

**Ilmailun navigaatio- ja
valvontalaitejärjestelmien strategia
Suomessa 2019 - 2030**

ALKUSANAT

Teknisten järjestelmien ja menetelmien nopea kehitys sekä eurooppalaisen sääntelyn muutokset ovat synnyttäneet tarpeen päivittää Liikenteen turvallisuusviraston vuonna 2012 julkaisema ”Ilmailun navigaatio- ja valvontalaitejärjestelmien strategia Suomessa vuosille 2012-2030” vastaamaan nykyisiä tavoitteita sekä niiden toteuttamiseen liittyviä aikatauluja. EU-jäsenvaltioiden tulee laatia kansallinen strategia, joka tukee yhtenäisen eurooppalaisen ilmatila-hankkeen (SES) tavoitteita ja sen tulee olla yhtenevä eurooppalaisen ilmatilan hallinnan yleissuunnitelman (ATM Master Plan) kanssa. Menettelyjen tulee olla linjassa myös ICAO:n määrittelemien maailmanlaajuisten käytäntöjen kanssa, jotka on kuvattu Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön (ICAO) julkaisemassa globaalissa lennonvarmistussuunnitelmassa (GANP).

Strategian tavoitteena on luoda ilmailun toimijoille näkemys tulevaisuuden laitevaatimuksista, jonka avulla ne voivat entistä paremmin ennakoida tulevaisuuden menetelmiä sekä teknologista kehitystä, mikä puolestaan tuo varmuutta toimijoiden investointien suunnitteluun.

Päivitetyn strategian laadinnassa on tehty yhteistyötä mm. sotilasilmailun toimijoiden, lentoyhtiöiden, koulutusorganisaatioiden, helikopterioperaattoreiden ja ilmaliikennepalvelun tarjoajien sekä harraste-, yleis- ja miehittämättömän ilmailun edunvalvontaorganisaatioiden kanssa.

Helsingissä, 28. marraskuuta 2018

Pekka Henttu
ilmailujohtaja
Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi

Visio

Suomen navigointi-infrastruktuuri tukee Suomen kilpailukykyä ja saavutettavuutta mahdollistaen turvallisen, tehokkaan, ympäristöystävällisen ja toimintavarman ilmailun ja sitä tukevan ilmatilanhallinnan luoden samalla edellytykset kehittyneiden järjestelmien ja menetelmien laaja-alaiseen hyödyntämiseen.

Strategia

Satelliittinavigointiin perustuvien aluesuunnistusmenetelmien maailmanlaajuinen harmonisointi ja käyttöönotto perustuu Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön (International Civil Aviation Organization, ICAO) lennonvarmistussuunnitelmaan (Global Air Navigation Plan, GANP) ja suorituskykyyn perustuvaan PBN-konseptiin (Performance Based Navigation, PBN)

Suomi toteuttaa strategiassaan kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön lennonvarmistussuunnitelman ja Euroopan ilmatilan hallinnan yleissuunnitelman (ATM Master Plan) tavoitteet, sekä Euroopan yhtenäiseen ilmatilahankkeeseen (SES) liittyvät komission antamat täytäntöönpanoasetusten vaatimukset.

Ilmaliikenteen hallinta- ja lennonvarmistuspalvelujen tarjoajien ja lentopaikkojen pitäjien, jotka vastaavat mittarilähestymismenetelmien ja ilmaliikennepalvelureittien suunnittelusta ja julkaisusta tulee valmistella siirtymäsuunnitelma tämän strategian toteuttamiseksi. Siirtymäsuunnitelman valmistelussa tulee kuulla sidosryhmiä.

Konventionaalisista navigaatiolaitteista ryhdytään luopumaan asteittain vuoteen 2030 mennessä joitain poikkeuksia lukuun ottamatta. Toimijoiden tulee varautua tähän muutokseen ja tehdä myös omat suunnitelmansa satelliittinavigaation hyödyntämiseksi toiminnassaan, huomioiden toiminnan jatkuvuus ja turvallisuus myös mahdollisissa satelliittinavigaation häiriötilanteissa.

Sisällysluettelo

1. Johdanto	1
2. European Air Traffic Management Master Plan	3
2.1 Välttämättömät operatiiviset muutokset.....	3
3. Nykytila	4
3.1 Performance Based Navigation ilmatilakonsepti.....	4
3.2 Navigaatiojärjestelmät.....	6
3.2.1 Reittisuunnistus / En Route-ilmatila.....	6
3.2.2 Lähestymisalueen vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät.....	7
3.2.3 Lentotiedotusalueiden vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät.....	7
3.2.4 Lähestymismenetelmät	8
3.3 Lentoyhtiöiden PBN-suorituskyky Euroopan liikenteessä.....	9
4. Kansallinen navigaatio - ja valvontalaitejärjestelmien kehitys tulevaisuudessa	11
4.1 Ilmailun navigaatiojärjestelmät	11
GNSS ja SBAS.....	11
GBAS.....	12
Konventionaaliset radionavigaatiojärjestelmät.....	12
European Navigation Plan:n arvio radionavigaatiolaitteiden kehityksestä Euroopassa	13
4.1.1 En Route.....	15
4.1.2 Lähi- ja lähestymisalueet ja lentotiedotusvyöhykkeet.....	15
4.1.3 Lähestymismenetelmät	15
4.2 Ilmailun valvontalaitejärjestelmät.....	17
4.2.1 Mode-S.....	17
4.2.2 ADS-B.....	17
4.2.3 MLAT/WAM	17
4.2.4 Etälennonjohto.....	18
4.2.5 Datalink - CPDLC (Controller-pilot datalink communications).....	18
5. Miehitämätön ilmailu.....	19
5.1 U-Space	19
6. Kyberturvallisuus	20

7.	Varautuminen normaaliolojen häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin	21
7.1	GNSS-häiriöt.....	21
8.	Radiotaajuuksien käyttö ilmailussa	22
8.1	Ilmailutaajuuksien radioluvat ja ilmailutaajuuksien koordinointi.....	22
8.2	Ilmailun radionavigoinnin käyttämät taajuudet.....	22
8.3	Radiohäiriöt ilmailun navigoinnissa.....	23
8.3.1	Yleistä	23
8.3.2	Radiohäiriöt	24
8.3.3	Tahallinen radiohäirintä.....	25
8.3.4	Taajuuksien käytön monitorointi	25

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.

