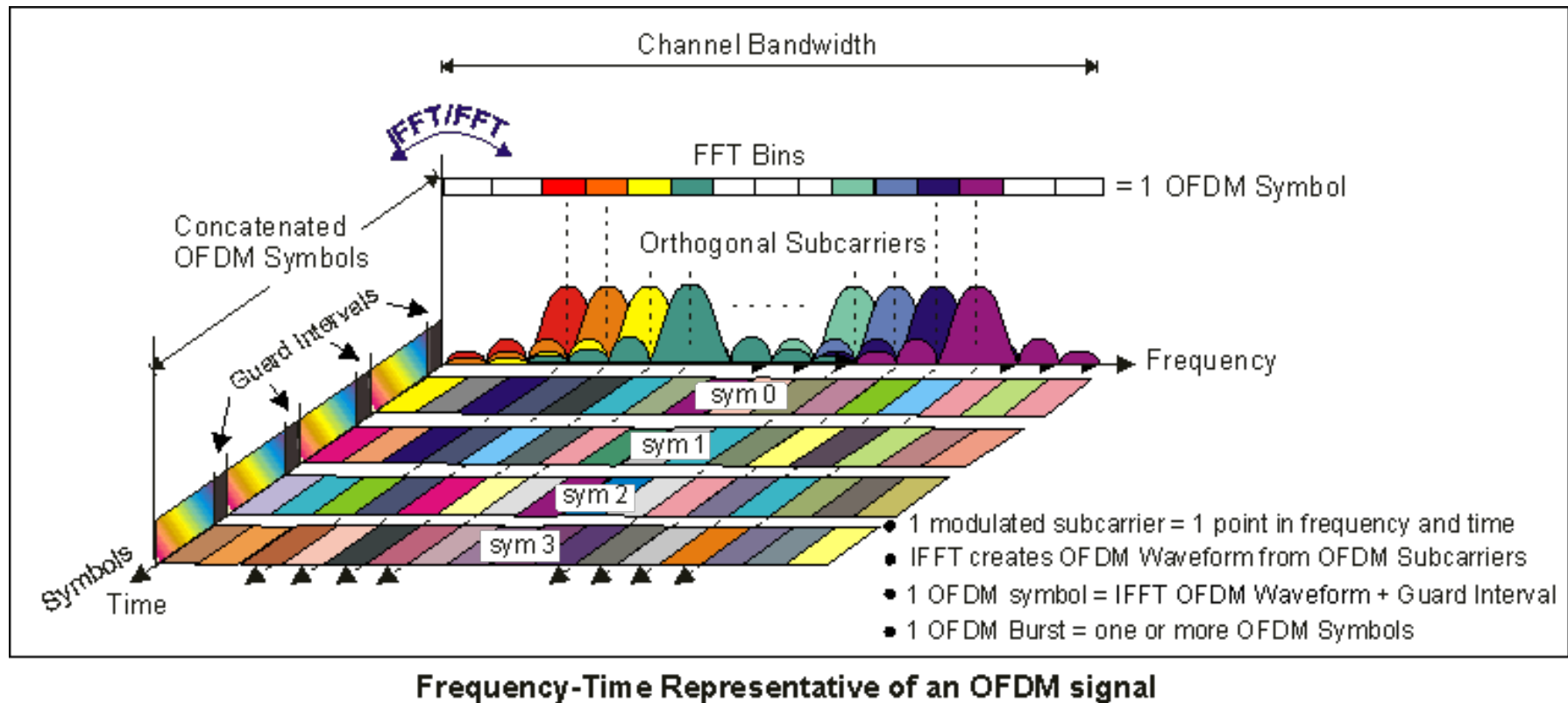
Iga alamkandja edastab ühe biti informatsiooni (kokku N bitti), mida näitab selle olemasolu või puudumine väljundspektris.

Iga alamkandja sagedus valitakse ortogonaalse signaalikomplekti moodustamiseks. Need sagedused on vastuvõtjas teada ka signaali taastamiseks.

Väljundit uuendatakse perioodilise intervalliga T, mis moodustab sümboli perioodi.

Ortogonaalsuse säilitamiseks peab T olema alamkandjate vahe pöördväärtus.

OFDM-signaali põhikontseptsioone ja sagedus- ning ajadomeenide omavahelist seos

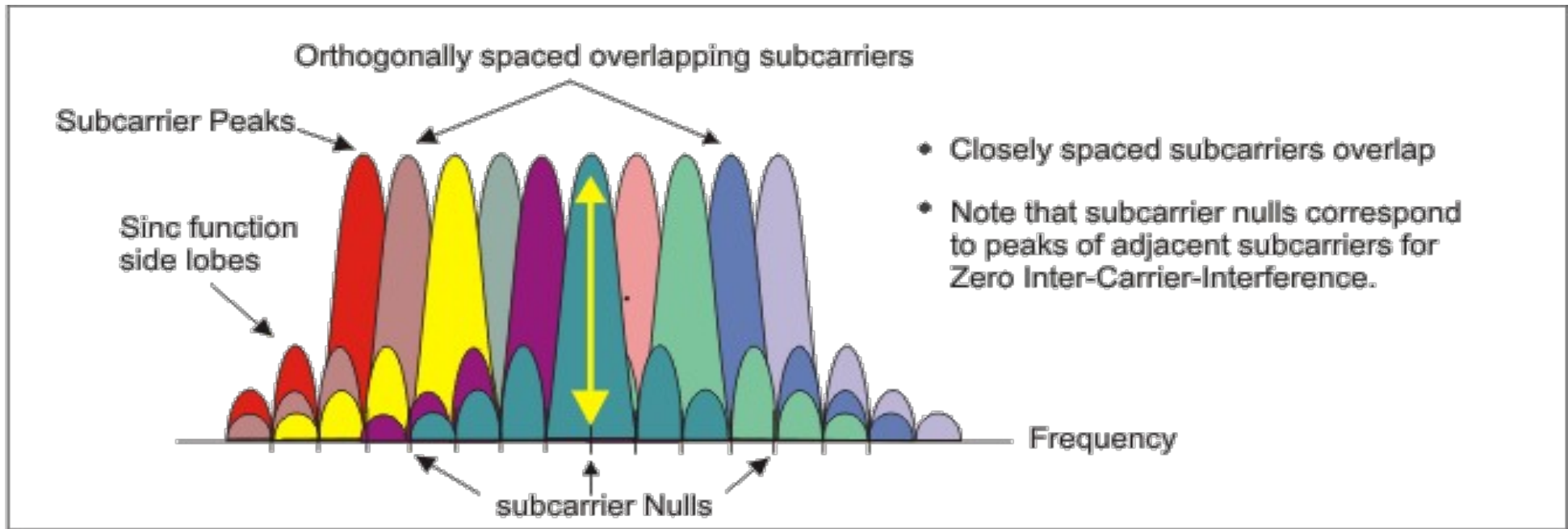


Sagedusdomeenis moduleeritakse mitut kõrvuti asetsevat tooni või alamkandjat igaüks iseseisvalt keerukate andmetega.

Sagedusdomeeni alamkandjatel teostatakse pöördvõrdeline FFT-teisendus, et luua ajadomeenis OFDM-sümbol. Seejärel lisatakse ajadomeenis iga sümboli vahele kaitseintervallid, et vältida raadiokanali mitmeteelise viivituse leviku poolt vastuvõtjas tekkivat sümbolitevahelist interferentsi. Lõpliku OFDM-signaaliimpulsi loomiseks saab mitu sümbolit liita.

Vastuvõtjas teostatakse OFDM-sümbolitel FFT, et taastada algsed andmebitid.

OFDM-signaali saab kirjeldada kui tihedalt asetsevate FDM-alamkandjate komplekti



OFDM Signal Frequency Spectra

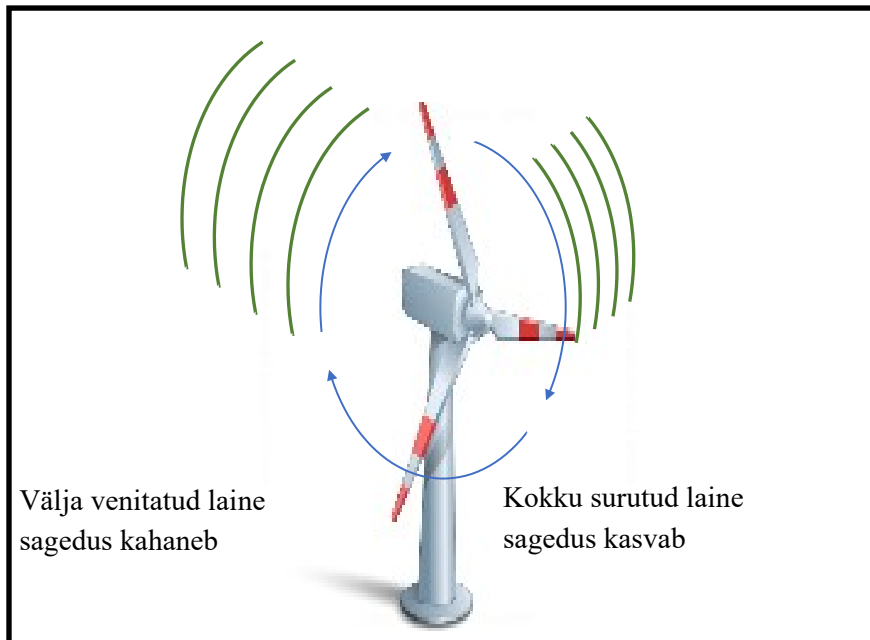
Ortogonaalsete alamkandjate kasutamine võimaldab ribalaiuse kohta rohkem alamkandjaid, mille tulemuseks on spektraalse efektiivsuse suurenemine.

