

Ilmailun navigaatio- ja valvontalaitejärjestelmien strategia Suomessa 2020 – 2030

Ilmailun navigaatio- ja valvontalaitejärjestelmien strategia Suomessa 2020 – 2030

Traficom in julkaisuja
Traficoms publikationer
Traficom Publications
xx/2020

Alkusanat

Strategiaa on päivitetty kuvaamalla tarkemmin menettelyt, joilla varmistetaan ilmaliikenteen turvallisuus GNSS-häiriötilanteissa. Muilta osin muutoksilla on haluttu ajantasaistaa dokumenttia.

Strategian tarkoituksena on kuvata Suomen navigaatio- ja valvontalaitejärjestelmien kehitystä ja tavoitteita sekä niiden toteuttamiseen liittyviä aikatauluja vuosina 2020 – 2030. Julkaisu perustuu eurooppalaiseen lainsäädäntöön, jonka mukaan EU-jäsenvaltioiden tulee laatia kansallinen strategia, joka tukee yhtenäisen eurooppalainen ilmatila -hankkeen (SES) tavoitteita ja on yhtenevä eurooppalaisen ilmatilan hallinnan yleissuunnitelman (ATM Master Plan) kanssa. Menettelyjen tulee olla linjassa myös kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön (ICAO) määrittelemien maailmanlaajuisten käytäntöjen kanssa, jotka on kuvattu sen julkaisemassa maailmanlaajuisessa lennonvarmistussuunnitelmassa (GANP).

Ilmailun navigaatio- ja valvontalaitejärjestelmien strategia Suomessa 2020 – 2030 yhdessä julkaistun Kansallisen Ilmatilapolitiikan ja ASM-toimintakäsikirjan kanssa määrittelee yleisellä tasolla ilmatilan suunnittelu- ja käyttöperiaatteet. Yksityiskohtaiset suunnitelmat satelliittinavigaatioon siirtymiseksi kuvataan erityisessä siirtymäsuunnitelmassa.

Tavoitteena on luoda ilmailun toimijoille näkemys järjestelmävaatimuksista, jotta ne voisivat entistä paremmin ennakoida tulevaisuuden menetelmiä sekä teknologista kehitystä. Tämä puolestaan tuo varmuutta toimijoiden investointien suunnitteluun.

Helsingissä, xx. kesäkuuta 2020

Jari Pöntinen
Johtaja
Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

Visio

Suomen navigointi-infrastruktuuri tukee Suomen kilpailukykyä ja saavutettavuutta mahdollistaen turvallisen, tehokkaan, ympäristöystävällisen ja toimintavarman ilmailun sekä sitä tukevan ilmatilanhallinnan luoden samalla edellytykset uusien innovaatioiden ja digitaalisten satelliittinavigaatiomenetelmien laaja-alaiseen hyödyntämiseen.

Tiivistelmä

Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2018/1048 mukaisesti ilmatilan, lentoreittien ja lentomenetelmien tulee perustua 1.6.2030 alkaen satelliittinavigaatioon. Lentopaikan pitäjien ja ATM/ANS-palvelujen tarjoajien on kuitenkin toteutettava tarvittavat toimenpiteet sen varmistamiseksi, että niillä on edelleen valmiudet tarjota palvelujaan muilla keinoin satelliittinavigaation (GNSS) häiriötilanteissa sekä tilanteissa, joissa suorituskykyyn perustuvan navigoinnin (PBN) menetelmät eivät ole enää saatavilla. Näihin toimenpiteisiin on sisällyttävä erityisesti konventionaalisten suunnistuksen apulaitteiden verkoston sekä siihen liittyvän valvonnan ja viestinnän infrastruktuurin säilyttäminen.

Konventionaalisisista navigaatiolaitteista luovutaan suurelta osin pääasiallisena suunnistusmenetelmänä asteittain vuoteen 2030 mennessä. ATM/ANS-palveluntarjoajien ja lentopaikkojen pitäjien, jotka vastaavat mittari-lähestymismenetelmien ja ilmaliikennepalvelureittien suunnittelusta ja julkaisusta tulee valmistella asetuksen vaatimusten mukaisesti siirtymäsuunnitelma tämän strategian toteuttamiseksi. Siirtymäsuunnitelmassa kuvataan suunnitellut PBN-menetelmien käyttöönotot aikatauluineen, laitepoistot ja varautumismenettelyt, joilla varmistetaan ilmaliikenteen turvallisuus ja jatkuvuus satelliittinavigaation häiriötilanteissa.

Siirtymäsuunnitelman laatijoiden on kuultava lentopaikkojen pitäjiä, ilmatilan käyttäjiä (siviili- ja valtionilmailu) ja verkon hallinnoijaa (Eurocontrol) siirtymäsuunnitelmaluonnoksesta ja sen merkittävien päivitysten luonnoksista ja otettava tarpeen mukaan huomioon niiden näkemykset. Kuulemisen tulokset sekä siirtymäsuunnitelmaluonnos tai sen merkittävän päivityksen luonnos toimitetaan hyväksyttäväksi Traficomille.

Traficom varmistaa, että siirtymäsuunnitelmaluonnos tai sen merkittävän päivityksen luonnos täyttää komission asetuksen vaatimukset. Suunnitelmassa on erityisesti otettava huomioon varautumismenettelyt, joilla varmistetaan ilmaliikenteen turvallisuus ja jatkuvuus satelliittinavigaation häiriötilanteissa, sekä ilmatilan käyttäjien näkemykset, sotilasilmailun- ja valtion ilma-alusten käyttäjät mukaan luettuina. Lentopaikkojen pitäjät ja ATM/ANS-palvelujen tarjoajat eivät saa panna täytäntöön siirtymäsuunnitelmaa tai sen merkittävää päivitystä ennen viranomaishyväksyntää.

Sisällys

1.	Johdanto.....	7
2.	European Air Traffic Management Master Plan	8
2.1	Välttämättömät operatiiviset muutokset.....	8
3.	Nykytila.....	9
3.1	Performance Based Navigation ilmatilakonsepti.....	9
3.2	Navigaatiojärjestelmät.....	10
3.2.1	Reittisuunnistus / En-Route-ilmatila.....	11
3.2.2	Lähestymisalueen vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät	12
3.2.3	Lentopaikkojen lentotiedotusalueiden vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät	12
3.2.4	Lähestymismenetelmät.....	13
3.2.5	Ilmailun valvontalaitejärjestelmät.....	13
3.3	Lentoyhtiöiden PBN-suorituskyky.....	13
4.	Kansallinen navigaatio- ja valvontalaitejärjestelmien kehitys tulevaisuudessa ...	15
4.1	Ilmailun navigaatiojärjestelmät	15
	Satelliittinavigointi, GNSS ja SBAS.....	15
	GBAS.....	16
	Konventionaaliset radionavigaatiojärjestelmät.....	16
	European Radio Navigation Plan:n arvio radionavigaatiolaitteiden kehityksestä Euroopassa.....	18
4.1.1	En Route.....	19
4.1.2	Lähi- ja lähestymisalueet ja lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeet	19
4.1.3	Lähestymismenetelmät.....	19
4.2	Ilmailun valvontalaitejärjestelmät.....	21
4.2.1	Mode-S.....	21
4.2.2	ADS-B.....	21
4.2.3	MLAT/WAM	21
4.2.4	Etälennonjohto.....	22
4.2.5	Datalink - CPDLC.....	22
5.	Miehittämätön ilmailu.....	22
5.1	U-space.....	23
6.	Häiriötilanteiden hallinta	23
6.1	GNSS-häiriöt.....	23
6.1.1	Satelliittinavigaatiosta signaalien tahallinen häirintä	24

6.1.2	Satelliittinavigaatio-signaalien tahaton häirintä	24
6.1.3	PBN-siirtymäsuunnitelmat.....	24
6.2	Muut radiohäiriötilanteet.....	25
6.3	Kyberturvallisuus	26

1. Johdanto

Euroopan Unioni (EU) on velvoittanut jäsenvaltionsa toteuttamaan Single European Sky (SES) -asetuksissa kuvattuja toimintamalleja ilmaliikenteen hallinnan (Air Traffic Management - ATM) järjestämisessä. SES-asetusten tavoitteena on Euroopan ilmaliikenteen kapasiteetin, turvallisuuden ja tehokkuuden lisääminen sekä haitallisten ympäristövaikutusten vähentäminen.

SES-tavoitteiden käytännön suunnittelu ja toteuttaminen tapahtuu SESAR-ohjelman (Single European Sky ATM Research) teknisen pilarin kautta, joka tähtää ATM-palveluiden suorituskyvyn parantamiseen, modernisoimalla ja harmonisoimalla ATM-järjestelmiä ja -menetelmiä Euroopassa.

Komission on täytäntöönpanoasetuksellaan (EU) 409/2013 vahvistanut European ATM Master Plan:n etenemissuunnitelmaksi, jonka mukaisesti Euroopan ilmaliikenteen hallintajärjestelmä nykyaikaistetaan ja SESARin tutkimus- ja kehitystyö liitetään käyttöönottoon. Se on tärkein yhtenäisen eurooppalaisen ilmatilan väline, jolla varmistetaan eurooppalaisen ilmaliikenteen hallintaverkon (European Air Traffic Management Network - EATMN) saumaton toiminta ja SESARin oikea-aikainen, yhteen sovitettu ja yhtäaikainen käyttöönotto.

ATM Master Plan:n mukaisen käyttöönottosuunnitelman on edistettävä Euroopan unionin laajuisten suorituskykytavoitteiden saavuttamista ja huolehdittava näiden tavoitteiden, SESARin käyttöönoton ja SESARin tutkimus-, kehittämis-, innovointi- ja validointitoimien johdonmukaisuudesta. Tätä varten ATM Master Plan:n mukaisessa käyttöönottosuunnitelmassa on otettava huomioon eurooppalaisen ilmaliikenteen hallintaverkon strategiasuunnitelma ja verkon operaatiosuunnitelma.

Jäsenvaltioiden tulee laatia ATM Master Plan:n pohjalta kansalliset suunnitelmat SES-ohjelman poliittisen vision ja korkean tason SES-tavoitteen toteuttamiseksi. Yleisenä tavoitteena on vuoden 2004 tasosta:

- kolminkertaistaa ilmaliikenteen kapasiteetti ja vähentää viivästyksiä ilmassa ja maassa;
- vähentää lentoturvallisuutta vaarantavia tapahtumia siten, että tapahtumat eivät lisäänty vuoden 2004 tasosta vaikka liikennemäärät kasvavat;
- mahdollistaa 10% supistukset ympäristövaikutuksille;
- pienentää 50% ATM-palvelusta aiheutuneita kuluja.