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 täytäntöönpanoasetuksen (EU) N:o 409/2013 ”yhteisten hankkeiden määrittelemisestä, hallintorakenteiden perustamisesta ja kannustimien yksilöimisestä Euroopan ilmaliikenteen hallinnan yleissuunnitelman toteuttamisen tueksi” mukaisesti European ATM Master Plan on etenemissuunnitelma, 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 lisäännä 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.

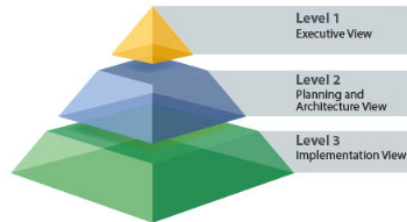
Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö (International Civil Aviation Organization – ICAO) on laatinut osaltaan Global Air Navigation Plan:n ja Performance Based Navigation (PBN) -konseptin, joilla tavoitellaan satelliittinavigointiin perustuvien aluesuunnistusmenetelmien (Area Navigation – RNAV) maailmanlaajuista 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, joka on Euroopan Neuvoston regulaatiolla (EU) N:o 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 2018/1048 ilmatilan käyttöä koskevista vaatimuksista ja toimintamenetelmistä suorituskykyyn perustuvassa navigoinnissa, jotka on huomioitu 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.



Yksityiskohtaisemmin eri tasoihin ja kehityskohteisiin voi tutustua osoitteissa:

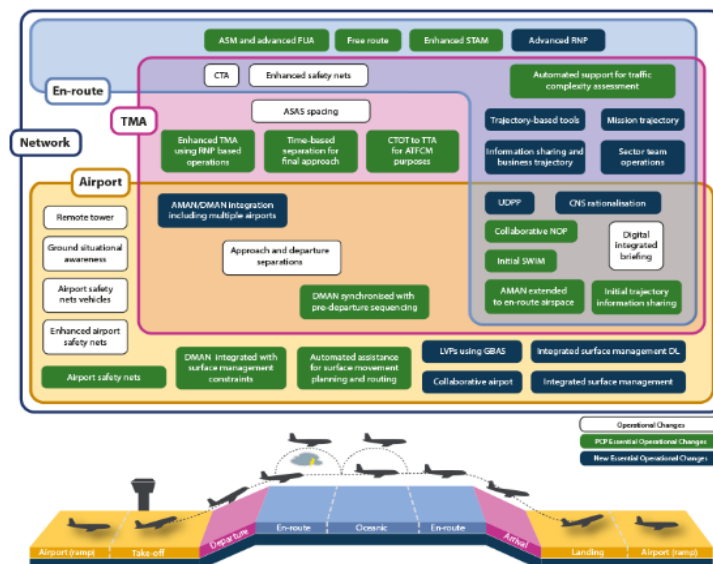
Level 1: <https://www.atmmasterplan.eu/exec/overview>

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), 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 vihreillä tekstikentillä ja uudet esille tulleet tarpeet sinisillä tekstikentillä.



3. Nykytila

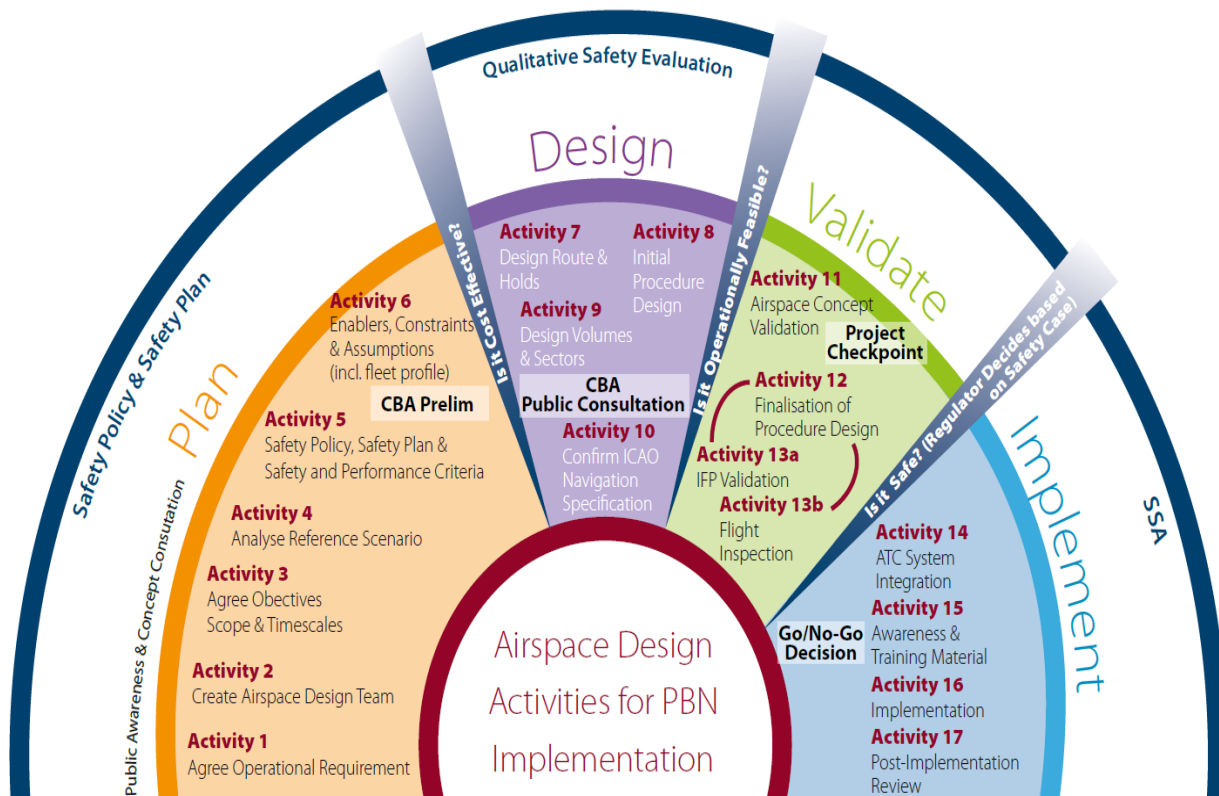
Suomi on monelta osin Euroopan kärkimaita uusien järjestelmien ja menetelmien käyttöönotossa ja useimmat Euroopan kärkihankkeista on jo toteutettu Suomessa. Käyttöönotetut järjestelmät ja menetelmät on kuvattu tarkemmin alempana tässä kappaleessa.