Täiuslikus OFDM-signaalis hoiab ortogonaalsus ära kattuvate kandjate vahelise interferentsi.

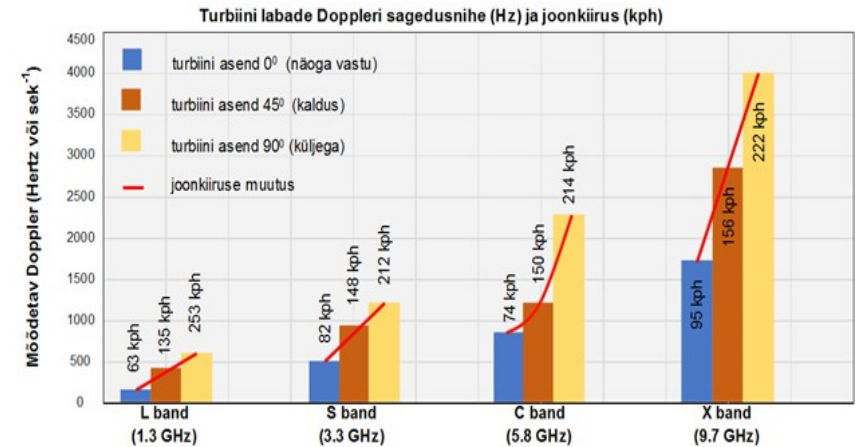
FDM-süsteemides põhjustab interferentsi igasugune külgnevate signaalide spektrite kattumine.

OFDM-süsteemides häirivad alamkandjad üksteist ainult siis, kui ortogonaalsus kaob. Näiteks põhjustab sagedusviga alamkandjate sageduste nihkumist nii, et spektraalsed nullid ei ole enam joondatud, mille tulemuseks on alamkandjatevaheline interferents.

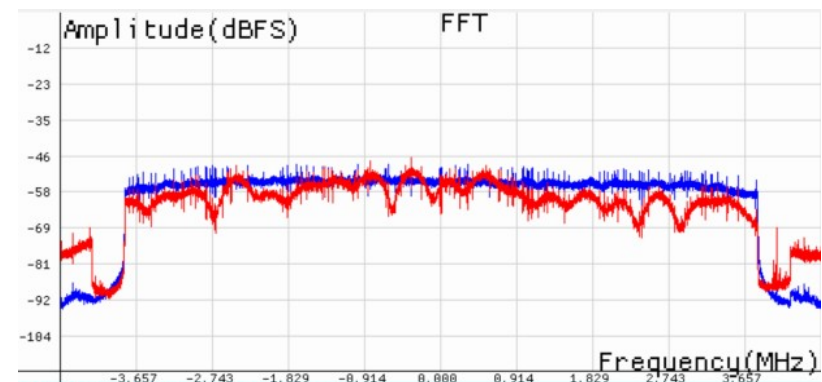
TURBIINI LABADE PÖÖRLEMISEST TEKITATUD DOPPLERI SAGEDUSNIHE



Rootori tiiviku suunas liikuv elektromagnetlainne surutakse kokku (sagedus kasvab) ning eemaldumisel venitatakse välja (sagedus kahaneb).

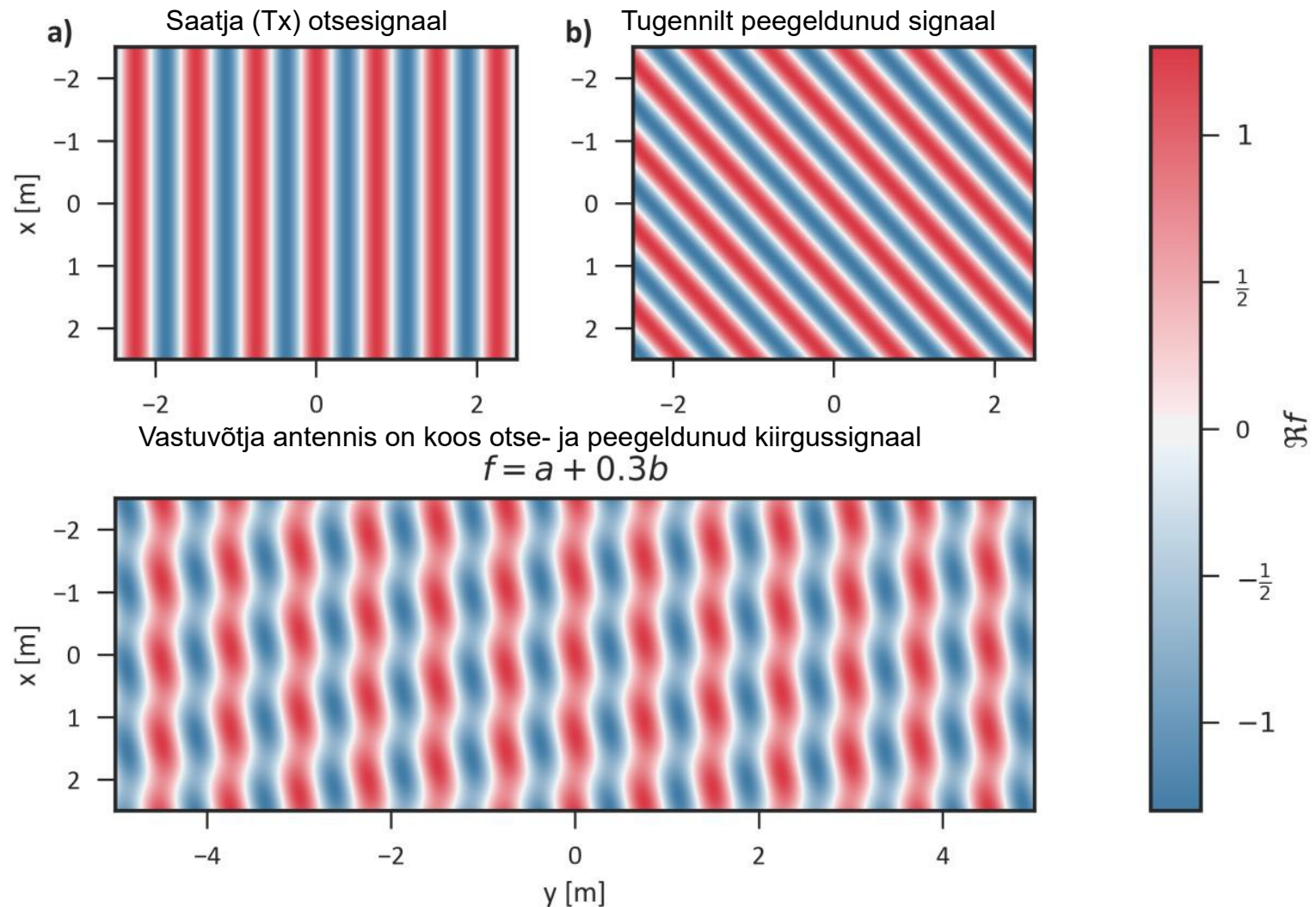


Tugenni labade pöörlemisest põhjustatud Doppleri sagedusnihke suurus sõltuvalt turbiini asendist (0° , 45° , 90°).