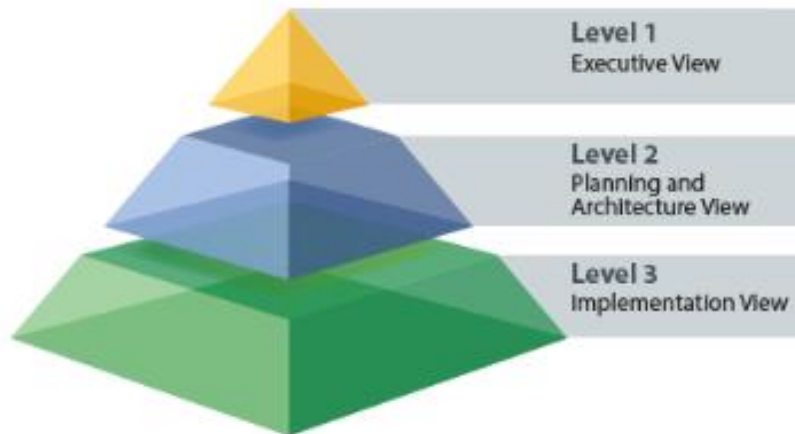
Oheiset tavoitteet eivät ole realistisesti mahdollisia, mikäli ilmaliikennepalvelujen järjestelyjen nykytilaan ei tehdä radikaaleja muutoksia. Muutoksista aiheutuu ylimääräisiä kustannuksia ilmatilan käyttäjille mm. uusien laitteistojen hankinnan takia. Muutosten kustannusvaikutusten lisäksi niiden toteuttamiseen vaikuttavat myös järjestelmien kehityksen ja hankinnan aikajänne. Tästä syystä kansallisia päätöksiä tehtäessä on varmistuttava myös siitä, että sotilas- ja valtion ilmailun toimintaedellytykset lakisääteisten tehtävien hoitamiseksi säilyvät myös tulevaisuudessa. Muutosten yhteydessä tulee huomioida myös kaikkien kansallisten toimijoiden lakisääteisten tehtävien vaatimukset.

Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö (ICAO) on laatinut osaltaan Global Air Navigation Plan:n (GANP) ja Performance Based Navigation (PBN) -konseptin, joilla tavoitellaan satelliittinavigointiin perustuvien aluesuunnistusmenetelmien (Area Navigation - RNAV) maailmanlaajuisia harmonisointia ja käyttöönottoa. Euroopan Komissio seuraa ja vastaa siitä, että ATM Master Plan on linjassa ICAO:n Global Air Navigation Plan:n kanssa. Näiden eri ohjelmien yhteensovittamisesta vastaa SESAR Joint Undertaking (SESAR JU), joka on Euroopan neuvoston regulaatiolla (EU) 219/2007 perustettu julkis-yksityinen yhtiö. SESAR JU:n tehtävänä on yhtenäisen eurooppalaisen ilmatilan muodostamisessa tarvittavan teknologian kehittäminen ja käyttöönoton mahdollistaminen. SESAR JU:n kuuluvia julkisyhteisöjä ovat EU ja Eurocontrol.

Komissio on antanut 18.7.2018 täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2018/1048 ilmatilan käyttöä koskevista vaatimuksista ja toimintamenetelmistä suorituskykyyn perustuvassa navigoinnissa (PBN). Asetus on otettu huomioon tässä strategiassa.

2. European Air Traffic Management Master Plan

ATM Master Plan on jaettu kolmeen eri tasoon: Level 1 on toimeenpanonäkymä, Level 2 on suunnittelu- ja arkkitehtuurinäkymä ja Level 3 on käyttöönottonäkymä.



Kuva1: ATM Master Planin tasot

Yksityiskohtaisemmin eri tasoihin ja kehityskohteisiin voi tutustua osoitteissa:

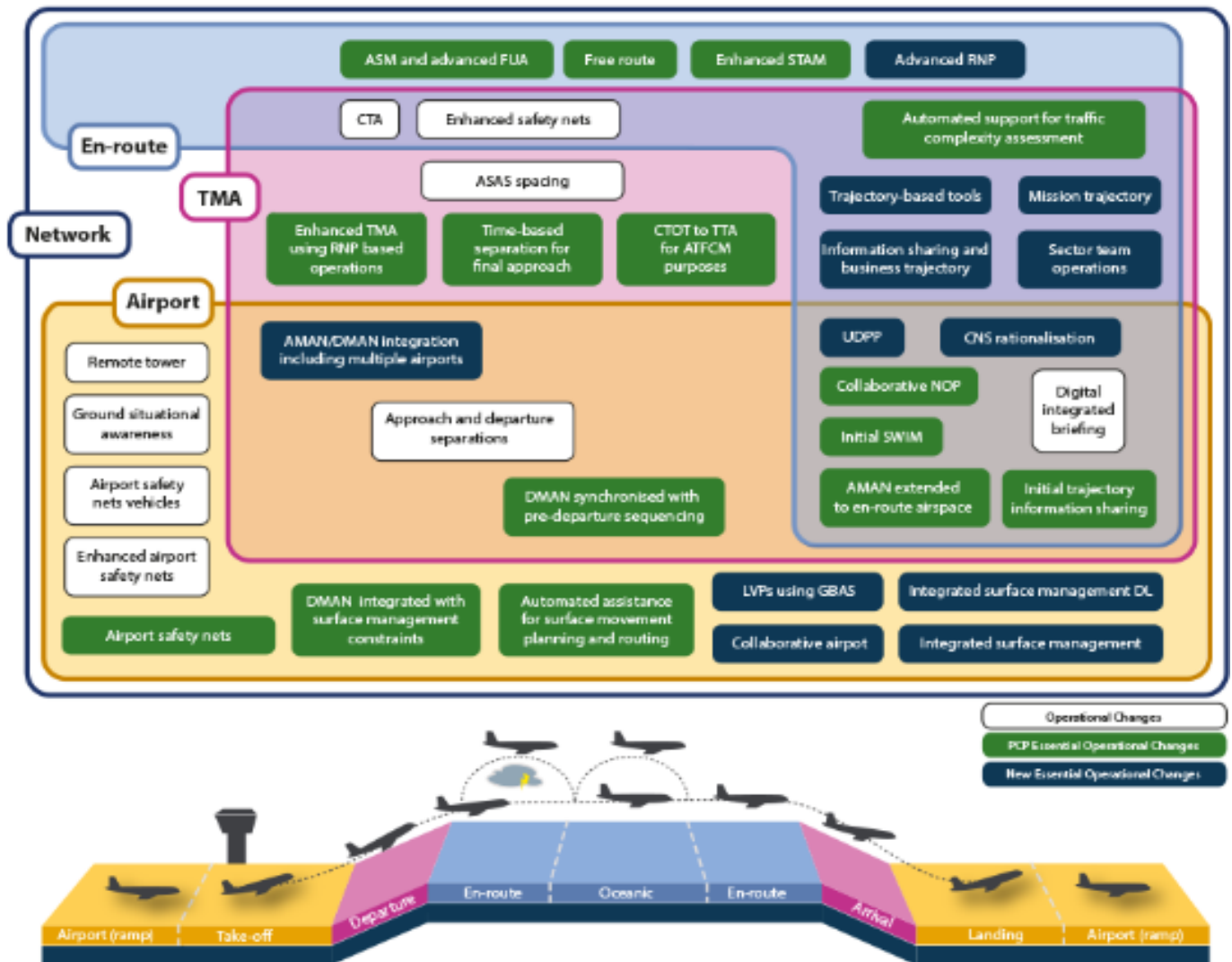
Level 1: <https://www.atmmasterplan.eu/exec/overview>

Level 2: <https://www.atmmasterplan.eu/rnd/rd-dashboard>

Level 3: <https://www.atmmasterplan.eu/depl/dp-dashboard>

2.1 Välttämättömät operatiiviset muutokset

Välttämättömät operatiiviset muutokset koskevat lentoasemia, lähialueita (Control Zone /Controlled Traffic Region - CTR), lähestymisalueita (Terminal Manoeuvring Area - TMA), lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeitä (Flight Information Zone - FIZ), reittiliikenteen ilmatilaa ja koko eurooppalaista ilmaliikenteen hallintaverkkoa. Muutoksien käyttöönotto voi perustua paikallisiin tarpeisiin ja liiketoiminnallisiin kannattavuusarvioihin. Yhteiseurooppalaiset tavoitteet on kuvattu oheisessa kuvassa (alla) vihreillä tekstikentillä ja uudet esille tulleet tarpeet sinisillä tekstikentillä.



Kuva 2: operatiiviset muutokset eri lennon vaiheisiin (lähde: ATM Masterplan)

3. Nykytila

Suomi on monelta osin Euroopan kärkimaita uusien järjestelmien ja menetelmien käyttöönotossa ja useimmat Euroopan kärkihankkeista on jo toteutettu Suomessa. Käyttöönotetut järjestelmät ja menetelmät on kuvattu tarkemmin jäljempänä tässä kappaleessa.

3.1 Performance Based Navigation ilmatilakonsepti

Performance Based Navigation (PBN) -ilmatilakonsepti kuvaa operatiiviset ja tekniset vaatimukset ilmatilan käytölle ja myös tarvittavan palvelutason kyseisessä ilmatilassa. Ilmatilakonseptin tarkoituksena on kuvata menettelyt, joilla saavutetaan EU:n strategiset tavoitteet ilmatilan käytön tehostamisessa, turvallisuudessa, ympäristöystävällisyydessä ja tehokkuudessa. Operatiiviset tarpeet ohjaavat ilmatilakonseptin muutosta ja käyttöönottoa. Muutokselle voi olla ajurina mikä tahansa havaittu pullonkaula, joka estää tai hidastaa strategiassa asetettuun päämäärään pääsyä – tällaisia muutostarpeen ajureita voivat olla esim.:

- turvallisuus
- ilmatilan kapasiteettiongelmat

- ympäristöystävällisyys
- melunhallinta
- lentojen tehokkuus
- lentoaseman saavutettavuus

Ilmatilakonseptin muuttaminen on monivaiheinen prosessi (kuva 3) ja sen toteuttamisessa voi kulua useitakin vuosia. Näin tapahtuu erityisesti silloin, kun ilmatilassa otetaan käyttöön täysin uusia menetelmiä tai ilmatilan käyttöön asetetaan vaatimus tietyille toiminnallisuudelle. Tällaisissa tapauksissa käyttöön otolle määritetään jokin siirtymäaika, jonka jälkeen vanhentuneista järjestelmistä luovutaan, lukuun ottamatta GNSS-häiriöiden ja epäjatkuvuustilanteiden huomioimiseksi välttämätöntä maalaitteisiin perustuvaa konventionaalista navigointijärjestelmäverkostoa, jolla varmistetaan ilmaliikenteen turvallisuus ja jatkuvuus kaikissa olosuhteissa.