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 esimerkiksi:

- turvallisuus
- ilmatilan kapasiteettiongelmat
- ympäristöystävällisyys
- melunhallinta
- lentojen tehokkuus
- lentoaseman saavutettavuus

Ilmatilakonseptin muuttaminen on monivaiheinen prosessi ja sen toteuttamisessa voi kulua useitakin vuosia. Näin tapahtuu erityisesti silloin, kun ilmatilassa otetaan käyttöön täysin uusia menetelmiä tai ilmatilan käyttöön asetetaan vaatimus tietylle toiminnallisuudelle. Tällaisissa tapauksissa käyttöönotolle annetaan jokin siirtymäaika, jonka jälkeen vanhentuneita järjestelmiä ei enää hyväksytä, lukuun ottamatta GNSS-häiriöiden ja epäjatkuvuustilanteiden huomioimiseksi välttämätöntä maalaitteisiin perustuvaa navigointijärjestelmäverkostoa, jolla varmistetaan ilmaliikenteen turvallisuus ja jatkuvuus kaikissa olosuhteissa.



Komission täytäntöönpanoasetuksen 2018/1048 mukaisesti ilmaliikenteen hallinta- ja lennonvarmistuspalvelujen (ATM/ANS) tarjoajat ja lentopaikkojen pitäjät, jotka vastaavat mittarilähestymismenetelmien tai ilmaliikennepalvelureittien (ATS-reittien) käyttöönotosta, ovat velvoitettuja laatimaan siirtymäsuunnitelmat, jossa he kuvaavat PBN-menetelmien käyttöönottosuunnitelmansa. ATM/ANS-palvelujen tarjoajien on kuultava seuraavia osapuolia siirtymäsuunnitelmaluonnoksesta ja sen merkittävien päivitysten luonnoksista ja otettava tarpeen mukaan huomioon niiden näkemykset:

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

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

Trafi tarkastaa, täyttääkö siirtymäsuunnitelmaluonnos tai sen merkittävän päivityksen luonnos Komission asetuksen 2018/1048 vaatimukset, ja erityisesti sen, onko suunnitelmassa otettu tarpeen mukaan huomioon ilmatilan käyttäjien näkemykset, valtion ilma-alusten käyttäjät mukaan luettuina. Trafin on ilmoitettava ATM/ANS-palvelujen tarjoajille tarkastuksen tuloksesta ilman aiheutonta viivytystä. ATM/ANS-palvelujen tarjoajat eivät saa vahvistaa tai panna täytäntöön siirtymäsuunnitelmaa tai sen merkittävää päivitystä ennen kuin Trafi on ilmoittanut, että se on hyväksynyt siirtymäsuunnitelmaluonnoksen tai sen merkittävän päivityksen luonnoksen.

3.2 Navigaatiojärjestelmät

Ilma-alusten navigointi perustuu En Route-ilmatilassa ensisijaisesti satelliittien antamaan navigaatioinformaatioon. Toissijaisina järjestelminä tulevat maallaitteisiin perustuva navigointi aluesuunnistulaitteella (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 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 ASM-toimintakäsikirjassa (https://www.trafi.fi/ilmailu/lennonvarmistus_ja_ilmatila/ilmatila). 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 jäsenvaltioiden kanssa. Vapaan reitityksen ilmatilassa operaattori saa itse valita haluamansa lentoreitin seuraamatta vakioituja lentoreittejä.

Suomessa on jo käytössä Komission täytäntöönpanoasetuksen 2018/1048 mukaiset vakiodut lennonjohtopalvelun alaiset lentoreitit (ATS-reitit - Air Traffic Services), jotka perustuvat PBN-konseptin mukaisiin RNAV5-vaatimuksiin. Konventionaalisista ATS-reiteistä on luovuttu, mutta Suomessa on vielä 12 kpl VOR/DME asemia, joihin voidaan tukeutua, mikäli satelliittinavigaatioissa tai ilma-alusten RNAV-laitteissa ilmenee häiriöitä. ATC-elin voi tarvittaessa vektoroida ilma-alusta, mikäli satelliittinavigaatioissa tai ilma-alusten RNAV-laitteissa ilmenee häiriöitä.