Passiivradari tugi- ja seiresignaali spekter

Suunamääraja antenn võtab vastu otse- ja peegeldunud signaali



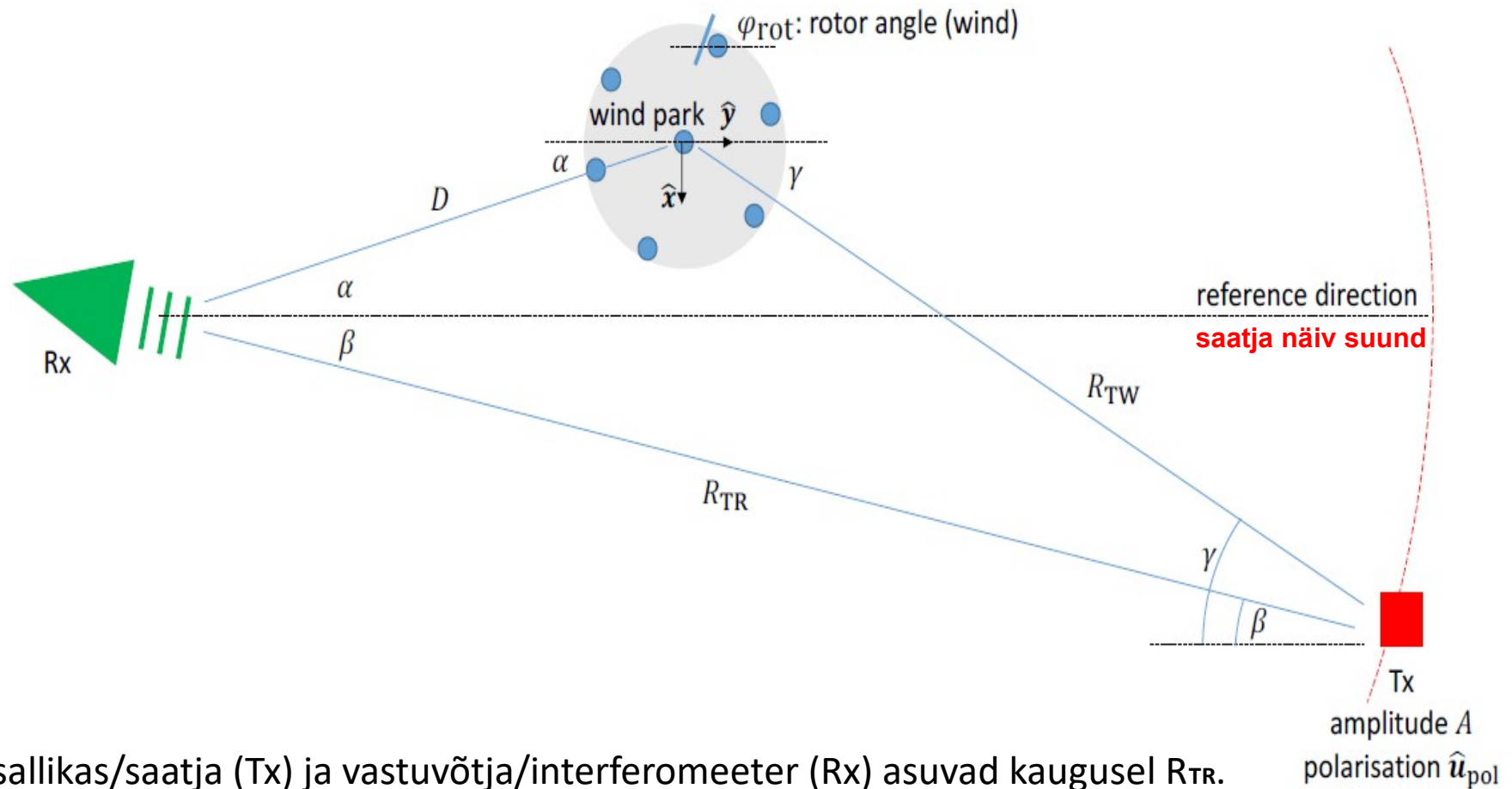
Funktsiooni $f(x, y)$ reaalosa lainearvuga $k = 2\pi f/c$ sagedusel $f = 400$ MHz.

peegeldunud välja (b) amplituud on 30% otseväljast (a).

Summa näitab täiendavat modulatsiooni piki nurka mis on kahe levimissuuna poolitaja.

Otsevälja (a) suund pole enam päris selge, eriti kui arvesse võetakse ainult väikest ala

Probleemid kiirgusallika suuna määramisel



Kiirgusallikas/saatja (Tx) ja vastuvõtja/interferomeeter (Rx) asuvad kaugusel R_{TR} .

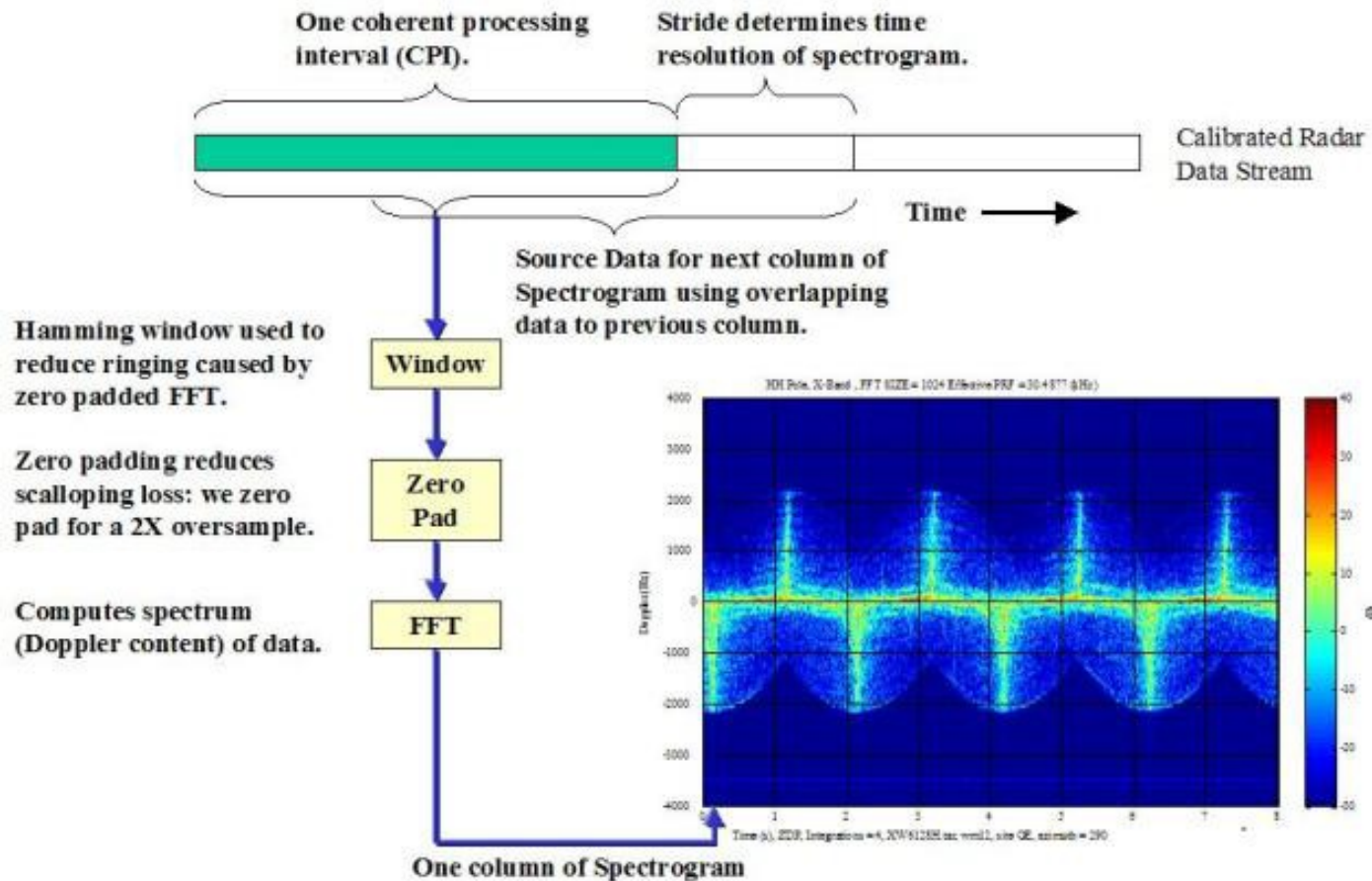
TEJ kaugus kiirgusallikast R_{TW} ning asub kaugusel (D) vastuvõtjast (Rx/DF).

Vastuvõtja/(Rx/DF) antennis indutseeritakse kiirgusallika keskmistatud suunas (nurk α ja β).

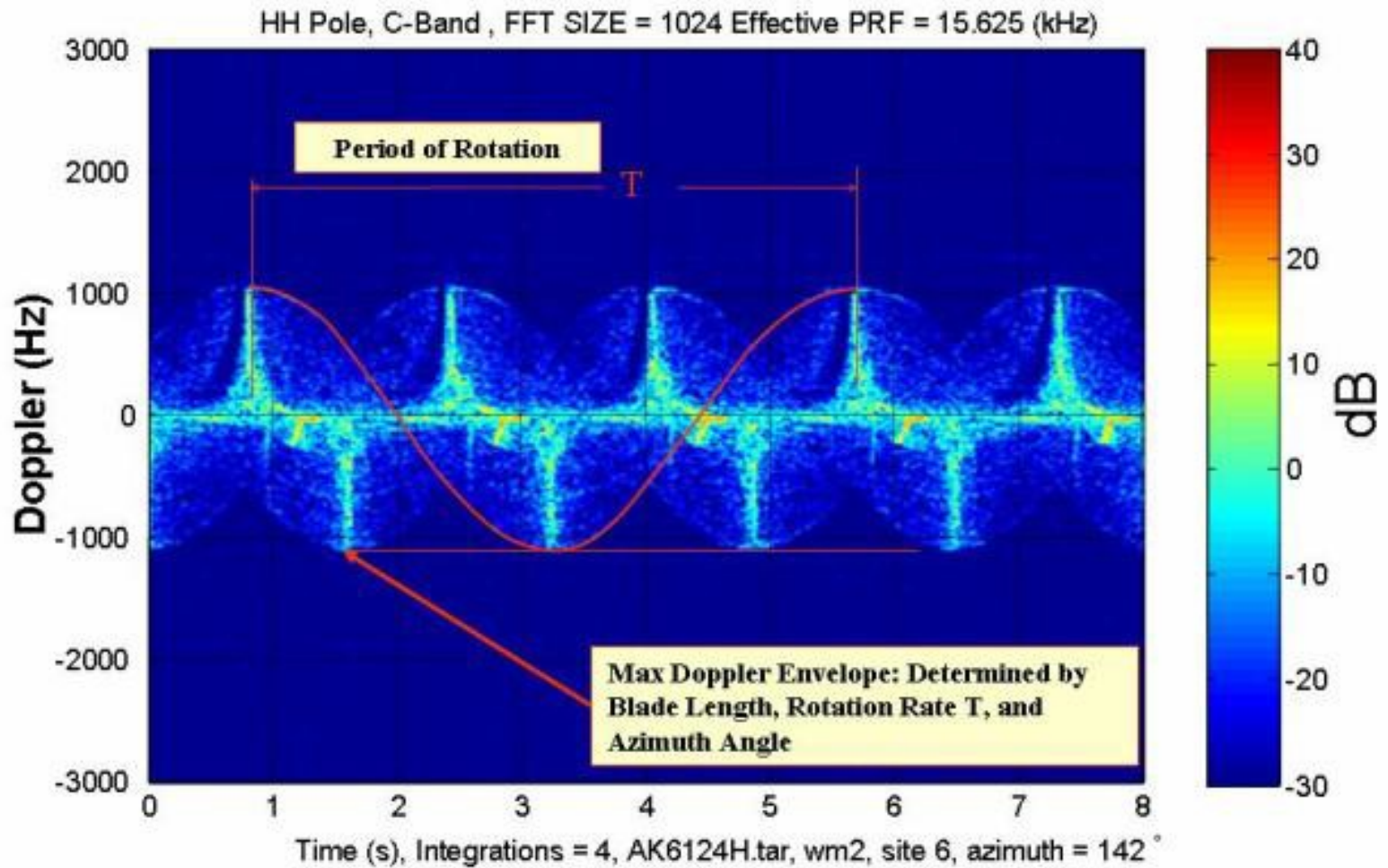
Allikas: <https://www.research-collection.ethz.ch/bitstream/handle/20.500.11850/227675/Report.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Spektrogrammi arvutamine