Kuva 3: ilmatilakonseptin suunnittelu toimenpiteet (lähde: European Airspace Concept Handbook for PBN Implementation v. 3.0)

3.2 Navigaatiojärjestelmät

Ilma-alusten navigointi perustuu En Route -ilmatilassa ensisijaisesti satelliittien antamaan navigaatioinformaatioon. Toissijaisina järjestelminä tulevat maalaitteisiin perustuva navigointi aluesuunnistuslaitteella (VHF Omnidirectional Range – VOR / Distance Measurement Equipment DME ja DME/DME) sekä ilma-aluksen omiin laitteisiin perustuva navigointi (Inertial Reference System - IRS, Inertial Navigation System - INS).

Lähi- ja lähestymisalueilla sekä lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeillä navigaatiolähteinä ovat satelliitit sekä konventionaaliset radionavigaatiolaitteet (VOR/DME; DME/DME; Non-Directional Beacon - NDB) sekä ilma-alusten omiin laitteisiin perustuva navigaatiokyky.

Navigaatiopesifikaatiolla (RNAV, RNP) tarkennetaan tietyn ilmatilan navigointivaatimukset huomioiden ilma-alusten ja miehistön hyväksyntävaatimukset ja navigaatioinfrastruktuurilla mahdollistetaan ja varmennetaan ilma-alusten navigaatiokyky kyseisessä ilmatilassa.

3.2.1 Reittisuunnistus / En-Route-ilmatila

Suomessa on käytössä joustavan ilmatilankäytön menetelmät (Flexible Use of Airspace – FUA) ja nämä menetelmät ovat kuvattuina kansallisessa ilmatilanhallintaa ohjaavassa [ASM-toimintakäsikirjassa](#). FUA-menetelmiä kehitetään vuosittain mm. asiakaskonsultoinnin ja ilmatilankäytön raporttien ohjaamana.

Suomessa on otettu käyttöön vapaan reitityksen ilmatila (Free Route Airspace – FRA), joka on toteutettu yhdessä Norjan, Ruotsin, Viron, Latvian ja Tanskan kanssa. Vapaan reitityksen ilmatilassa operaattori saa itse valita haluamansa lentoreitin seuraamatta vakioituja lentoreittejä.

Suomessa on jo käytössä Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2018/1048 mukaiset vakioidut lennonjohtopalvelun alaiset lentoreitit (ATS-reitit - Air Traffic Services), jotka perustuvat PBN-konseptin mukaisiin RNAV 5-vaatimuksiin. Konventionaalisista ATS-reiteistä on luovuttu, mutta Suomessa on vielä 12 kpl VOR/DME asemia, joihin voidaan tukeutua, mikäli satelliittinavigaatiossa tai ilma-alusten RNAV-laitteissa ilmenee häiriöitä. Lennonjohto voi tarvittaessa antaa valvontalajejärjestelmään perustuvia ohjaussuuntia ilma-aluksille, mikäli satelliittinavigaatiossa tai ilma-alusten RNAV-laitteissa ilmenee häiriöitä.

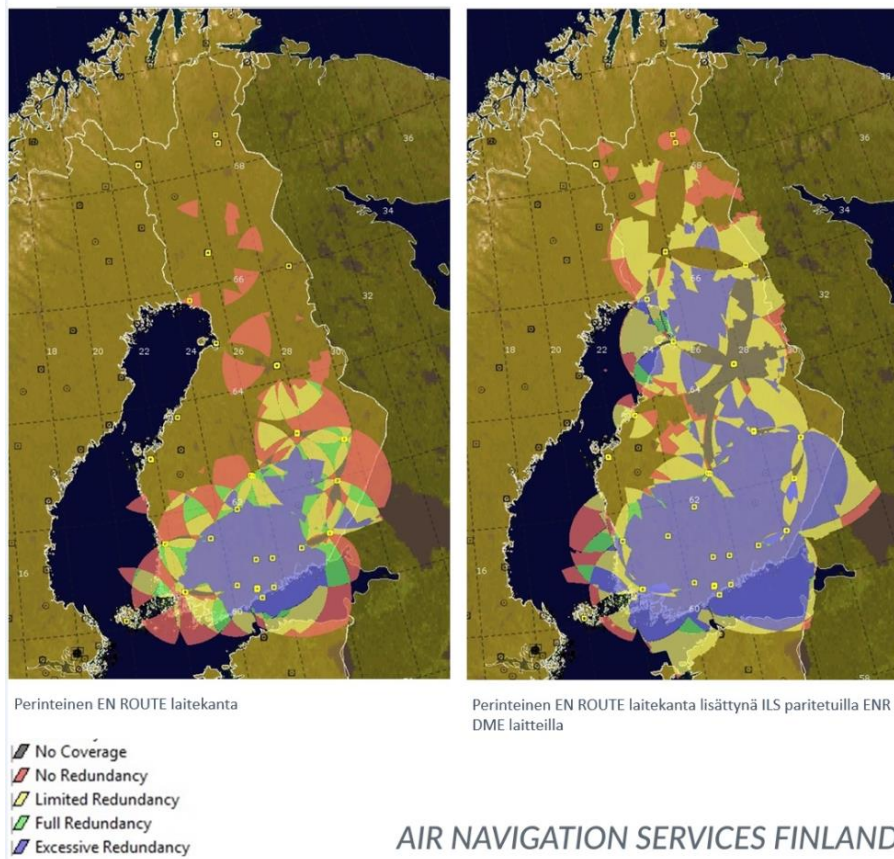
Helsinki-Vantaan lentoasemalla on käytössä saapuvan liikenteen "Arrival Manager" -hallintajärjestelmä, jolla optimoidaan liikennevirtoja käytettävissä oleville kiitoteille. Helsinki-Vantaan liikennettä voidaan ohjata optimaaliseen tulojonoon En Route-ilmatilassa AMAN-työkalulla.

Reittisuunnistuksessa käytettävät radionavigaatiolaitteet

Suomen lentotiedotusalueen (Flight Information Region - FIR) lentoreittien ja vapaan reitityksen ilmatilan navigaatioinformaatio tuotetaan satelliittien avulla ja satelliittinavigaation häiriötilanteiden varajärjestelmänä on DME/DME-verkosto. Reittisuunnistuslaitteet ovat lueteltuina ilmailukäsikirjan (Aeronautical Information Publication - AIP) osassa ENR 4.1. Laitteiden ylläpitokulut katetaan pääosin reittinavigaatiomaksuilla.

Kansallinen VOR/DME-verkosto ei ole riittävä RNAV 5-menetelmille, eikä kansallinen DME/DME-verkosto ole tarpeeksi kattava kuin eteläisimmässä osassa Suomea.

DME/DME palvelun kattavuus ja varmistus 8000FT+



Kuva 4: ANS Finland Oy:n vuonna 2018 tuottama analyysi DME/DME-peitosta yli 8000 jalan (n. 2440m) korkeudella.

3.2.2 Lähestymisalueen vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät

Lähestymisalueiden (TMA) vakioidut tulomenetelmät (Standard Terminal Arrival Route - STAR) ja vakioidut lähtömenetelmät (Standard Instrument Departure - SID) perustuvat pääsääntöisesti komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2018/1048 mukaisiin RNAV1-vaatimukseen. Navigaatiokyky perustuu satelliittien, maa-asemien (DME/DME) ja ilma-alusten omaan navigaatioinformaatioon.

Ilmatilarakenteet ja lennonjohdon operatiiviset menetelmät on suunniteltu siten, että saapuvalla liikenteelle on mahdollistettu menetelmät, jotka perustuvat jatkuvaan lähestymisliukuun aina reittikorkeudesta alkaen (Continuous Descent Approach – CDA). Myös jatkuvan nousun (Continuous Climb Operations – CCO) menetelmät ovat mahdollisia.

Perinteisiä maalaitteisiin perustuvia konventionaalisia menetelmiä (VOR/DME) on myös jätetty käyttöön tietyille lentoasemille satelliittinavigaatioissa tai ilma-alusten RNAV-laitteissa ilmenevien häiriöiden varalle. Tulo- ja lähtömenetelmät voivat perustua myös lähestymislennonjohdon antamaan tutkapalveluun.

3.2.3 Lentopaikkojen lentotiedotusalueiden vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät

Lentopaikkojen lentotiedotusalueiden (FIZ) vakioidut tulomenetelmät (STAR) ja vakioidut lähtömenetelmät (SID) perustuvat pääsääntöisesti PBN-konseptin mukaisiin RNAV 1-vaatimukseen ja näiden reittien navigaatiokyky perustuu satelliittinavigaatioon sekä ilma-alusten omaan navigaatioinformaatioon.

3.2.4 Lähestymismenetelmät

Konventionaaliset menetelmät

Suomen lentoasemien pääasiallisina lähestymismenetelminä käytössä ovat konventionaaliset tarkkuuslähestymismenetelmät (Instrument Landing System - ILS). ILS-menetelmät antavat lateraalista (vaakasuoraa) ja vertikaalista (pystysuoraa) opastusta lähestyville ilma-aluksille ja niillä saavutetaan noin 200ft (60m) ratkaisukorkeudet kiitotien kynnykskorkeudesta.

Konventionaalisista lähestymismenetelmistä käytössä ovat myös ns. ei-tarkkuusmenetelmät, joita ovat mm. Localizer-menetelmät, VOR/DME-menetelmät sekä NDB-menetelmät. Nämä menetelmät antavat vain lateraalisen opastuksen lähestyvälle ilma-alukselle.

Satelliittinavigaatiomenetelmät (GNSS)

Suomi on ollut yksi Euroopan edelläkävijämaita satelliittinavigointiin (Global Navigation Satellite System - GNSS) perustuvien PBN-lähestymismenetelmien käyttöönotossa. Kaikilla Suomen lentoasemilla on käytössä Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2018/1048 mukaiset PBN-menetelmät, jotka perustuvat RNP APCH-standardeihin, joissa on julkaistu LNAV- ja LNAV/VNAV- sekä LPV-minimit.