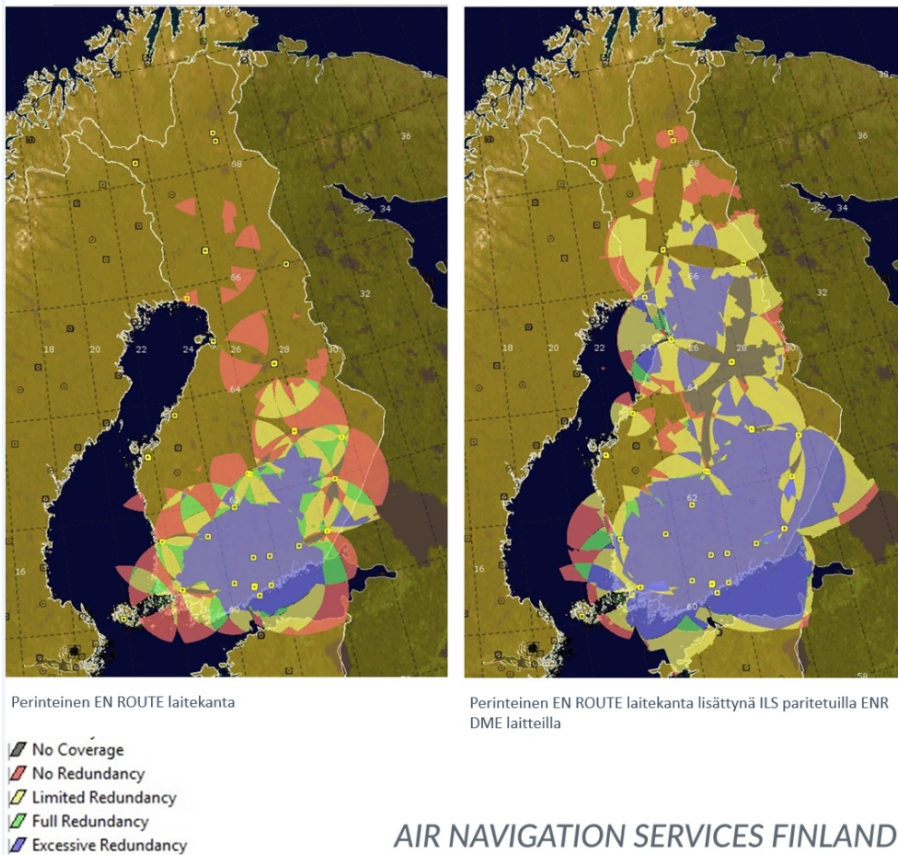
Helsinki-Vantaan lentoasemalla on käytössä saapuvan liikenteen "Arrival Manager" (E-AMAN) -hallintajärjestelmä, jolla optimoidaan liikennevirtoja käytettävissä oleville kiitoteille. Helsinki-Vantaan liikennettä voidaan ohjata optimaaliseen tulojonoon En Route-ilmatilassa AMAN-työkalulla.

Reittisuunnistuksessa käytettävät radionavigaatiolaitteet

Suomen lentotiedotusalueen (Flight Information Region - FIR) lentoreittien ja vapaan reitityksen ilmatilan navigaatioinformaatio tuotetaan satelliittien avulla ja varasensoreina ovat DME-asemat. Reittisuunnistulaitteet ovat lueteltuina ilmailukäsikirjan (Aeronautical Information Publication - AIP) osassa ENR 4.1. Laitteiden ylläpitokulut katetaan reittinavigaatiomaksuilla (unit rate) ja lentoasemien laskeutumismaksuilla.

VOR/DME-infrastruktuuri ei ole riittävä RNAV 5-menetelmille eikä DME/DME-infrastruktuuri riitä kuin eteläisimmässä osassa Suomea.

DME/DME palvelun kattavuus ja varmistus 8000FT+



AIR NAVIGATION SERVICES FINLAND

ANS Finland Oy:n 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 2018/1048 mukaisiin RNAV1-vaatimukseen. Navigaatiokyky perustuu satelliittien, maa-asemien (DME/DME) ja ilma-alusten omaan navigaatioinformaatioon.

Jos ATM/ANS-palvelujen tarjoajat ovat määrittäneet SID- tai STAR-reitit, ne on otettava käyttöön RNAV 1-spesifikaation vaatimusten mukaisesti kaikkien mittarikiitoteiden lähestymissuuntien osalta viimeistään 6.6.2030.

Ilmatilarakenteet ja lennonjohdon operatiiviset menetelmät on suunniteltu siten, että saapuvalle 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 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 Lentotiedotusalueiden vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät

Lentotiedotusalueiden (FIZ) vakioidut tulomenetelmät (STAR) ja vakioidut lähtömenetelmät (SID) perustuvat pääsääntöisesti PBN-konseptin mukaisiin RNAV1-vaatimukseen ja näiden

reittien navigaatiokyky perustuu satelliittinavigaatioon sekä ilma-alusten omaan navigaatioinformaatioon.

Jos ATM/ANS-palvelujen tarjoajat ovat määrittäneet SID- tai STAR-reitit, ne on otettava käyttöön RNAV 1-spesifikaation vaatimusten mukaisesti kaikkien mittarikiitoteiden lähestymissuuntien osalta viimeistään 6.6.2030.

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 kynnyiskorkeudesta.

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.