Spectrogram Computation



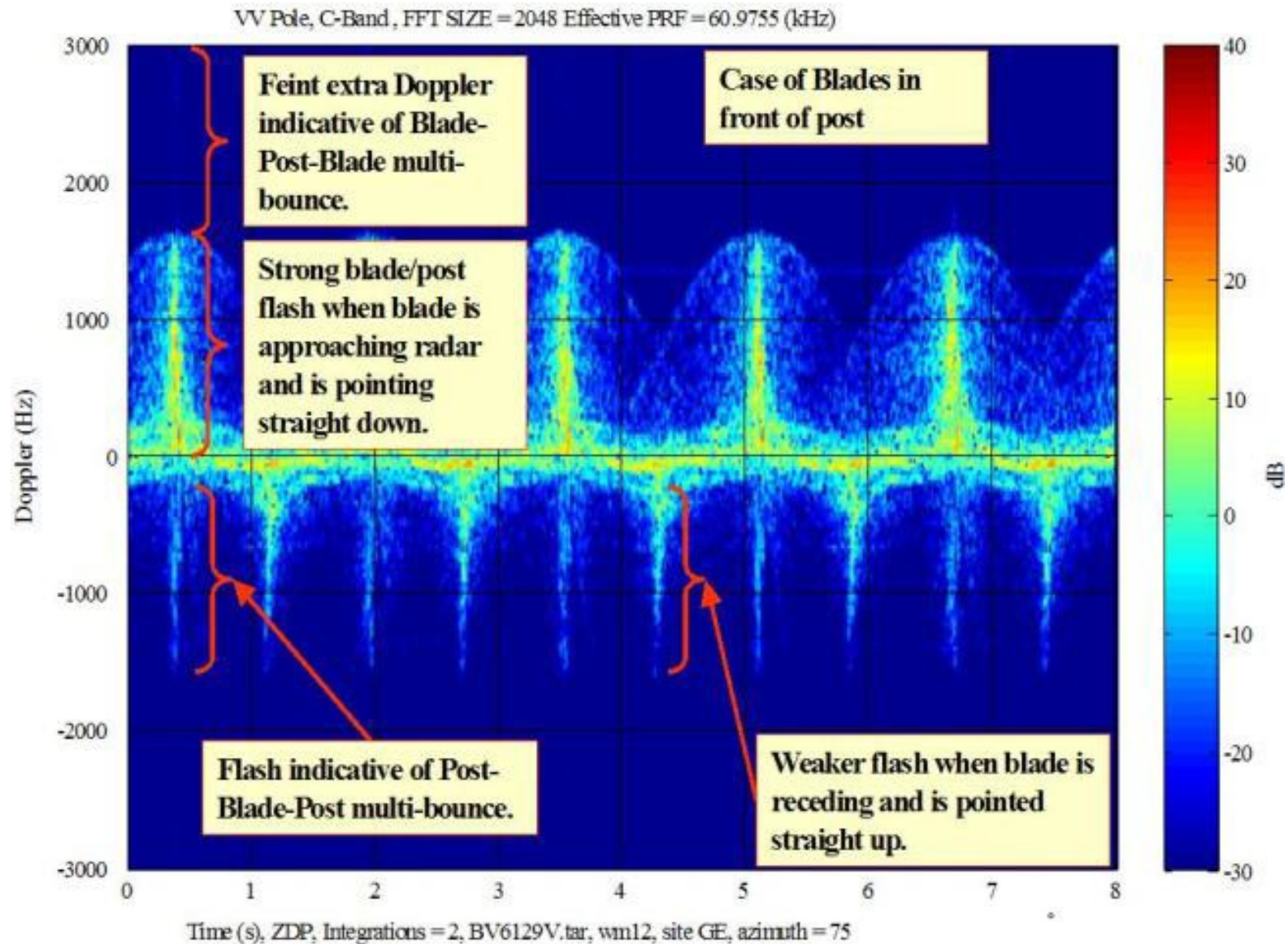
Doppleri spektrite tõlgendamine



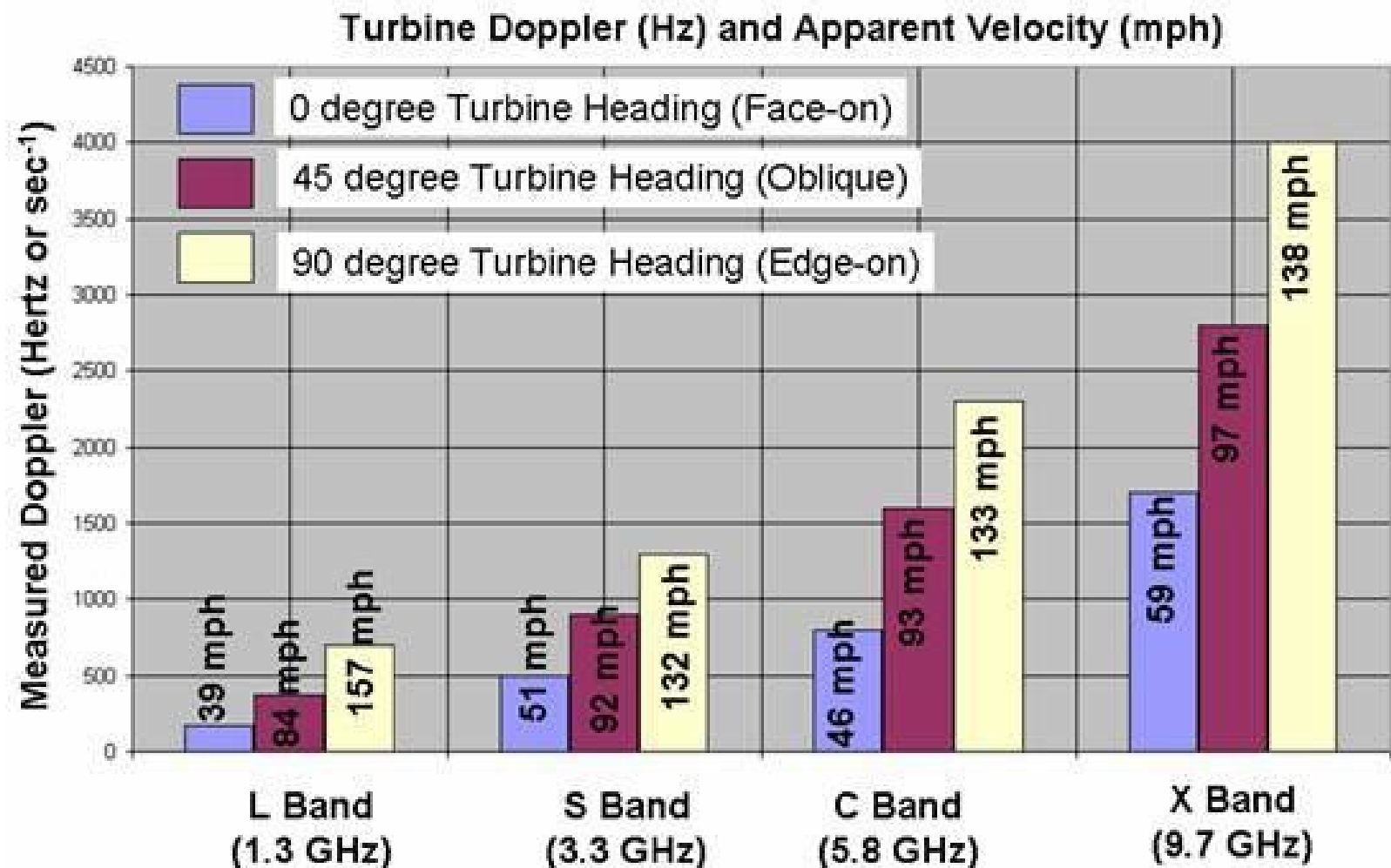
Labade pöörlemiskiirus ja lengerdussuund