Kaksiulotteiset 2D-lähestymismenetelmät (Lateral Navigation - LNAV; Localizer Performance - LP) antavat ilma-alukselle vain lateraalisen opastuksen, kun taas kolmiulotteiset 3D-lähestymismenetelmät (LNAV/ Vertical Navigation - VNAV; Localizer Performance with Vertical guidance - LPV) antavat lateraalisen opastuksen lisäksi myös vertikaalisen opastuksen. Vertikaalinen opastus voidaan tuottaa joko perustuen barometriseen ilmanpaineeseen (Approach with Vertical Guidance - Barometric Vertical Navigation - APV-BaroVNAV) tai satelliittijärjestelmällä (Satellite Based Augmentation System - SBAS) varmennettuun ja korjattuun tietoon. Suomessa julkaistut ja operatiivisesti käytössä olevat 3D-lähestymismenetelmät perustuvat APV-BaroVNAV- ja SBAS-standardeihin

Ilmailukäsikirjassa (AIP) julkaistuilla lähestymiskartoilla on erikseen julkaistu kunkin standardin määrittelemät laskeutumisminit.

3.2.5 Ilmailun valvontalaittejärjestelmät

Suomen ilmailun valvontajärjestelminä ovat tutkalaitteet, joiden teknologia perustuu joko ilma-aluksessa olevaan toisiotutkavastaimen (transponderi) tai pulssi-muotoiseen ensiotutkaan (Primary Surveillance Radar - PSR). Toisiotutka (Secondary Surveillance Radar - SSR) havaitsee vain sellaisen kohteen, joka lähettää transponderilla tunnustaan tutkalle. Jos ilma-aluksessa ei ole tunnusta lähettävää transponderia tai se on suljettu tai epäkunnossa, ilma-alusta ei voida havaita/tunnistaa toisiotutkalla.

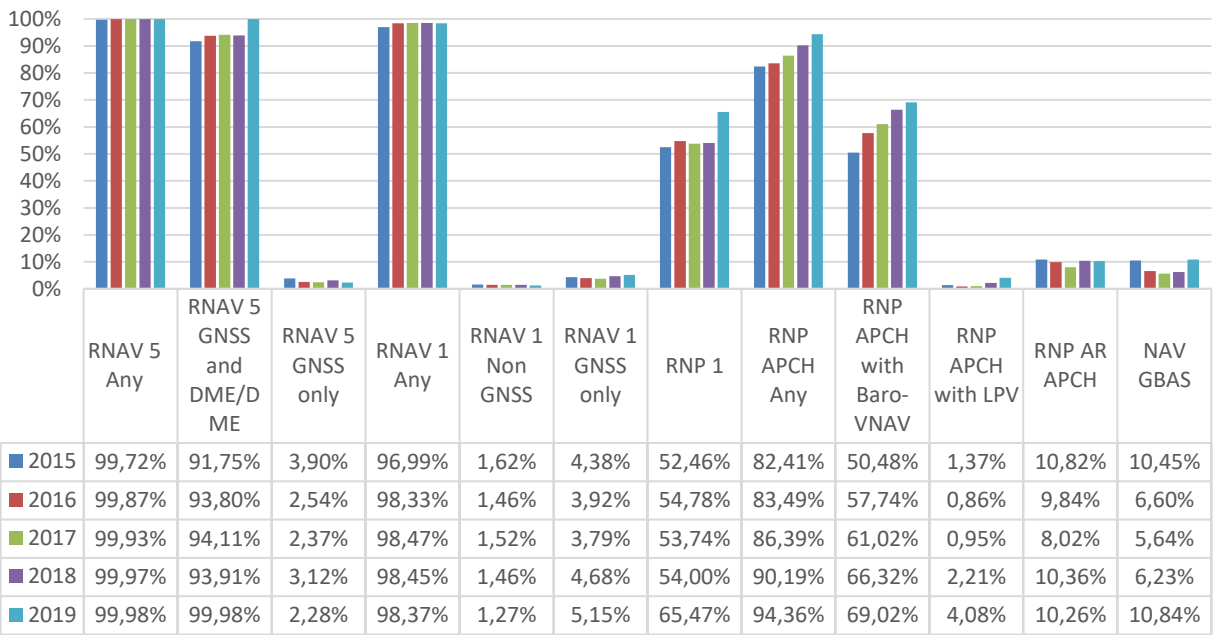
Yhteisenä kummallekin teknologialle ratkaisulle on fyysinen isokokoinen ja pyörivä tutka-antenni, jonka käyttökulut ovat verrattain suuret siihen liittyvien kuluviin osien ylläpidon seurauksena.

Tutkalaitteen tarkkuus ja käyttöalue riippuvat siinä käytettävän teknologian lisäksi laitteen sijainnista, antennin fyysisestä muodosta ja koosta, pulssintoistotaajuudesta, antennin pyörimisnopeudesta ja pulssin lähetystehosta.

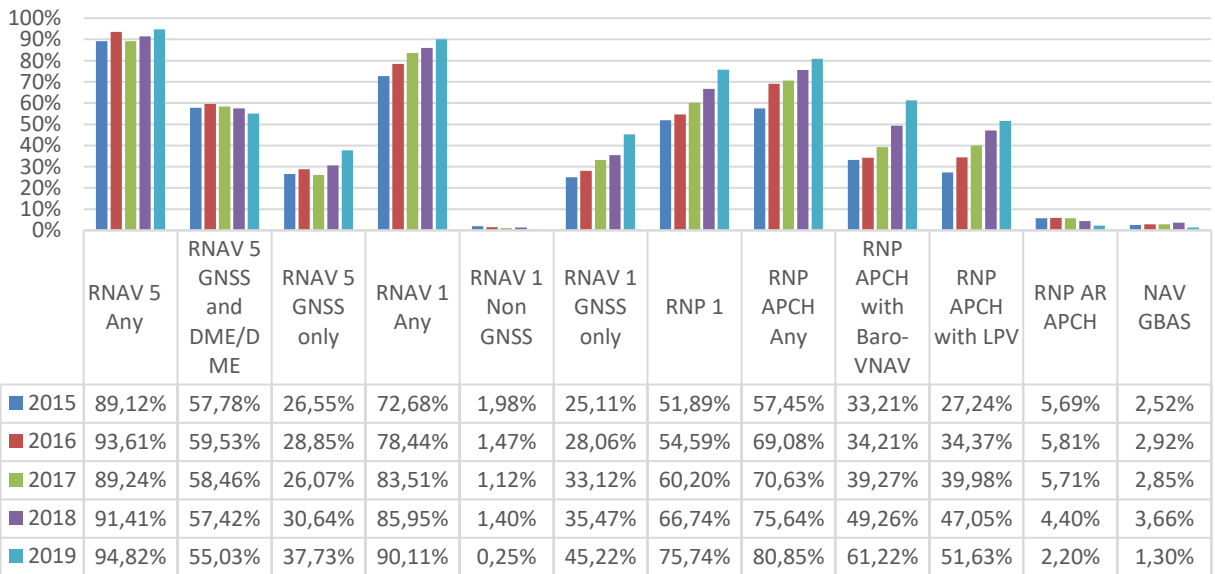
3.3 Lentoyhtiöiden PBN-suorituskyky

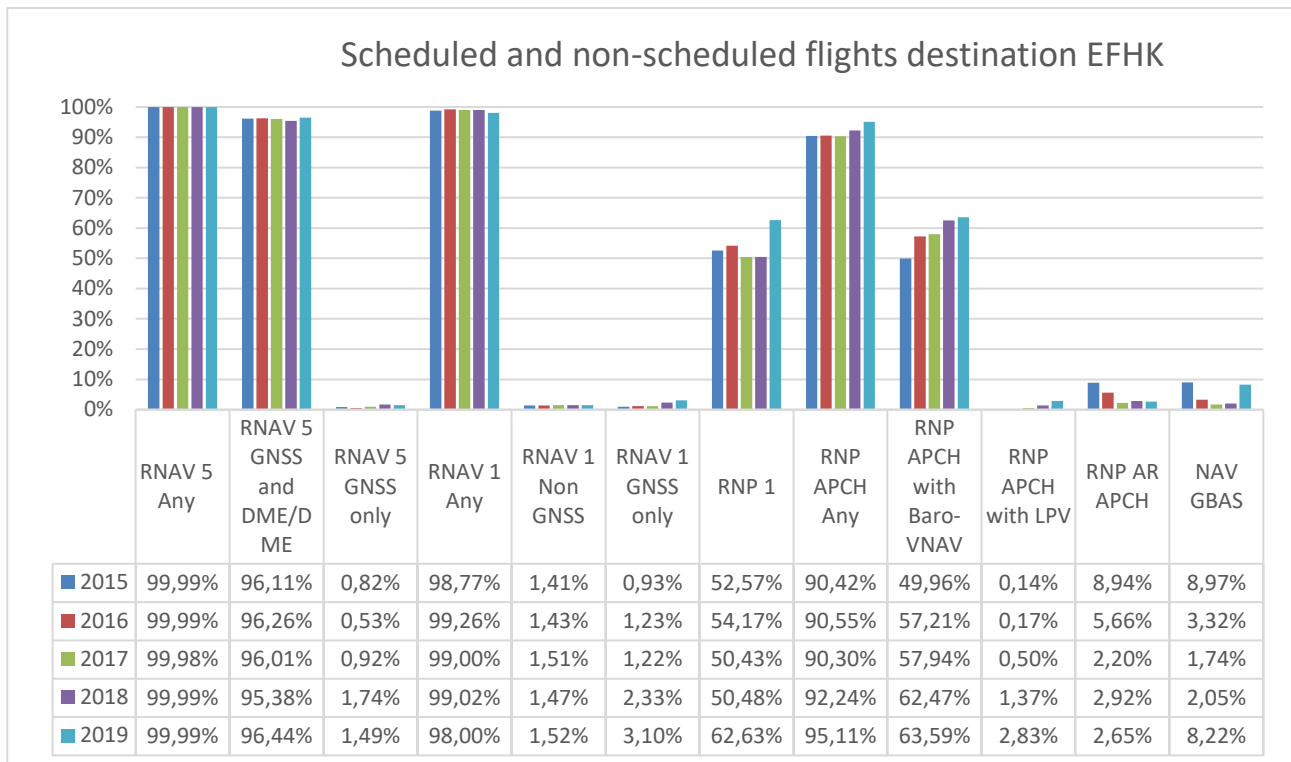
Oheisista kaavioista käy ilmi käyttäjäryhmien navigaatiokyvykkyydet PBN-navigaatiokespessifikaatiokohtaisesti – lähde ANS Finland Oy / lentosuunnitelmista otettu data.

Scheduled and non-scheduled flights in Finland



IFR general aviation in Finland





4. Kansallinen navigaatio- ja valvontalaitejärjestelmien kehitys tulevaisuudessa

4.1 Ilmailun navigaatiojärjestelmät

Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2018/1048 mukaisesti ilmatilan, lentoreittien ja lentomenetelmien tulee perustua 1.6.2030 alkaen satelliittinavigaatioon. Tämä ei rajoita kuitenkaan ATM/ANS-palvelujen tarjoajien ja lentoasemien pitäjien mahdollisuutta tarjota palvelujaan käyttäen laskeutumisjärjestelmiä, jotka mahdollistavat kategorian CAT II ja CAT III toiminnan.