GNSS-menetelmät

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

Mikäli uusia mittarilähestymisiä julkaistaan mittarikiitoteille, tulee niiden perustua RNP APCH-standardeihin. Mikäli taas liikennetiheys tai liikenteen kompleksisuus sitä edellyttää, tulee menetelmissä ottaa käyttöön myös vakiokaarrot rastille (RF).

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-standardeihin.

AIP:ssa julkaistuilla lähestymiskartoilla on erikseen julkaistu kunkin standardin määrittelemät laskeutumisinimit.

Ilmailun valvontalaittejärjestelmät

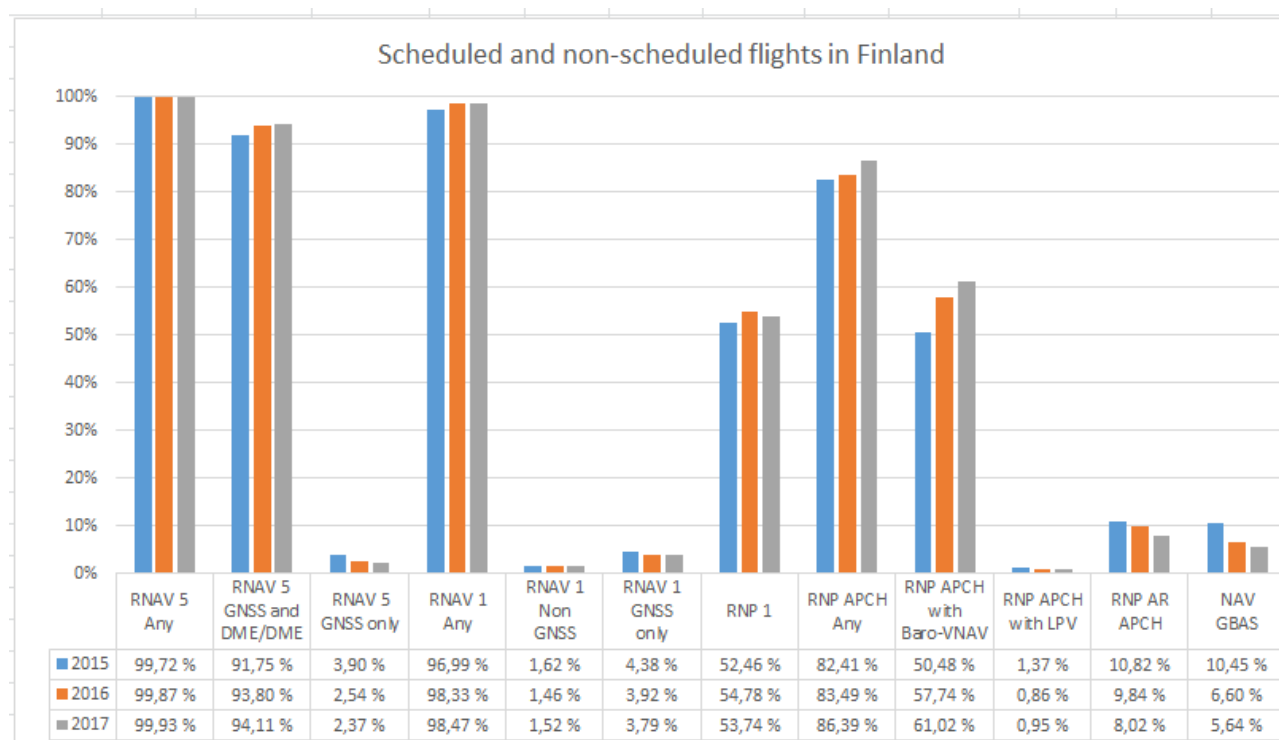
Suomen ilmailun valvontajärjestelminä ovat tutkalaitteet, joiden teknologia perustuu joko ilma-aluksessa olevaan toisiotutkavastaimeen (toisiotutka, Secondary Surveillance Radar - SSR) tai pulssi-muotoiseen ensiotutkaan (ensiotutka, Primary Surveillance Radar - PSR). Toisiotutka havaitsee vain sellaisen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

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

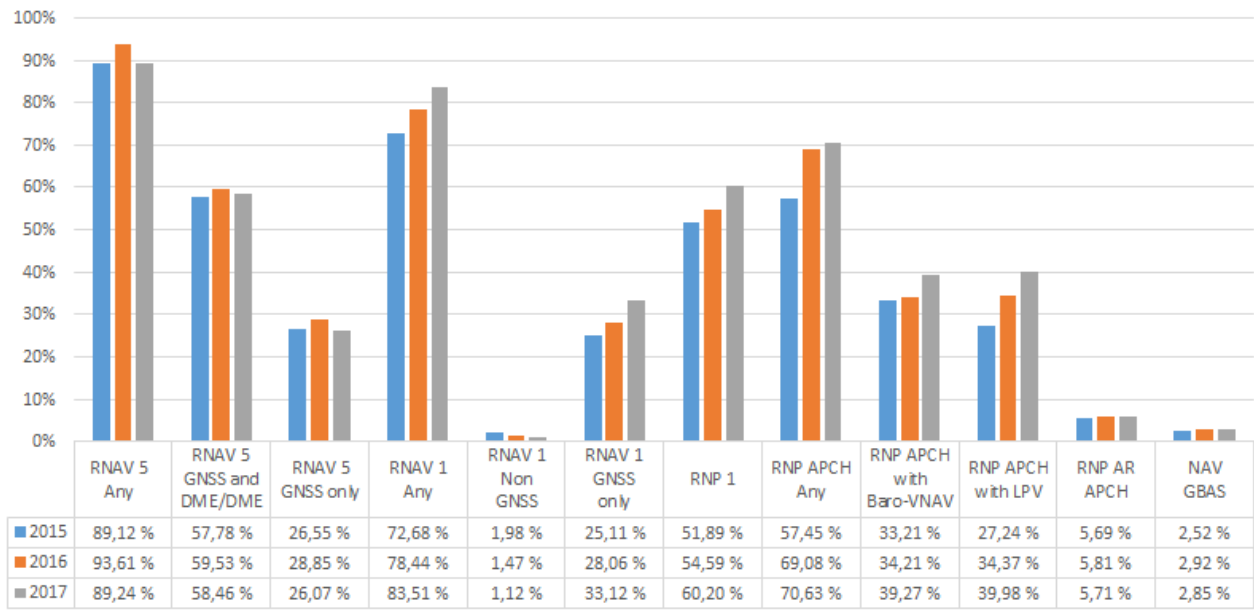
Tutkalaitteen tarkkuus ja käyttöalue riippuvat siinä käytettävän teknologian lisäksi laitteen sijainnista, antennin fyysisestä muodosta ja koosta, pulssintoistotaajuudesta, antennin pyörimisnopeudesta ja pulssin lähetystehosta.