C-Band, HH polarization

Doppleri spektri tōlgendamine

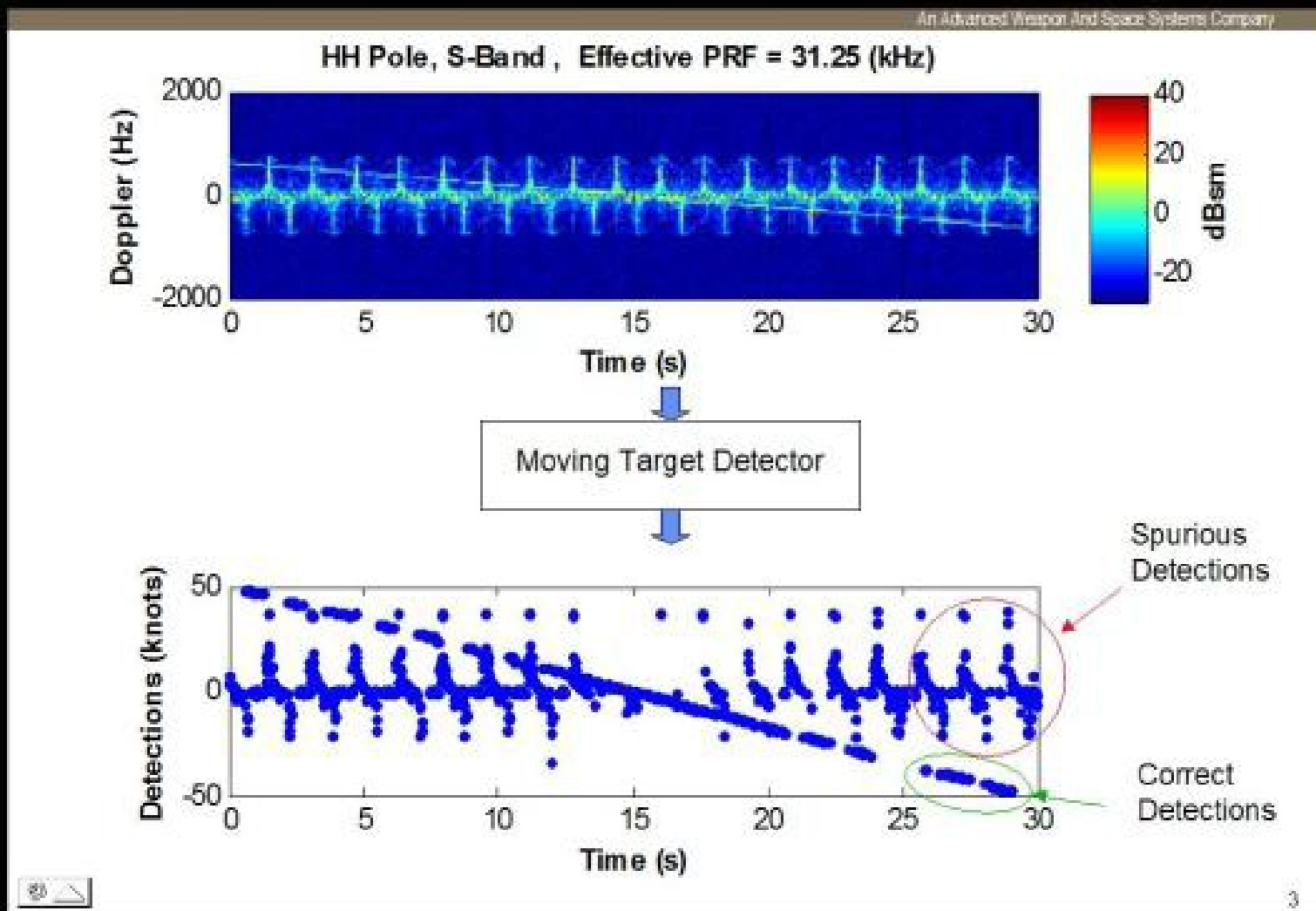


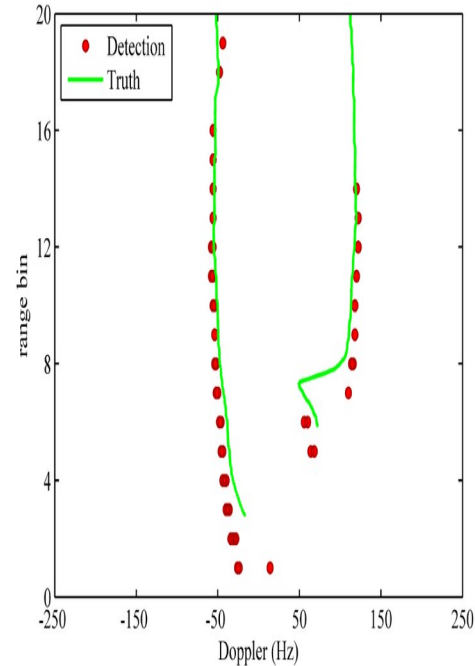
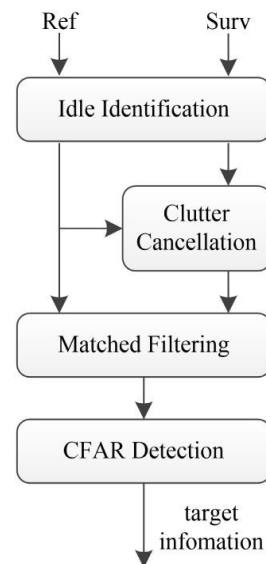
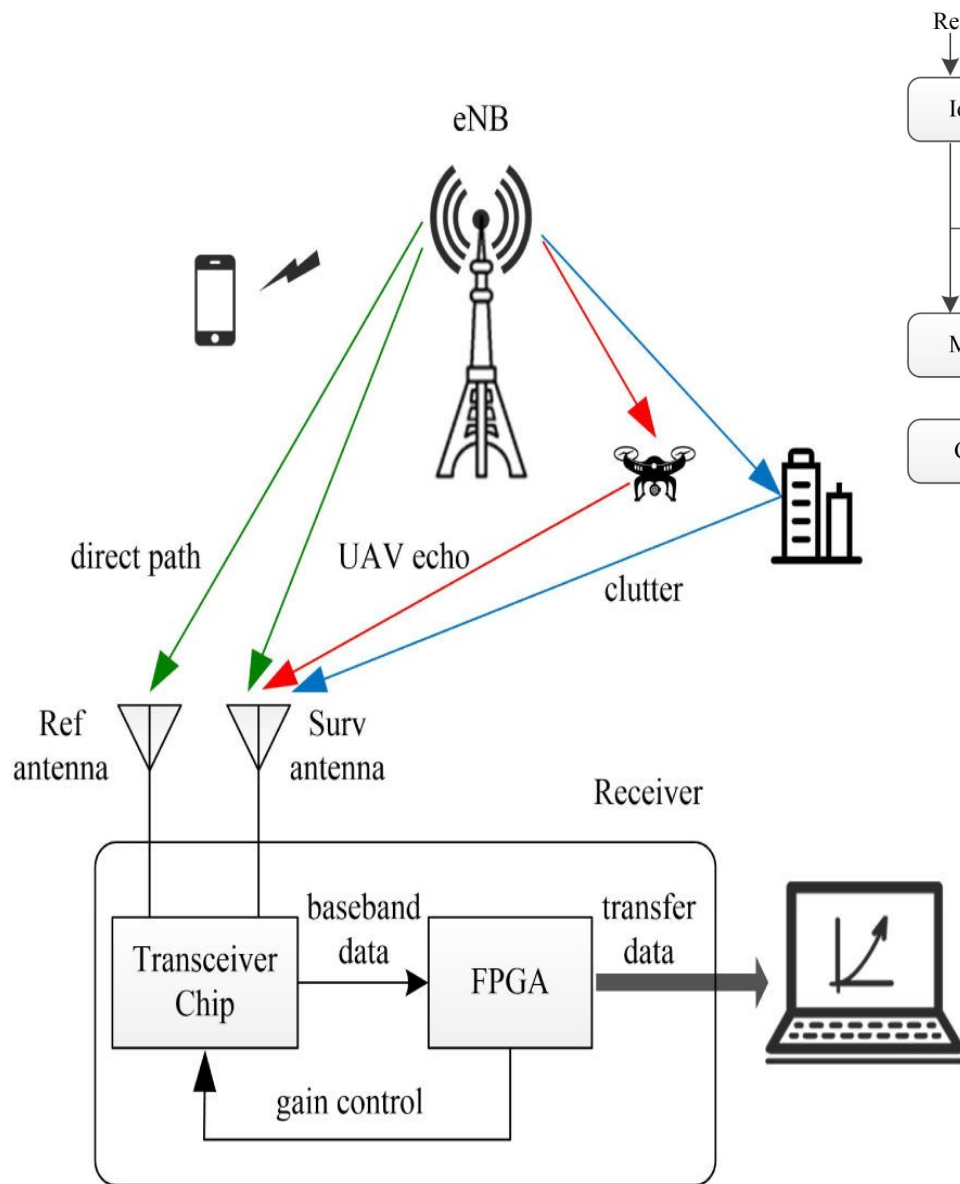
Doppleri nihe erinevate sagedustel sõltuvalt laba pöörlemise kiirusest ja suunast