ATM/ANS-palvelujen tarjoajien ja lentoasemien pitäjien on kuitenkin toteutettava tarvittavat toimenpiteet sen varmistamiseksi, että niillä on edelleen valmiudet tarjota palvelujaan muilla keinoin, jos ennakoimattomista syistä, joihin ne eivät pysty vaikuttamaan, GNSS tai muut suorituskykyyn perustuvassa navigoinnissa käytettävät menetelmät eivät ole enää saatavilla. Näihin toimenpiteisiin on sisällyttävä erityisesti riittävän konventionaalisten suunnistuksen apulaitteiden verkoston sekä siihen liittyvän valvonnan ja viestinnän infrastruktuurin säilyttäminen.

Satelliittinavigointi, GNSS ja SBAS

Täysin operatiivisia satelliittijärjestelmiä on tällä hetkellä vain 2: GPS ja GLONASS, jotka kummatkin ovat maailmanlaajuisia satelliittinavigaatiojärjestelmiä, edellinen amerikkalainen ja jälkimmäinen venäläinen. Satelliittinavigaatio tukeutuu nykyään pääsääntöisesti GPS-järjestelmään, mutta eurooppalaisen Galileo-satelliittijärjestelmän ja kiinalaisen BeiDou-satelliittijärjestelmän uskotaan olevan operatiivisia vuoden 2020 jälkeen.

EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service) on eurooppalainen satelliittipaikannusjärjestelmä, joka täydentää nykyistä GPS-järjestelmää lähettämällä korjaussignaalia satelliittien kautta ilma-aluksille. EGNOS on SBAS-järjestelmä (Satellite-Based Augmentation System), joka ei itsenäisesti anna riittävää navigaatioinformaatiota. EGNOS-järjestelmä tukee tulevaisuudessa myös eurooppalaista Galileo

satelliittipaikannusjärjestelmää. EGNOS-järjestelmä koostuu kolmesta geostationäärisatelliitista (Space Segment), maa-asemien verkosta ohjaus- ja laskentakeskuksineen (Ground Segment) sekä varsinaisesta käyttäjäsegmentistä (User Segment). Maasegmentti kattaa RIMS-asetat (Range and Integrity Monitoring Station), ohjaus- ja prosessointikeskukset (Mission Control Center - MCC ja Central Processing Facility - CPF) sekä tarvittavat lähettimet ja tietoverkon.

EGNOS-järjestelmää hallinnoi ja järjestelmään perustuvien navigointipalvelujen tarjoajana toimii Euroopan komission toimeksiannosta seitsemän eurooppalaisen lennonvarmistuspalvelun tarjoajan perustama ESSP-konsortio (European Satellite Services Provider). ESSP:llä on eurooppalaisen Single European Sky-regulaation mukainen hyväksyntä lennonvarmistuspalvelun tarjoajaksi. EGNOS-järjestelmään kuuluu tällä hetkellä 39 RIMS-asemaa, mutta asemien lukumäärä kasvaa vielä, sillä lähivuosille on suunnitteilla muutamien uusien asemien käyttöönotto. Suomessa tällä hetkellä ainoa RIMS-asema sijaitsee Virolahdella.

Satelliittinavigaatiojärjestelmät eivät palvele vielä Suomea riittävällä tasolla Pohjois-Suomessa ja tästä syystä liikenne- ja viestintäministeriön julkaiseman "[Satelliittinavigointijärjestelmien tehokas hyödyntäminen Suomessa; Toimenpideohjelma 2017–2020](#)" mukaisesti Suomi vaikuttaa kaikilla EU-tasoilla Suomen EGNOS-kattavuusongelman ratkaisemiseksi ja Galileo- ja EGNOS-palvelujen saamiseksi Suomeen saman tasoisine kuin Keski-Euroopassa.

Suomi on tehnyt sopimuksen uuden EGNOS RIMS-satelliittimaa-aseman rakentamisesta Kuusamoon vuoteen 2022 mennessä. Vielä uudemman RIMS EGNOS V3:n (monitaajuuden ja monikonstellaation tuki) osalta Suomi on allekirjoittanut sopimuksen Euroopan avaruusjärjestön (European Space Agency - ESA) kanssa ja maa-asema saataneen Kuusamoon vuoteen 2026 mennessä. Kuusamon satelliittimaa-asema parantaa satelliittipaikannuksen paikannustarkkuutta EGNOSin avulla erityisesti siviili-ilmailussa, mutta kaikki EGNOS-yhteensopivat paikannuslaitteet hyötyvät tästä merkittävästi.

Galileo, EGNOS, BeiDou ja nykyiset operatiiviset GPS ja GLONASS tulevat muodostamaan maailmanlaajuisen monijärjestelmä- ja monitaajuussatelliittiverkon, joka Galileon lisäturvallisuutta antavien ominaisuuksien (esim. Open Service Navigation Message Authentication, OS NMA; Commercial Authentication Service, CAS ja Public Regulated Service, PRS) ansiosta pienentää satelliittijärjestelmän nykyistä haavoittuvuutta, sekä parantaa saavutettavaa navigaatiotarkkuutta, turvallisuutta ja toiminnan jatkuvuutta. Järjestelmän haavoittuvuudet ovat kuitenkin niin moniulotteisia, että vähintäänkin kriittiset järjestelmät tulee suunnitella niin, että GNSS ei ole ainoa paikka-, navigaatio- ja aikatiedon lähde (Positioning, Navigation, Timing - PTN).

GBAS

Ground Based Augmentation System GBAS on paikallinen GNSS-signaalia varmistava ja korjaava järjestelmä, jota ilma-alukset hyödyntävät tarkkuuslähestymismenetelmien lentämiseen. Korjaussignaali välitetään ilma-aluksille paikallisesti VHF-taajuudella. GBAS Cat I GPS L1-taajuudella on jo operatiivisessa käytössä. GBAS Cat II/III operaatioiden GPS L1-taajuudella odotetaan olevan operatiivisia vuonna 2020. GBAS Cat II/III operaatioiden GPS L1/L5- ja Galileo E1/E5-taajuuksilla odotetaan olevan operatiivisia vuonna 2026.

Konventionaaliset radionavigaatiojärjestelmät

Merkittävästä osasta konventionaalisia radionavigaatiolaitteita voidaan luopua asteittain, mutta luopumisen yhteydessä tulee huomioida varamenetelmät GNSS-palvelukatkosten aikana.

Katkokset voivat johtua satelliittivastaanoton tahallisesta häirinnästä ja tahattomasta radiohäiriöstä, avaruussään vaikutuksesta ionosfääriin tai järjestelmävioista.

NDB – European ATM Master Plan mukaisesti NDB-asetat suunnitellaan poistettavaksi vuoden 2020 loppuun mennessä. Kansallinen NDB-asettien poistoaikataulu voi poiketa ATM Master Planin aikataulusta, ja tarkemmat suunnitelmat NDB-asettien poistoista kuvataan PBN-siirtymäsuunnitelmassa.

VOR/DME – European ATM Master Plan mukaisesti VOR-asetia olisi ryhdyttävä vähentämään ja vuoden 2020 jälkeen jäljelle jäisi vain turvallisuuden ja jatkuvuuden kannalta välttämättömät laitteet (Minimum Operational Network - MON). Suomessa VOR-asetia käytetään vain lentoasettien lähestymismenetelmissä. Kansallinen VOR-asettien poistoaikataulu voi kuitenkin poiketa ATM Master Planin aikataulusta, ja tarkemmat suunnitelmat VOR-asettien poistoista kuvataan PBN-siirtymäsuunnitelmassa.

DME – DME-laitteet säilyvät GNSS-järjestelmän varajärjestelmänä erityisesti RNAV 1- ja RNAV 5 -navigaatiokyvyn säilyttämiseksi GNSS-häiriöiden aikana.

ANS Finland ja lentoasetat suunnittelevat ja toteuttavat vaadittavan DME/DME-laiteverkoston palvelun kattavuuden, ylläpidon ja mahdolliset lisäinvestoinnit.

ILS – CAT II/CAT III tarkkuuslähestymisjärjestelmät säilyvät vielä pitkään eikä suunnitelmia niiden poistamiseksi ole, mutta asetuksen (EU) 2018/1048 mukaisesti ILS CAT I -menetelmät tullaan korvaamaan vuoteen 2030 mennessä GBAS- tai LPV200-menetelmillä.

Kansallinen ILS CAT I -laitteiden poistoaikataulu kuvataan PBN-siirtymäsuunnitelmassa.

European Radio Navigation Plan:n arvio radionavigaatiolaitteiden kehityksestä Euroopassa

		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	
GPS	L1	FOC											
	L1 C	<12 satellites									≥12 satellites		
	L2	FOC											
	L2 C	≥19 satellites			FOC								
	L5	≥12 satellites									FOC		
Glonass	L1 F	FOC											
	L1 C	<12 satellites									≥12 satellites		
	L2 F	FOC											
	L2 C				<12 satellites			≥12 satellites			FOC		
	L3 C	<12 satellites			≥12 satellites			FOC					
Galileo	E1	≥12 satellites			FOC								
	E5	≥12 satellites			FOC								
	E6	≥12 satellites			FOC								
BeiDou	B1	≥12 satellites			FOC								
	B2	≥12 satellites			FOC								
	B3	≥12 satellites			FOC								
EGNOS	GPS L1	FOC											
	GPS L5										FOC		
	Galileo E1										FOC		
	Galileo E5										FOC		
GBAS	Cat I (GPS L1)	FOC											
	Cat II/III (GPS L1)					FOC							
	Cat II/III (GPS-Galileo L1/E1 L5/E5)										FOC		
DGNSS	FOC					Rationalize							
ILS	FOC				Rationalize								
MLS	FOC				Rationalize								
DME	FOC			Optimize									
VOR	Rationalize				Minimum Operational Network								
NDB	Rationalize				Decommission								
A-PNT	Research phase												
Loran-C	Turned off												
eLoran	Turned off												
eDLoran	Turned off												
DCF77	FOC (Contract signed until 2021. Expected continuation after that date)												
LTE	FOC (4G). Initial operations in 5G expected for 2020 in Europe												
STL	Start of operations in 2016. Continuation of service will depend on company decision												

Figure 1 – Expected evolution of radio navigation systems in Europe

Kuva 5: lähde: European Radio Navigation Plan (2018)

Kuva 5 antaa arvon eurooppalaisen radionavigaatio suunnitelman aikatauluista. Suomessa seurataan aktiivisesti Euroopan radionavigaatio suunnitelmaa ja ryhdytään tarvittaviin toimiin, mikäli teknis-operatiiviset edellytykset mahdollistavat uusien menetelmien käyttöönoton.