3.3 Lentoyhtiöiden PBN-suorituskyky Euroopan liikenteessä

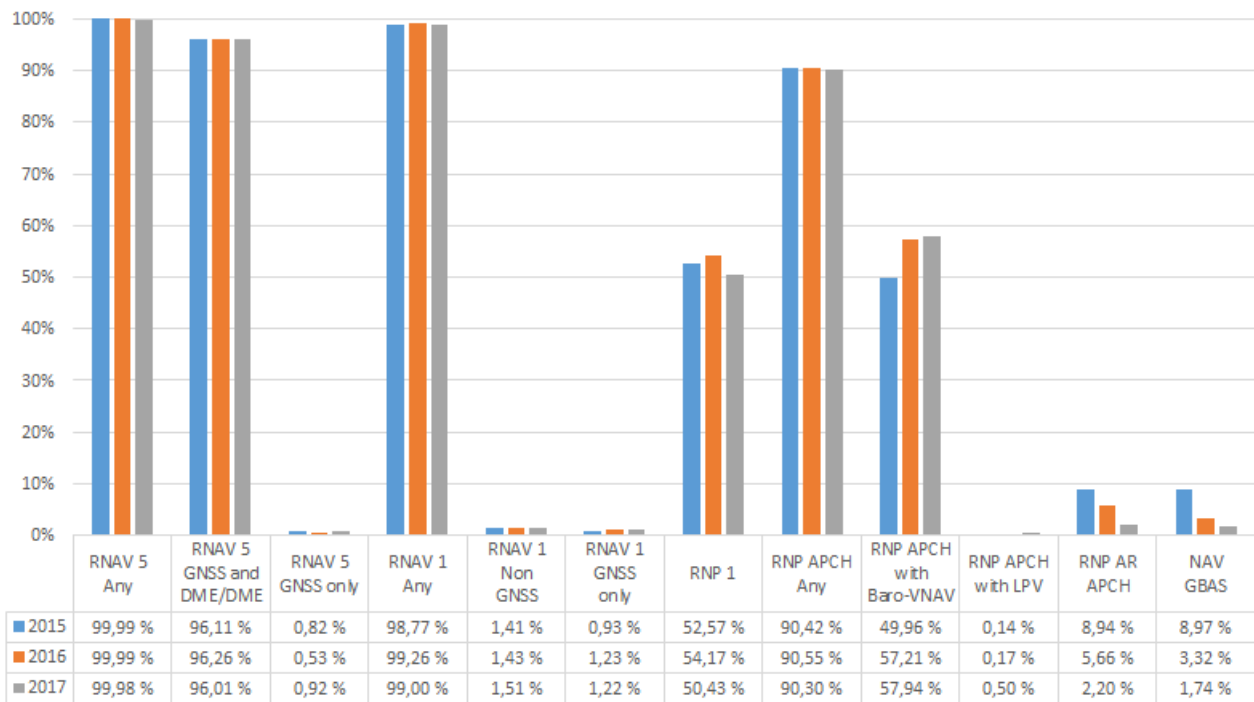
Oheisesta kaaviosta käy ilmi käyttäjäryhmien navigaatiokyvykkyydet PBN-navigaatiospesifikaatiokohtaisesti – lähde ANS Finland Oy / lentosuunnitelmista otettu data.



IFR general aviation in Finland



Scheduled and non-scheduled flights destination EFHK



4. Kansallinen navigaatio - ja valvontalaitejärjestelmien kehitys tulevaisuudessa

4.1 Ilmailun navigaatiojärjestelmät

Komission täytäntöönpanoasetuksen 2018/1048 mukaisesti ilmatilan, lentoreittien ja lentomenetelmien tulee perustua 1.6.2030 alkaen ainoastaan satelliittinavigaatioon. Tämä ei rajoita kuitenkaan ATM/ANS-palvelujen tarjoajien mahdollisuutta tarjota palvelujaan käyttäen laskeutumisjärjestelmiä, jotka mahdollistavat kategorian CAT II, CAT IIIA tai CAT IIIB toiminnan.

ATM/ANS-palvelujen tarjoajien 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 konventionaalisten suunnistuksen apulaitteiden verkoston sekä siihen liittyvän valvonnan ja viestinnän infrastruktuurin säilyttäminen.