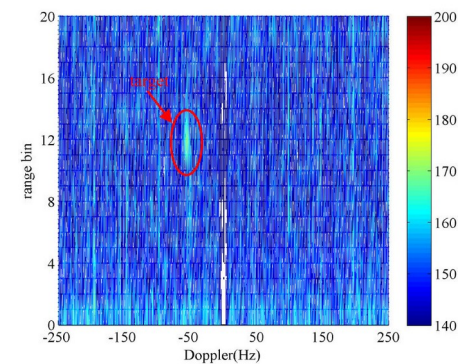
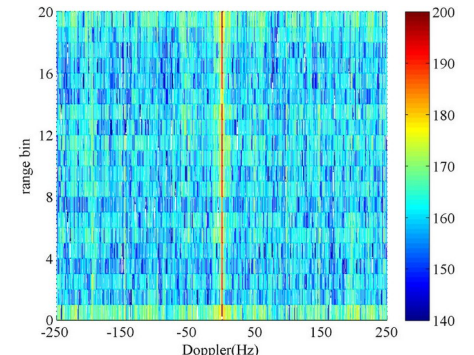
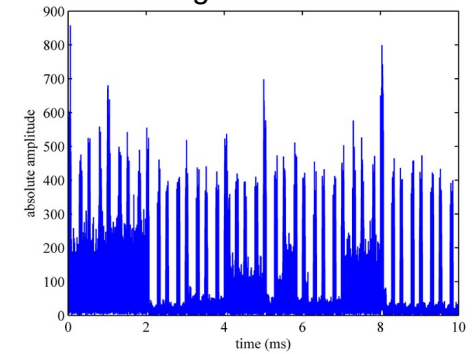
Joonisel on simulatsioon kuidas paistaks ühest tugennist mööduv lennuk radarioperaatorile. Siin ei ole modelleeritud mingit konkreetset radarit või radaritöötlusskeemi vaid on koos kuvatud hüpoteetilise lennuki ja ühe tugenni poolt peegeldatud Doppleri sagedusnihe.

One Windmill



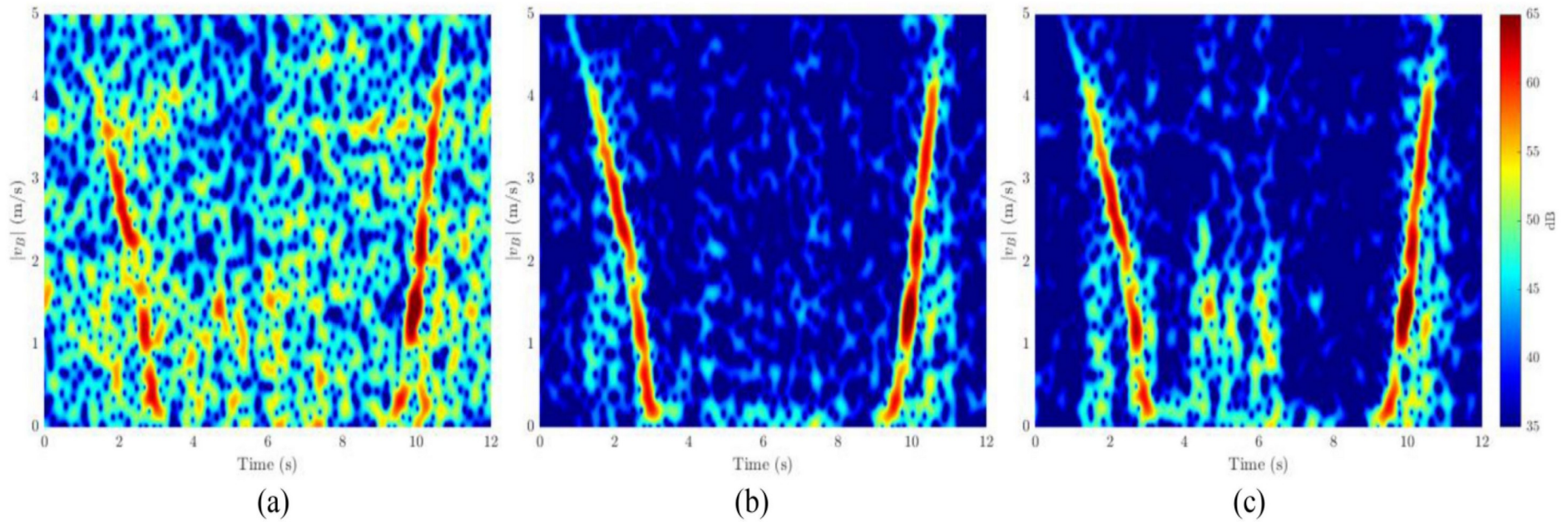


FDD-LTE otsesignaal vastuvõtukanalis



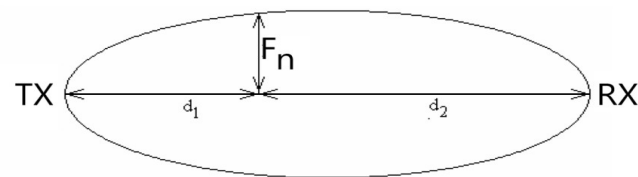
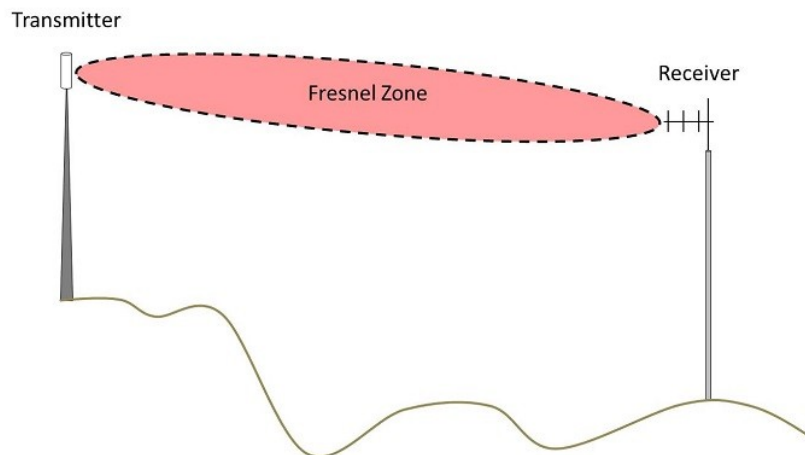
RD andmete kaart
(a) koos peegeldustega
(b) pärast peegelduste lahutamist

Võrdlussignaalisteta UAV-de WiFi signaalipõhise passiivse tuvastamise kasutamise tulemused,



- (a) esialgne tuvastamise stsenaarium suure taustmüraga,
- (b) traditsiooniliste summutusalgortimide rakendamine, kasutades rekonstrueeritud etalonsignaali,
- (c) tulemused, mis on saadud viitevaba tuvastamisalgoritmi abil.

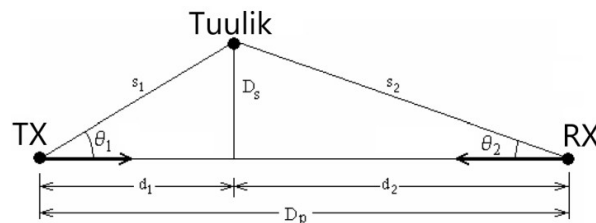
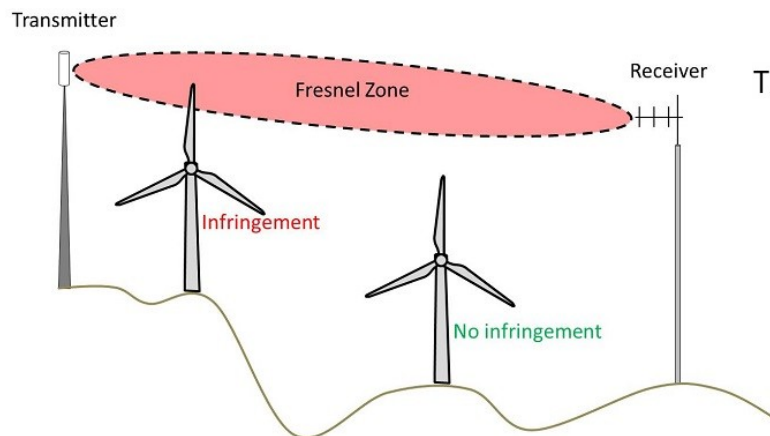
FRESNELI ELEKTROMAGNETLAINETE LEVI MUDEL



$$F_n = \sqrt{\frac{n \lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Kus on n Fresnelitsooni number
 F_n — n -nda Fresnelitsooni raadius[m],
 λ —kiirguselainepikkus[m],
 d_1 —kaugus saatjast möötepunktini[m],
 d_2 —kaugus möötepunktist vastuvõtjani[m].