4.1.1 En route

Suomessa on luovuttu 23.4.2020 suuresta osasta ATS-reiteistä lentopinnan FL95 yläpuolella.

Suomessa ei ole tällä hetkellä riittävää DME/DME-laiteverkostoa RNAV 5:n osalta, etenkin Pohjois-Suomessa. Tästä syystä ANS Finland on hankkimassa viisi uutta DME-lähetinasemaa vuosina 2021 – 2023.

Suomessa selvitetään satelliittinavigaatiota hyödyntävän IFR-matalalentoreittiverkoston ja siihen liittyvien mittarilähestymismenetelmien sekä pilvenläpäisymenetelmien (PinS) luomista muun muassa helikopteritoiminnan tarpeisiin. Järjestely mahdollistaisi lentotoiminnan myös näkö sääolosuhteita huonommissa sääolosuhteissa. Vuonna 2019 ANS Finlandin vetämä työryhmä selvitti matalalentoverkoston hyötyjä ja käyttömahdollisuuksia. Vuonna 2020 olisi tarkoitus aloittaa jatkoselvitys, jossa määriteltäisiin tarkemmin muun muassa verkoston konseptia, rahoitusmalleja sekä riskejä. Päätöstä matalalentoverkoston rakentamisesta ei ole tehty. IFR-reitit olisi mahdollista toteuttaa joko RNAV 1-, RNP 1- tai RNP 0.3-navigaatiotespesifikaatioon perustuen ja toteutuksessa huomioitaisiin tuleva miehittämättömän ilmailun U-space.

4.1.2 Lähi- ja lähestymisalueet ja lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeet

RNP 1 navigaatiotespesifikaatio – Käyttöönnotolle ei ole suunnitelmia tässä vaiheessa, mutta ATM/ANS-palveluntarjoajat ja lentoasemat seuraavat aktiivisesti ilma-alusten kelpoisuuksien kehittymistä ja mahdollista regulaatiota menetelmien käyttöönotosta.

Advanced RNP navigaatiotespesifikaatio – Käyttöönnotolle ei ole suunnitelmia tässä vaiheessa, mutta ATM/ANS-palveluntarjoajat ja lentoasemat seuraavat aktiivisesti ilma-alusten kelpoisuuksien kehittymistä ja mahdollista regulaatiota menetelmien käyttöönotosta.

Helikopterit – RNAV 1, RNP 1 ja RNP 0.3

Mahdollisten IFR-matalalentoreittien ja mittarilähestymismenetelmien sekä pilvenläpäisymenetelmien (PinS) toteutuksessa tulee huomioida miehittämätön ilmailu ja sen osana tulevaisuuden U-space.

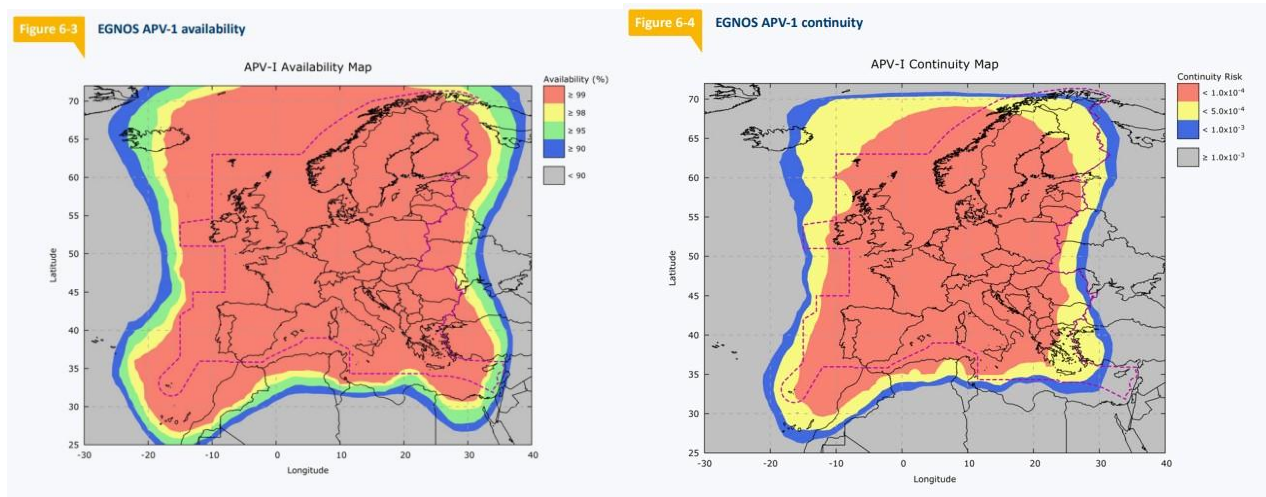
4.1.3 Lähestymismenetelmät

RNP APCH

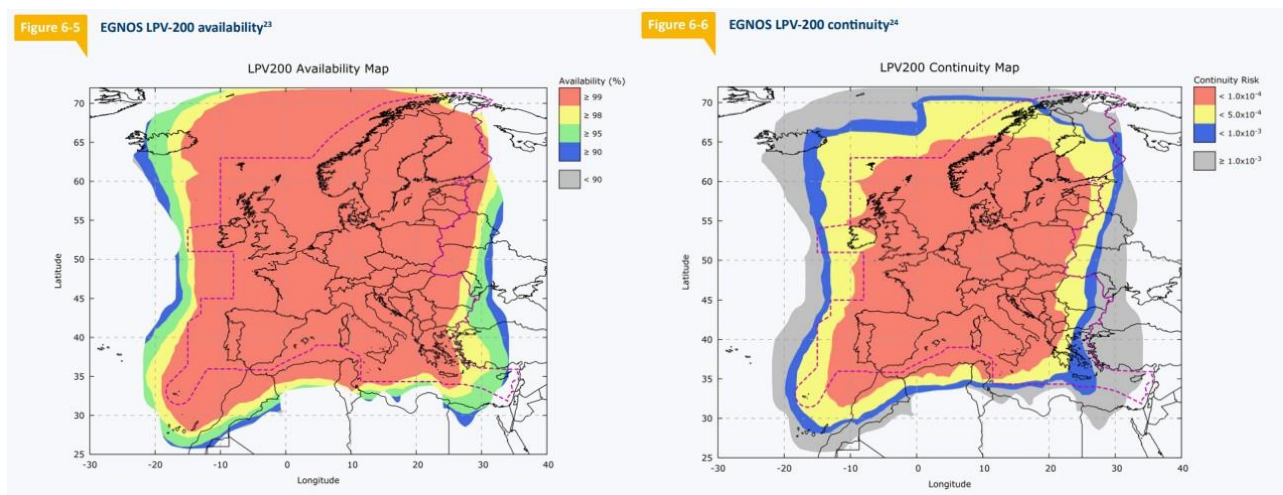
Komission asetuksen (EU) 2018/1048 mukaisesti ATM/ANS-palvelujen tarjoajien ja lentoasemien on otettava käyttöön lähestymismenetelmät RNP-lähestymisen (RNP APCH) spesifikaation vaatimusten mukaisesti kaikkien niiden mittarikiitoteiden lähestymissuunnissa, joissa on käytössä tarkkuuslähestymismenetelmät. RNP APCH-menetelmät on otettava käyttöön mukaan lukien LNAV-, LNAV/VNAV- ja LPV-minimit sekä liikennetiheyden tai liikenteen kompleksisuuden sitä edellyttäessä vakiokaarrot rastille (RF) – tätä vaatimusta sovelletaan 25.1.2024 alkaen. LPV-minimit on otettava käyttöön viimeistään 18 kuukauden kuluttua siitä päivästä, jona asianmukainen SBAS-palvelun paikannustieto on saatavilla – tätä vaatimusta sovelletaan 25.1.2024 alkaen.

SBAS-menetelmien (LPV) etuna on se, että ne ovat lämpötilariippumattomia, kun taas nyt jo käytössä olevat APV-Baro VNAV-menetelmät ovat riippuvaisia lämpötilasta, jolloin ne eivät ole käytettävissä alle -20 C lämpötiloissa.

Suunnittelutyö RNP APCH-menetelmien mahdollistamiseksi myös valvomattomille lentopaikoille on käynnistetty.



Kuva 6: APV I/LPV-menetelmän kattavuus Euroopassa. Punainen alue: vasen kuva signaalin saatavuus; oikea kuva signaalin käytettävyys lentomenetelmissä (lähde: EGNOS Sol)



Kuva 7: LPV200-menetelmän kattavuus Euroopassa. Punainen alue: vasen kuva signaalin saatavuus; oikea kuva signaalin käytettävyys lentomenetelmissä (lähde: EGNOS Sol)

RNP AR APCH

RNP AR APCH -lentomenetelmät (AR-menetelmä; authorisation required) ovat erityismenetelmiä, jotka vaativat viranomaisen erityishyväksynnän operaattoreille. AR-menetelmät mahdollistavat nykyisiä IFR-lähestymisiä huomattavasti lyhyemmät loppulähestymiset. AR-menetelmätyypillä voidaan tehdä myös kaarevia lähestymisiä ja niiden navigaatiotarkkuus on huomattavasti tarkempi erityisesti kaarroissa. AR-menetelmiä onkin

suunniteltu mm. ympäristöihin, joissa nykyisen kaltaisia lähestymismenetelmiä ei voida edes suunnitella, sekä paikkoihin joissa esim. jokin asuinalue halutaan kiertää lentomelun minimoimiseksi kyseisellä alueella.

Pins-Pilvenläpäisy menetelmät helikoptereille

Eryteisesti helikopterilentotoiminnassa on tarve IFR-menetelmille, joita ne voisivat käyttää lentoasemilla myös ATS-palvelun ulkopuolella. Tämän lisäksi IFR-menetelmiä kaivataan sairaaloiden yhteyteen, tukikohtiin, pienemmille lentopaikoille sekä paikkoihin, joissa IFR-matalalentoreiteiltä voitaisiin tehdä pilvenläpäisyjä.

Point in Space (PinS)-menetelmä on ainoastaan helikopterille suunniteltu IFR-menetelmä, joka mahdollistaa huonossa säässä pilven läpäisyn laskeutumista varten tai lennon jatkamiseen näköolosuhteissa. Tällaisten menetelmien luominen on lento-operaattoreiden vastuulla.