GNSS ja SBAS

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

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 myös tulevaa eurooppalaista Galileo satelliittipaikannusjärjestelmää. EGNOS-järjestelmä koostuu kolmesta geostationäärisatelliitista (Space Segment), maa-asemien verkosta ohjaus- ja laskentakeskukseen (Ground Segment) sekä varsinaisesta käyttäjäsegmentistä (User Segment). Maasegmentti kattaa nk. RIMS-asemat (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 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 samojen Galileo- ja EGNOS-palvelujen saamiseksi Suomeen kuin jo on Keski-Euroopassa. EGNOS-kattavuuden ratkaiseminen nostetaan myös Suomen vuoden 2019 EU-puheenjohtajuusohjelmaan.

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 se saataneen Kuusamoon vuoteen 2026 mennessä. Kuusamon satelliittimaa-asema parantaa satelliittipaikannuksen paikannustarkkuutta EGNOSin avulla erityisesti siviili-ilmailussa, mutta kaikki EGNOS-yhteensopivat paikannuslaitteet tulevat Pohjolassa hyötymään 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, 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

Konventionaalisista radionavigaatiolaitteista voidaan luopua asteittain, mutta luopumisen yhteydessä tulee huomioida varamenetelmät GNSS-palvelukatkosten aikana, jotka voivat johtua satelliittien tahalliseen ja tahattomasta häirinnästä, ionosfäärin häiriöistä ja avaruussäästä.

NDB – European ATM Master Plan mukaisesti NDB-asemat poistetaan vuoteen 2020 mennessä.

Finavia ylläpitää omistamiaan lähestymiskäytössä olevia NDB-laitteita vuoteen 2020 saakka tai korkeintaan niiden käyttöiän loppuun asti.

VOR/DME – European ATM Master Plan mukaisesti VOR-asemia ryhdytään vähentämään ja vuoden 2020 jälkeen jäljelle jää vain ns. Minimum Operational Network (MON). Suomen osalta VOR-asemia käytetään vain lentoaseman lähestymismenetelmissä. En Route-ilmatilassa VOR/DME-peittoa Suomessa ei ole tukemaan RNAV 5-menetelmiä.

Finavia ylläpitää omistamiaan lähestymiskäytössä olevia VOR-laitteita vuoteen 2020 saakka tai korkeintaan niiden käyttöiän loppuun asti.

DME – DME-laitteet tulevat säilymään GNSS-järjestelmän varamenetelmänä erityisesti RNAV 5-navigaatiokyvyn säilyttämiseksi GNSS-häiriöiden aikana. European ATM Master Plan:n mukaisesti DME-verkosto tulee optimoida vuoteen 2019 mennessä.

ANS Finland suunnittelee ja toteuttaa vaadittavan DME/DME-peiton ylläpidon ja mahdolliset lisäinvestoinnit.

ILS – Tarkkuuslähestymisjärjestelmät tulevat säilymään vielä pitkään eikä suunnitelmia niiden poistamiseksi ole, mutta European ATM Master Plan:n mukaisesti ILS-menetelmät voidaan korvata aikanaan GBAS-menetelmillä.