Otsenähtavuse korral avaldub häiresuhe seosega:

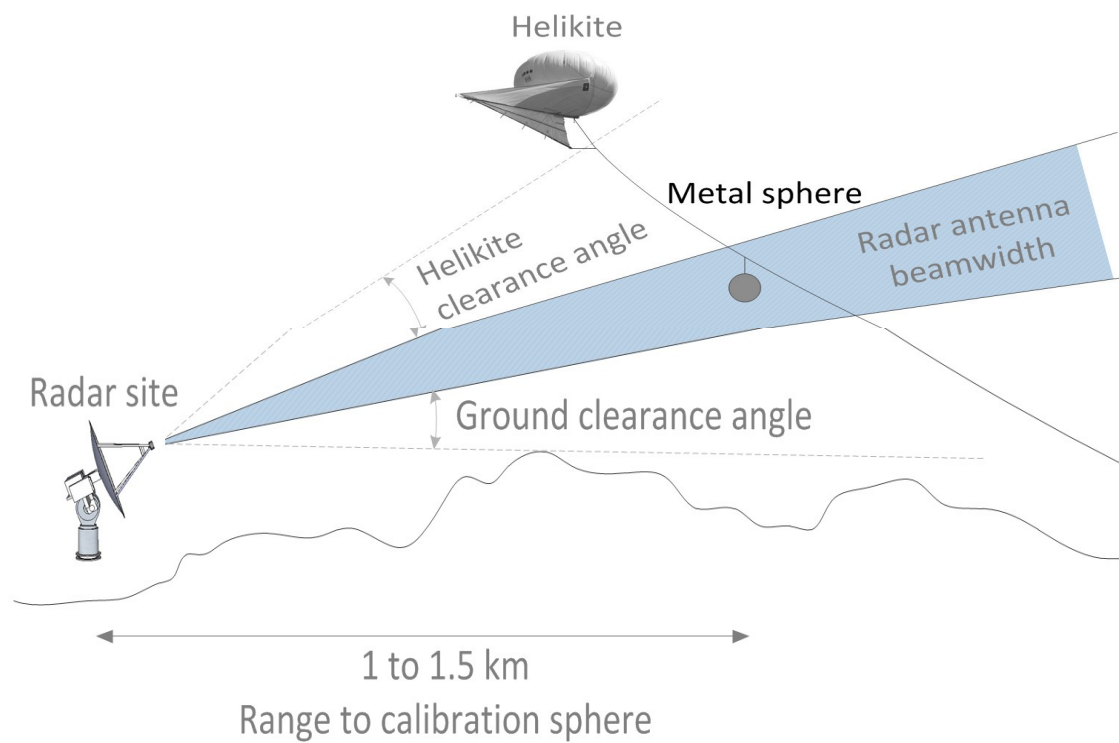


$$r_{ci} = \frac{l_i}{l_d} = \frac{4 \pi s_1^2 s_2^2 g_1(0) g_2(0)}{\sigma D_p^2 g_1(\theta_1) g_2(\theta_2)}$$

kus
 l_i —levikaod saatja ja vastuvõtja vahel, kui levitrassile jääb tuulik,
 l_d —levikaod saatja ja vastuvõtja vahel vabas ruumis,
 s_1 —kaugus saatjast elektrituulikuni,
 s_2 —kaugus tuulikust vastuvõtjani,
 $g_1(0)$ —saateantenni võimendus vastuvõtja suunal,
 $g_2(0)$ —vastuvõtuantenni võimendus saatja suunal,
 σ —tuuliku hinnanguline suurim efektiivne peegelduspindala RCS(m²),
 D_p —raadiolingi pikkus saatjast vastuvõtjani,
 $g_1(\theta_1)$ —saateantenni võimendus tuuliku suunal,
 $g_2(\theta_2)$ —vastuvõtuantenni võimendus tuuliku suunal.

KOKKUVÖTE

1. Raadioside planeerimisel arvestada piirkonnas asuvate PEJ ja TEJ ruumilisel paigutusel tekkivate kiirgusmõjudega:
 - a) Sidevahendite sidekauguse vähenemine kõneside režiimis;
 - b) Sidevahendite sidekauguse vähenemine andmeside režiimis.
2. Raadiolinkide ja sidetrasside planeerimisel arvestada signaal/müra suhte vähenemisega, mille põhjustavad PEJ ja TEJ emiteeritud laiaribaline kiirgusmüra.
3. Mobiilside tugijaamade (2G, 3G, 4G, 5G) levikauguse vähenemine.
4. WiFitugijaamade levikauguse vähenemine (põhjus S/N suhte vähenemine).
5. GPS-signaalide tugevuse vähenemine (sat-signaalide S/N suhe väheneb).
6. Erinevates ilmastiku tingimustes muutuvad PEJ ja TEJ töörežiimid, mille tulemuseks Sommerfeldi tsoonis emiteeritakse muutuvaid elektro-magnetilisi laiaribalisi häiresignaale ning kiirgusmüra.
7. Analoo- ja digitaalsignaalide dekodeerimisel märkimisväärne tundlikkuse kadu, mida ei saa tehniliste meetmete (nt. suurema võimendusega antennidele üleminek) abil täielikult kompenseerida.



KÜSIMUSED

AIS

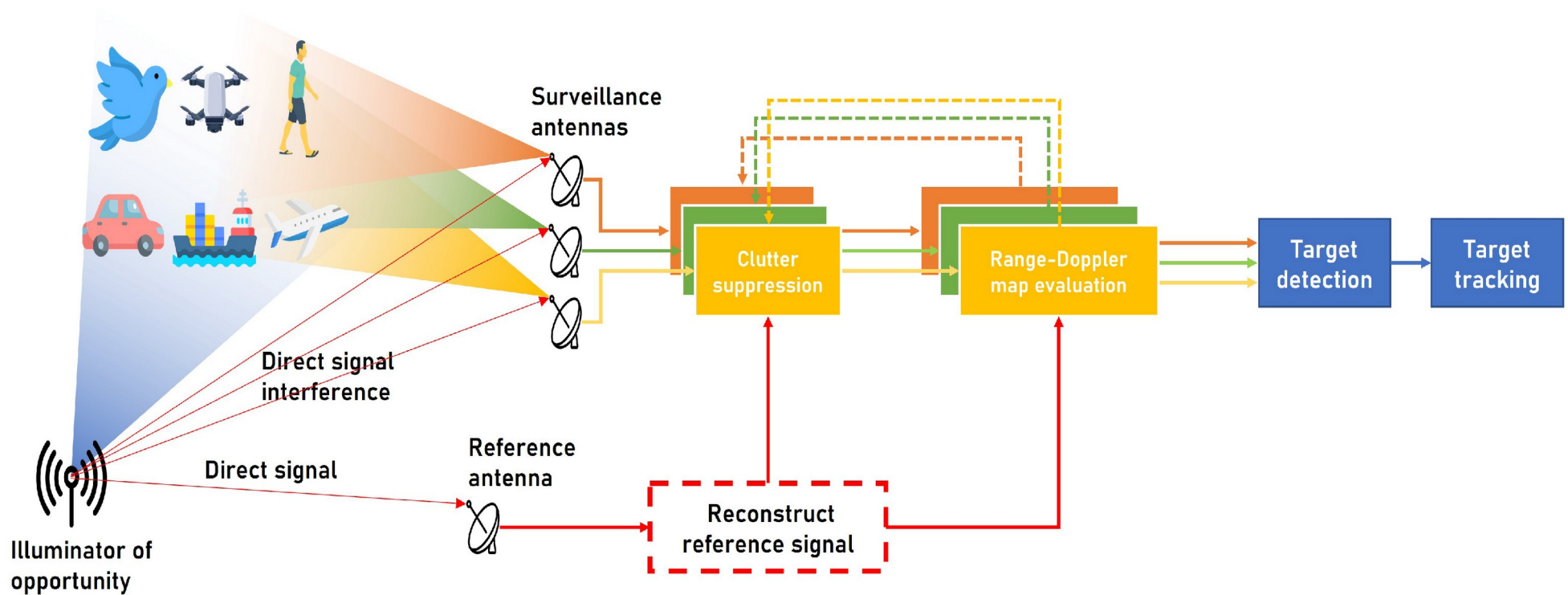
- Automaatne identifitseerimissüsteem ehk AIS on veesõidukite pardal kasutatav positsioneerimis- ja jälgimisüsteem, mis võimaldab paremat laevaliiklusteenistuste (VTS) ning otsingu- ja päästeteenistuste (SAR) tööd. Samuti suurendab meresõiduohutust.
- AIS-seade on kohustuslik kõigil merel viibivatel reisilaevadel ja teistel laevadel, mille tonnaaž on 300 või enam.
- AIS infot on tänapäeval võimalik jälgida vabalt ka internetis. Veebilehele on võimalik lisada ajutiselt oma merel olev alus ka nutitelefoni rakenduse abil.

Kõiki tehnoloogiaid tagab heli levimine vees:

Sidescan Sonar System Type	Frequency	Wavelength	Range
Low	100 Hz	15 m	>1000 km
Low	1 kHz	1.5 m	>100 km
Low	10k Hz	15 cm	10 km
Low	25 kHz	6 cm	3 km
Medium	50 kHz	3 cm	1 km
Medium	100 kHz	1.5 mm	600 m
High	500 kHz	3 mm	150 m
High	1 MHz	1.5 cm	50 m

- Heli peegeldub tiheduse muutumiste pealt

Passiivse radarisüsteemi tüüpiline signaalitöötlusvoog.