GBAS

Satelliittinavigaation kaksitaajuus- ja multikonstellaatiovastaanottimien käyttöönotto, Kuusamon tuleva RIMS-asema ja EGNOS-järjestelmän hyödyntäminen mahdollistavat tulevaisuudessa jopa ILS CAT I -laitteista luopumisen, mutta tämän osalta standardit ovat vasta valmisteluvaiheessa ja käyttöönotto vaihe alkanee aikavälillä 2026–2030.

4.2 Ilmailun valvontalaittejärjestelmät

4.2.1 Mode-S

Mode-S:n käyttöönotosta on säädetty sekä lentotoiminnan harjoittajien, että lennonvarmistuspalvelun tarjoajien osalta Euroopan komission asetuksessa (EU) 1207/2011, jota on täydennetty asetuksella (EU) 2017/386.

4.2.2 ADS-B

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) -järjestelmissä toiminta perustuu maa-asemaan, joka vastaanottaa ilma-aluksen itse määrittämän ja lähettämän paikka- ja tunnistetiedon. Lähetys tapahtuu radiosignaalia hyödyntäen ja paikkatieto voi perustua konventionaaliseen paikannukseen tai satelliittiteknologian avulla tuotettuun paikkainformaatioon. ADS-B-lähetin ilma-aluksessa edellyttää ilma-alukselta modernia avioniikkalaitteistoa, joka löytyy lähes kaikista siviilikäyttöön tarkoitetuista liikenneluokan ilma-aluksista, mutta harvoin yleisilmailuun tarkoitetuista tai valtion ilma-aluksista.

ADS-B teknologisenä rajapintana toimii toisiotutkataajuus 1090MHz. Järjestelmä hyödyntää toisiotutkajärjestelmän sisällä olevaa Mode-S datansiirtomahdollisuutta paikannus- ja tunnistetiedon välittämiseen.

ADS-B-järjestelmän tiedonsiirto on suojaamaton. Tästä syystä järjestelmä on haavoittuvainen.

4.2.3 MLAT/WAM

Multilateraalinen paikannusjärjestelmä Multi Lateration (MLAT) ja Wide Area Multilateration (WAM) hyödyntävät kaikissa liikenneilmailun ja sotilasilmailun käyttämissä ilma-aluksissa olevia toisiotutkavastaimia (Mode A/C ja Mode S). Paikannus tapahtuu useaan WAM-vastaanotinasemaan samasta ilma-aluksesta saapuneiden signaalien vastaanottoaikojen matemaattisen aikavertailun perusteella. Teknologian avulla ilma-aluksen reaaliaikainen sijainti paikannetaan tarkasti. WAM -järjestelmän ylläpitokustannukset ovat pienemmät kuin vastaavan alueen valvontaan tarvittavan perinteisen toisiotutkajärjestelmän (SSR) kustannukset.

Suomen maantieteellinen alue voidaan kattaa esimerkiksi neljällä WAM-järjestelmällä sijoittaen yhteen järjestelmään 30-40 radioasemaa. Tällöin seurannan alakatveeksi muodostuisi sijainnista riippuen 2000-4000 jalkaa (FT). Jokainen järjestelmään liittyvä WAM-järjestelmän radioasema toimii myös ADS-B-lähetteen vastaanotinasemana, jolloin WAM/MLAT-järjestelmä samalla mahdollistaa ADS-B-tyyppisen lähetyksen vastaanoton. Tällöin ADS-B-seurannan alakatve on WAM-järjestelmän tuottamaa alakatvetta matalammalla.

WAM-järjestelmän muodostama paikannustarkkuus on riippuvainen seurattavan kohteen sijainnista suhteessa järjestelmään liittyviin maa-asemiin. Kaikki antennit ovat staattisia lähetyk/vastaanottimia, joiden ylläpitokustannukset ovat pienemmät kuin perinteiset pyörivien tutka-antennien.

WAM-järjestelmän arvioitu toteutusaikataulu tällä hetkellä on:

- Lounais-Suomi käyttöönotto Q4/2020
- Länsi-Suomi/Pohjanmaa käyttöönotto Q1/2022
- Pohjois-Suomi käyttöönotto Q1/2022
- Itä-Suomi toteutus 2023-2024

4.2.4 Etälennonjohto

Valikoitujen lentoasemien lennonvarmistuspalvelujen järjestäminen voidaan toteuttaa kustannustehokkaasti etälennonjohto-konseptilla, jossa perinteinen lennonjohtotorni varustetaan tai korvataan etäohjattavilla järjestelmillä. Muutoksen myötä yksi lennonjohtaja voisi tulevaisuudessa antaa lähi- ja lähestymislennonjohtopalvelua samanaikaisesti useammalle kuin yhdelle lentoasemalle.

Etälennonjohto-konseptilla voidaan edesauttaa lentoasemien käyttöä normaalien aukiolojen ulkopuolella esimerkiksi viranomaislentojen, etsintä- ja pelastuslentojen ja lääkinnällisten lentojen tarpeisiin, sekä poikkeustilanteissa. Hyötyjä saavutetaan mm. lentoliikenteen tarpeisiin mukautuvassa henkilöstön käytössä, lentoasemien saavutettavuudessa joustavien palveluaikojen kautta ja turvallisemmassa lennonvarmistuspalvelussa valvontalaitteiston kasvaessa.

4.2.5 Datalink - CPDLC

Ilmaliikennepalvelun tarjoaja ANS Finland tarjoaa Suomessa CPDLC Datalink-palvelua (Controller-Pilot Datalink Communications) SITA-palveluntarjoajan kautta lentopinnan FL285 yläpuolella leveyspiirin 61° 30' eteläpuolella.

CPDLC:n käyttöönotolla tavoitellaan parempaa kapasiteettia ja turvallisuutta. Lisäksi datalink yhteys toimii varajärjestelmänä radiohäiriötilanteissa.

5. Miehittämätön ilmailu

Miehittämätön ilmailu on voimakkaassa kasvussa ja markkinoilta odotetaan merkittäviä kaupallisia hyötyjä usealle elinkeinoalalle. Drone-markkinoiden kasvun mahdollistajana ovat ilmatilankäytön vapauttaminen tiettyyn toimintaan hyvin matalilla lentokorkeuksilla, drone-liikenteen hallinnointi sekä miehittämättömän ilmailun yhteensovittaminen muun ilmailun kanssa. SESAR Joint Undertaking kehittää U-space-konseptia eli miehittämättömän ilmailun liikenteenhallintajärjestelmää, jossa miehittämättömälle ilmailulle luodaan toimintaedellytykset, jotka perustuvat hyvin pitkälle vietyyn digitalisaatioon ja automaattisiin toimintoihin kaikenlaisissa ympäristöissä.

Euroopan lentoturvallisuusvirasto (EASA) on julkaissut yhteiseurooppalaisen lainsäädännön droneille ja julkaisee myöhemmin tarkempia vaatimuksia sertifioiduille laitteille, joiden operointi tulee olemaan hyvin samankaltaista kuin lentoyhtiöiden toiminta nykypäivänä.

Suomen tavoitteena on ottaa U-space käyttöön. Nopeasti kehittyvässä toimintaympäristössä Suomella on kansallinen tarve ottaa käyttöön sellaisia ratkaisuja, joilla turvataan matalalla tapahtuvan perinteisen ilmailun turvallisuus ennen kaikkien U-space-toiminnallisuuksien käyttöönottoa.

Miehittämättömän ilmailun kehittäminen tehdään nykyisen liikenteen toimintaedellytykset huomioiden. Toiminta sovitetaan turvallisesti yhteen muun liikenteen ja lentoasematoiminnan kanssa.

5.1 U-space

Periaatteet, jotka ovat U-space konseptin kulmakivet:

- **Turvallisuus:** Toiminnan U-space ilmatilassa tulee olla turvallista kaikelle ilmailulle. Tarkoituksena on kehittää miehittämättömälle ilmailulle oma liikenteenhallintajärjestelmä, joka vastaa perinteisestä ilmailusta tuttua ilmaliikenteen hallintajärjestelmää (Air Traffic Management - ATM). Liikenteenhallintajärjestelmän osana toimivat CIS (Common Information Service) -palvelu ja U-space-palvelut pystyvät sovittamaan yhteen U-space-ilmatilassa toimivat miehittämättömän ja miehitetyn ilmailun toimijat.
- **Automaatio:** Järjestelmän tulee olla pitkälle automatisoitu tai autonominen siten, että dronet lähettävät U-space-palveluntarjoajalle (USSP) omaa paikkatietoaan ja ne pystyvät CIS:n tai USSP:n kautta saadun tiedon avulla väistämään esteet sekä mahdolliset muut dronet ja ilma-alukset operointialueella.
- **Peruspalvelut käytössä 2022:** U-space:n ensimmäisen vaiheen (U1) peruspalveluihin kuuluvat dronerekisteri, e-tunnistetiedot ja geo-fencing/-awareness otetaan käyttöön mahdollisimman nopeasti Suomessa.

6. Häiriötilanteiden hallinta

Ilmailussa käytetään monenlaisia radiojärjestelmiä viestintään ja tietojen välitykseen ilma-alusten ja maassa olevien asemien välillä. Myös ilma-alusten navigointi perustuu osittain radioteknisiin järjestelmiin. Kaikki nämä järjestelmät ovat alttiita ulkoisille radiohäiriöille. Tulevaisuudessa ilma-alusten suunnistuksen perustuessa pääsääntöisesti satelliittinavigaatioon erilaiset GNSS-häiriöt voivat aiheuttaa ilma-alusten navigointikyvyn menetyksen. Tämän vuoksi varamenetelminä joudutaan säilyttämään konventionaalisia navigaatiolaitteita laadittavien PBN-siirtymäsuunnitelmien mukaisesti ilmaliikenteen turvallisuuden ja jatkuvuuden varmistamiseksi. Lisäksi ilmailujärjestelmien osalta tulee varautua myös kyberuhkiin ja radiohäiriöihin liikennejärjestelmän kokonaisturvallisuuden varmistamiseksi.

6.1 GNSS-häiriöt

Satelliittinavigointisignaalit (GPS), kuten muutkin radiotaajuussignaalit, ovat alttiita sekä tahattomille häiriöille että tahalliseen häirinnälle. Satelliittinavigoinnissa häiriöherkyys korostuu, sillä satelliittinavigointisignaalit ovat avaruudesta maahan asti etenemisen jälkeen teholtaan hyvin heikkoja ja siksi helposti häiriintyviä. Tahallinen häirintä on Suomessa lain mukaan kielletty.

6.1.1 Satelliittinavigaatio-signaalien tahallinen häirintä

Tahalliseksi häirinnäksi luetaan toiminta, jossa tarkoituksellisesti häiritään navigaatio-signaalia sellaisella teholla ja signaaliominaisuuksilla, jotka estävät tai vaikeuttavat satelliittinavigointisignaalien vastaanottoa tietyllä alueella (jamming) tai jotka tarkoituksella johtavat vastaanotinta harhaan (spoofing). Tahallinen radiohäirintä saattaa vaikuttaa hyvinkin suuren määrän taajuuksia. Intressit häirintään voivat liittyä tarkoitushakuihin ilmailun terrorismin tai sotilaallisiin tarkoituksiin. Häirintä voi olla kohdistettu myös ilmailun ulkopuoliseen GNSS-sovellutukseen, ja ilmentyä ilmailun GNSS häiriötilanteena. Jammereiden käyttö on Suomessa lain mukaan kielletty. Niiden aiheuttama radiohäiriö on suhteellisen pieni, mutta jos häirinnän tavoitteena on nimenomaan häiritä lentokentän toimintaa, tilanteen vakavuus muuttuu aivan toiseksi.

6.1.2 Satelliittinavigaatio-signaalien tahaton häirintä

Tahaton radiohäiriö voi aiheutua esimerkiksi GNSS-signaalin vastaanottoaikan lähellä käytössä olevasta vikaantuneesta sähkölaitteesta tai radiolaitteen harhalähetteestä. Yleensä radiohäiriöt esiintyvät yksittäisellä taajuudella tai melko kapealla taajuuskaistalla, jolloin kriittiset radiojärjestelmät on suhteellisen helppo varmentaa häiriötä vastaan. Kapeakaistaisen häiriön merkitys ilmailun järjestelmien toimintaan kuitenkin pienenee, kun ilmailun radionavigoinnissa otetaan käyttöön mm. monen taajuuden/monen järjestelmän GNSS-signaalit, joissa vastaanotto toteutetaan useammalla GNSS-vastaanottimella ja mahdollinen datayhteys varmennetaan toisella taajuudella. Ilmailun radionavigoinnin kriittisyyden vuoksi tällainen taajuuksien käyttö tulisikin ehdottomasti varmentaa.

Avaruussäätömiöt voivat aiheuttaa häiriöitä ilmailulle. Auringon aktiivisuuden tarkkailun ja ennustamisen motiivina on, että sen seurauksena esiintyvät vaihtelut avaruussäätöissä voivat merkittävästi vaikuttaa erilaisten energianjakelu- ja tietoliikenneverkkojen toimintaan ja sillä on merkittävä vaikutus myös radioliikenteeseen ja itse satelliitteihin. Ilmailun osalta aurinkomyrskyillä voi olla vaikutuksia ilma-aluksen ja lennonjohdon kommunikointi ja paikannusjärjestelmien toimivuuteen. Suomessa sijaitsee yksi Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön nimittämistä, globaalia tilannetta seuraavista avaruussäätökeskuksista. Ilmatieteen laitos laatii ja viestittää avaruussäätöä (Space Weather Advisory) ilmailun viestiverkkoon tilanteissa, joissa aurinko saattaa aiheuttaa huomattavia häiriöitä HF- tai satelliittiyhteyksille, satelliittipaikannukseen tai säteilyn lisääntymistä reittilentokorkeuksilla. Sanomat ovat ilmailun toimijoiden käytettävissä lennon suunnittelussa ja näin toimijat voivat huomioida haitallisten avaruussäätömiöiden vaikutukset omassa toiminnassaan.

6.1.3 PBN-siirtymäsuunnitelmat

Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2018/1048 mukaisesti ilmaliikenteen hallinta- ja lennonvarmistuspalvelujen (ATM/ANS) tarjoajat ja lentopaikkojen pitäjät, jotka vastaavat

mittarilähestymismenetelmien tai ilmaliikennepalvelureittien (ATS-reittien) käyttöönotosta, ovat velvoitettuja laatimaan PBN-siirtymäsuunnitelmat, missä he kuvaavat PBN-menetelmien käyttöönottosuunnitelmansa, konventionaalisten navigaatiolaitteiden poistosuunnitelmat ja varautumisen satelliittinavigaation häiriötilanteisiin. PBN-siirtymäsuunnitelmia laadittaessa on kuultava seuraavia osapuolia:

- lentopaikkojen pitäjät
- ilmatilan käyttäjät ja niitä ilmatilan käyttäjiä edustavat järjestöt, joihin palvelujen tarjonta vaikuttaa
- verkon hallinnoija (Network Manager, NM)
- ATM/ANS-palvelujen tarjoajat, jotka tarjoavat palvelujaan vierekkäisillä ilmatilan lohkoilla.

Kuulemisen jälkeen ATM/ANS-palvelujen tarjoajien ja lentopaikkojen pitäjien on toimitettava kuulemisen tulokset sekä siirtymäsuunnitelmaluonnos tai sen merkittävän päivityksen luonnos hyväksyttäväksi Traficomille.

ATM/ANS-palvelujen tarjoajat ja lentopaikkojen pitäjät eivät saa vahvistaa tai panna täytäntöön siirtymäsuunnitelmaa tai sen merkittävää päivitystä ennen kuin Traficom on hyväksynyt siirtymäsuunnitelmaluonnoksen tai sen merkittävän päivityksen luonnoksen.

6.2 Muut radiohäiriötilanteet

Ilmailussa käytetään radiojärjestelmiä siirtyvään ilmailuradioliikenteeseen ja ilmailun radionavigointiin niin konventionaalisissa navigointijärjestelmissä kuin satelliittinavigointijärjestelmissä. Kansainvälisen televiestintäliiton (International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector, ITU-R) julkaiseman radio-ohjesäännön mukaan radionavigointi on turvallisuusradioliikennettä, jonka pitäminen vapaana haitallisista häiriöistä vaatii jäsenmailta erityistoimia. Haitalliseksi häiriöksi katsotaan häiriö, joka vaarantaa radionavigointiliikenteen tai muun turvallisuusliikenteen toiminnan tai vakavasti huonontaa, estää tai toistuvasti keskeyttää radio-ohjesäännön mukaan toimivan radioliikenteen toiminnan. Radio-ohjesäännön mukaan jäsenvaltion tulee huolehtia, että turvallisuusliikenteen taajuuksille ei synny haitallisia häiriöitä, joilla voisi olla vaikutusta turvallisuusliikenteen toimintaan.

Radiohäiriöiltä suojautuminen ja häiriöiden selvittäminen

Sijoittamalla kiinteiden satelliittinavigointivastaanottimien antennit oikein voidaan välttää sähkö- ja radiolaitteiden aiheuttamia sähkömagneettisia häiriöitä. Satelliittinavigointivastaanottimen laadukkuus vaikuttaa myös merkittävästi sen häiriintyvyyteen. On myös tiedostettava, että vikaantuessaan minkä tahansa radiolaitteen harhalähetteet voivat aiheuttaa radiohäiriön toiselle radiojärjestelmälle. Tällöin radiohäiriön syy on selvitettävä ja poistettava.

Suomessa radiojärjestelmän ulkopuolisten radiohäiriöiden selvittämisestä vastaa Traficom. Radionavigointiliikenteen häiriöt kuuluvat korkeimpaan selvityskategoriaan yhdessä muiden turvallisuusliikenteiden kanssa. Häiriönselvitystoimet pyritään aloittamaan välittömästi häiriön tultua Traficomien tietoon. Virastolla on kyky havaita, tunnistaa ja poistaa mikä tahansa riittävän pitkäaikainen radiosignaali ilmailun taajuuksilla. Lisäksi Traficom kehittää GNSS-taajuuksien ennakoivaa monitorointi- ja häiriöselvityskykyä.

6.3 Kyberturvallisuus

Kyberturvallisuudella tarkoitetaan tavoitetilaa, jossa ilmailun toimintaympäristöön voidaan luottaa ja jossa sen toiminta turvataan (Suomen kyberturvallisuusstrategia, Valtioneuvoston periaatepäätös 24.1.2013). Kansallisen kyberturvallisuusstrategian linjausten ja niiden toteuttamiseksi tarvittavien toimenpiteiden avulla Suomi kykenee kansallisesti hallitsemaan kybertoimintaympäristön tahallisia tai tahattomia haittavaikutuksia sekä vastaamaan ja toipumaan niistä.

Kyberturvallisuus koskettaa kaikkia yhteiskunnan toimintoja, myös lentoliikennejärjestelmää, ja asiaa on lähestyttävä mahdollisimman kokonaisvaltaisesti. Traficom on määrittänyt liikennejärjestelmän kyberturvallisuuden osaksi koko liikennejärjestelmän kokonaisturvallisuutta.

Kyberturvallisuuden roolin nähdään merkittävästi kasvavan tulevaisuudessa. Syitä tähän ovat esimerkiksi entistä laajemmin verkostoituva maailma ja erilaisten järjestelmien kytkeytyneisyys, jotka johtavat yhä laajempaan ja monimutkaisempaan toimintaympäristöön. Digitalisaatio avaa uusia mahdollisuuksia kehittää lentoliikennejärjestelmää, mutta se tuo myös uudenlaisia riskejä, jotka on kyettävä huomioimaan ja hallitsemaan riittävällä tasolla. Ilmailu on riippuvainen tietoverkkojen ja -järjestelmien toiminnasta. Tietoturvan hallinta tarjoaakin hyväksi havaittuja menetelmiä kyberturvallisuuden hallintaan, mukaan lukien kyberturvallisuuteen liittyvien uhkien ja riskien hallinta.

Ilmailujärjestelmää on kehitettävä häiriöitä ennaltaehkäisten, mutta myös varmistaen riittävä sietokyky mahdollisten verkko- ja tietoturvaan liittyvien häiriöiden varalta. Tavoitteena on varmistaa lentoliikennejärjestelmän toiminta mahdollisimman turvallisesti ja saumattomasti kaikissa tilanteissa, erityisesti otettaessa käyttöön uusien teknologioiden mahdollistamia toiminallisuuksia, kuten GNSS/PBN –lentomenetelmät, etälennonjohto-konsepti ja miehittämättömän ilmailun liikenteenhallintakonsepti (U-space).

Kyberturvallisuuden tulee olla kattavasti sisällytettyinä olemassa oleviin toimintoihin. Ilmailun navigaatio- ja valvontalaitestategian mukaisten toimenpiteiden toteutuksessa tietoverkkoihin ja järjestelmiin liittyvät riskit on kyettävä tunnistamaan jatkuvasti ja myös huomioitava strategian kaikissa osa-alueissa.

Traficom seuraa ilmailujärjestelmän kyberturvallisuuden kansainvälistä kehittymistä aktiivisesti ja toimintamallien tulee olla kansainvälisesti yhteensopivia.