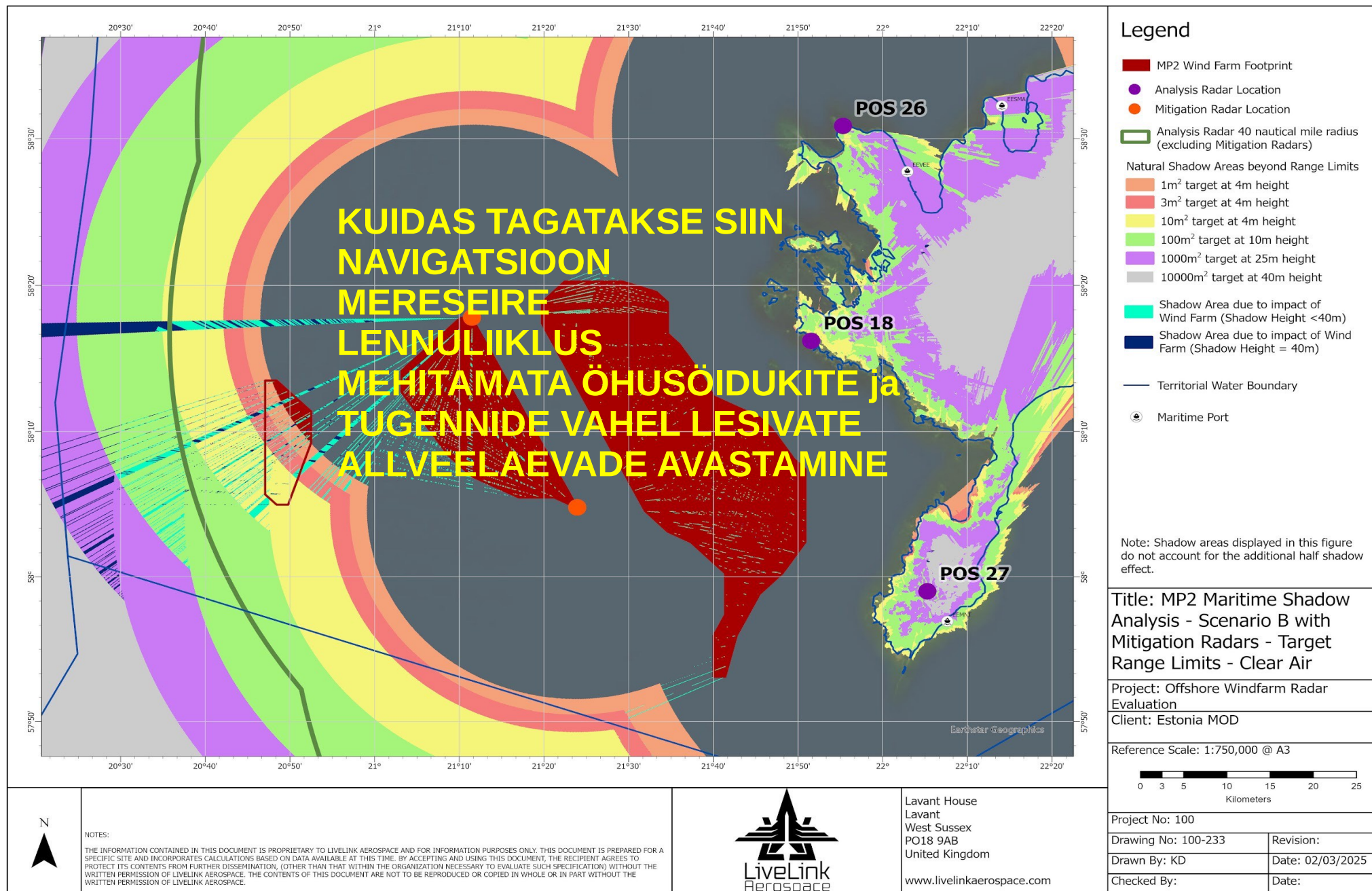


<https://www.mdpi.com/2504-446X/9/1/76>

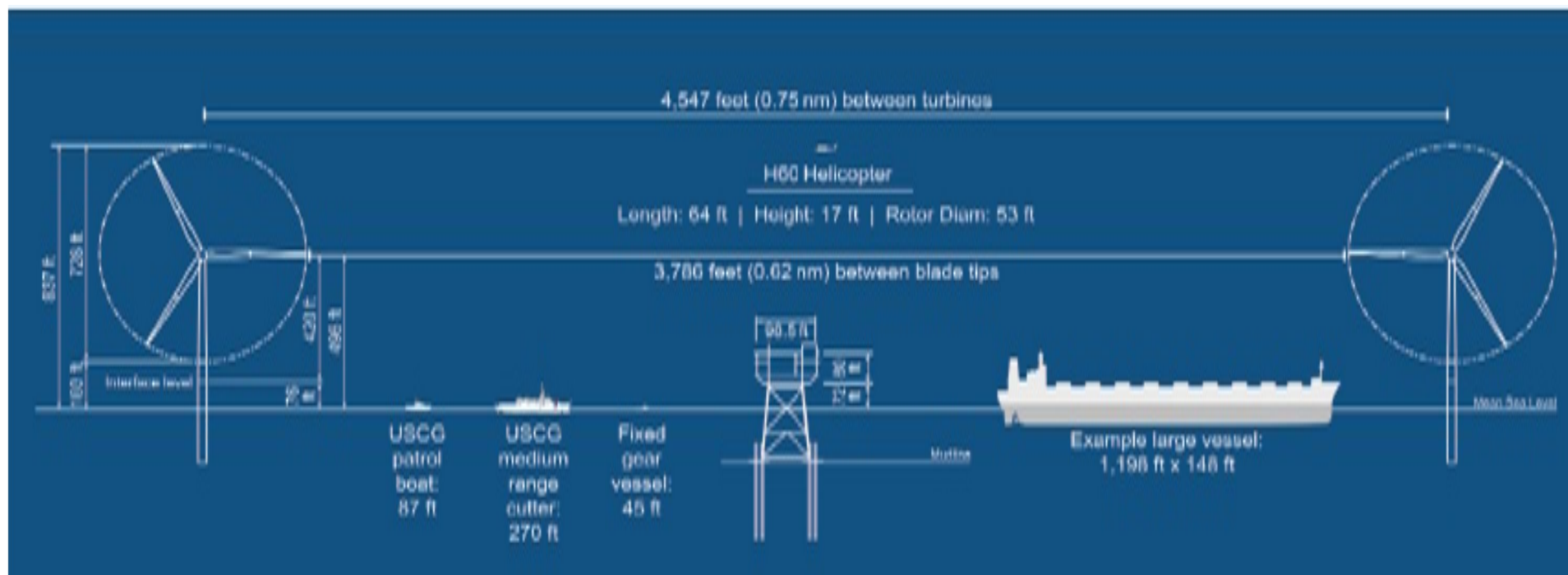
<https://www.dronexpo.co.uk/>
Tuesday 30th September & Wednesday 1st October, 2025
Doors open: 10AM - 4PM

Peamised IO tüübid, mida passiivradar kasutab.

Signaali tüüp	Kategooria	Kirjeldus	Sagedusvahemik
LFM	Radari signaal	LFM on aja jooksul lineaarselt muutuva sagedusega radarisignaal, mida kasutatakse sageli impulsside tihendamiseks, et saavutada radarirakendustes parem ulatuse eraldusvõime.	Sõltuvalt radarisüsteemi konstruktsioonist.
DRM	Ringhäälingu raadio	Digitaalne raadiosüsteem ringhäälinguks pikalaine sagedusaladel.	HF
FM-raadio	Ringhäälingu raadio	Analoograadio ringhääling sagedusmodulatsiooni abil.	VHF
DAB	Ringhäälingu raadio	Digitaalne raadiostandard ringhäälinguks teatud riikides, pakkudes selgemat heli ja rohkem jaamu.	VHF
DVB-T	Ringhääling TV	Maapealse digitaaltelevisiooni leviedastuse standard.	UHF
GNSS	Satelliidipõhine positsioneerimine	Ülemaailmne navigatsioonisatelliitide süsteem, mida kasutatakse positsioneerimiseks, navigeerimiseks ja ajastuse määramiseks.	L-riba
StarLink	Satelliitside	LEO satelliidivõrk, mis pakub ülemaailmset lairibaühendust suure kiiruse ja madala latentsusega.	Ku-bänd, Ka-bänd
OneWeb	Satelliitside	LEO satelliidisüsteem, mis pakub taskukohast ülemaailmset Interneti-leviala.	Ku-bänd, Ka-bänd
InmarSat	Satelliitside	Geostatsionaarne satelliidivõrk koos uute LEO-süsteemidega ülemaailmse suhtluse täiustamiseks.	L-riba, Ka-riba
Iridium	Satelliitside	LEO satelliitvõrk, millel on poolus-pooluse leviala, mis sobib ideaalselt kaugsuhtluseks.	L-riba
WiFi	Traadita side	Kohaliku traadita andmeedastuse tehnoloogia.	Tööstuslikud, teaduslikud ja meditsiinilised (ISM) sagedusalad (2,4 GHz, 5 GHz, 6 GHz)
DVB-S	Satelliittelevisioon	Satelliittelevisiooni ringhäälingu standard.	C-riba, Ku-riba
3G	Mobiilside	Kolmanda põlvkonna mobiilsidevõrgu tehnoloogia.	UHF, L-riba
4G	Mobiilside	Neljanda põlvkonna mobiilsidevõrgu tehnoloogia, mida kasutatakse kiire interneti jaoks.	UHF, L-riba
5G	Mobiilside	Viienda põlvkonna mobiilsidevõrgu tehnoloogia, mis on loodud ülikiire Interneti-kiiruse ja madala latentsusaja jaoks.	Alla 6 GHz, mmWave



Navigatsioon ja



Coastal Virginia Offshore Projecti piirkonda kasutavate laevade skaleeritud esitus tuuleturbiini generaatori rootorite ja turbiinide vahelise 0,75 meremiili vahelise kauguse suhtes. Dominion Energy graafika.