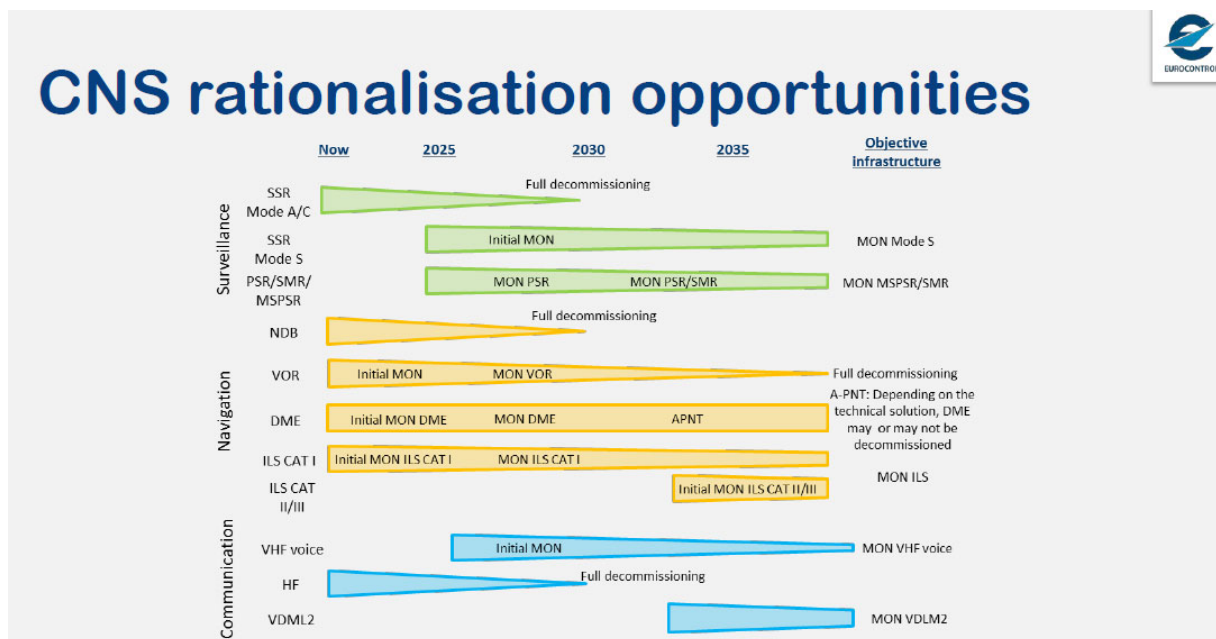
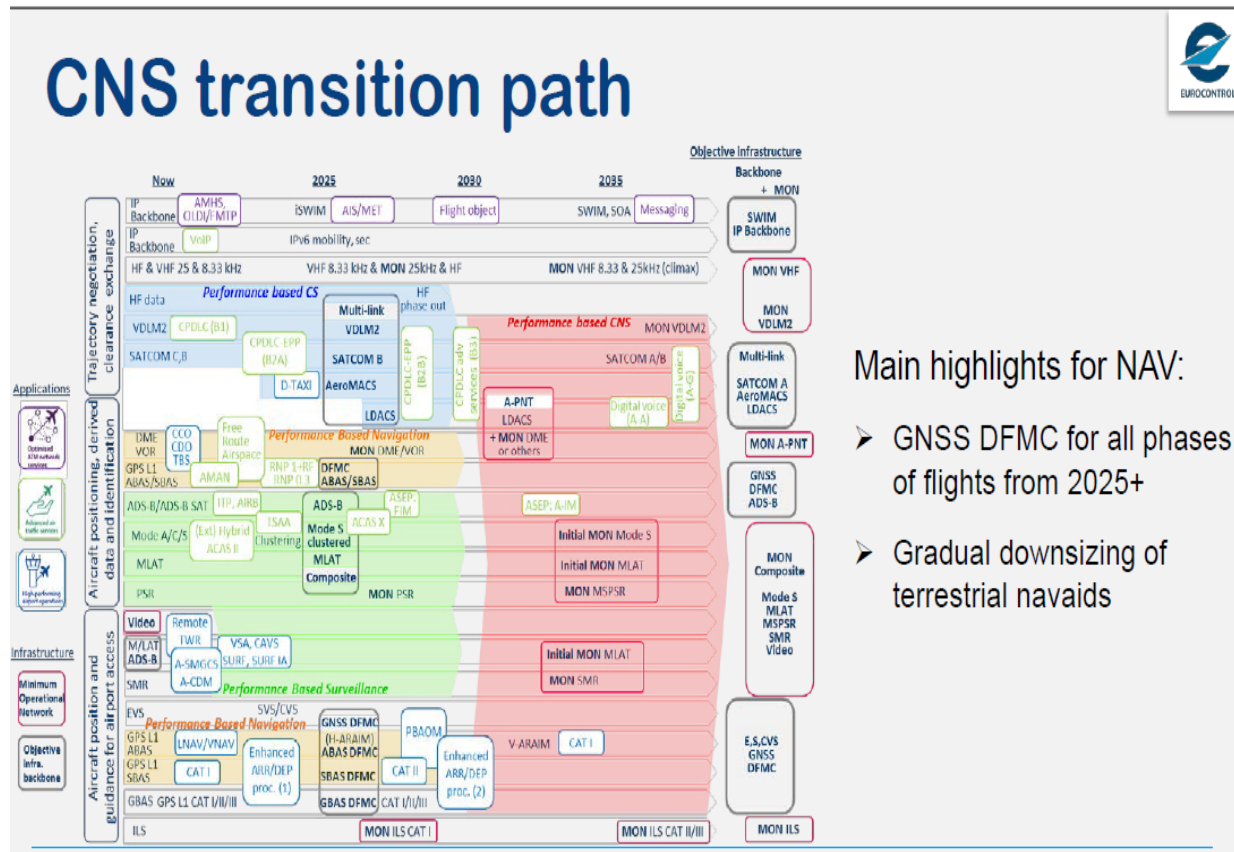
Finaviolla ei ole tällä hetkellä suunnitelmia poistaa ILS-järjestelmiä käytöstä ennen vuotta 2030. Tulevaisuudessa ILS:n korvaavana järjestelmänä voisi olla GBAS. Myös LPV200-menetelmä on potentiaalinen vaihtoehto, jos menetelmän käyttöönottoon liittyvät EGNOS-katealuerajoitukset saadaan ratkaistua.

European 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

Oheinen kuva antaa arvion eurooppalaisen navigaatio suunnitelman aikatauluista. Suomessa seurataan aktiivisesti Euroopan navigaatio suunnitelmaa ja ryhdytään tarvittaviin toimiin, mikäli teknis-operatiiviset edellytykset mahdollistavat uusien menetelmien käyttöönoton.



4.1.1 En Route

Suomessa ei ole tällä hetkellä riittävää DME/DME-peittoa RNAV 5:n osalta, etenkin Pohjois-Suomessa, ja tästä syystä uusia DME-asemia hankitaan lähivuosina mahdollisesti NEFAB-yhteistyössä. NEFAB tarkastelee parhaillaan yhteistyömahdollisuuksia navigaatiolaitteiden hankinnassa, käytössä ja ylläpidossa.

NEFAB tarkastelee yhteistyössä myös mahdollisuutta luopua kokonaan ATS-reittiverkostosta.

Helikopterioperaattorit ovat esittäneet tarpeen VFR-reiteille ja IFR-matalalentoreiteille vuoteen 2025 mennessä. IFR-reitit voitaisiin suunnitella joko RNAV1-, RNP 1- tai RNP 0.3-navigaatiopesifikaatioon perustuen ja suunnittelussa on otettava huomioon tuleva U-space.

4.1.2 Lähi- ja lähestymisalueet ja lentotiedotusvyöhykkeet

RNP 1 – ei suunnitelmia tässä vaiheessa, mutta palveluntarjoajat seuraavat aktiivisesti ilma-alusten kelpoisuuksien kehittymistä ja mahdollista regulaatiota menetelmien käyttöönotosta.

Advanced RNP - ei suunnitelmia tässä vaiheessa, mutta palveluntarjoajat seuraavat aktiivisesti ilma-alusten kelpoisuuksien kehittymistä ja mahdollista regulaatiota menetelmien käyttöönotosta.

Helikopterit – RNAV1, RNP1 ja RNP 0.3

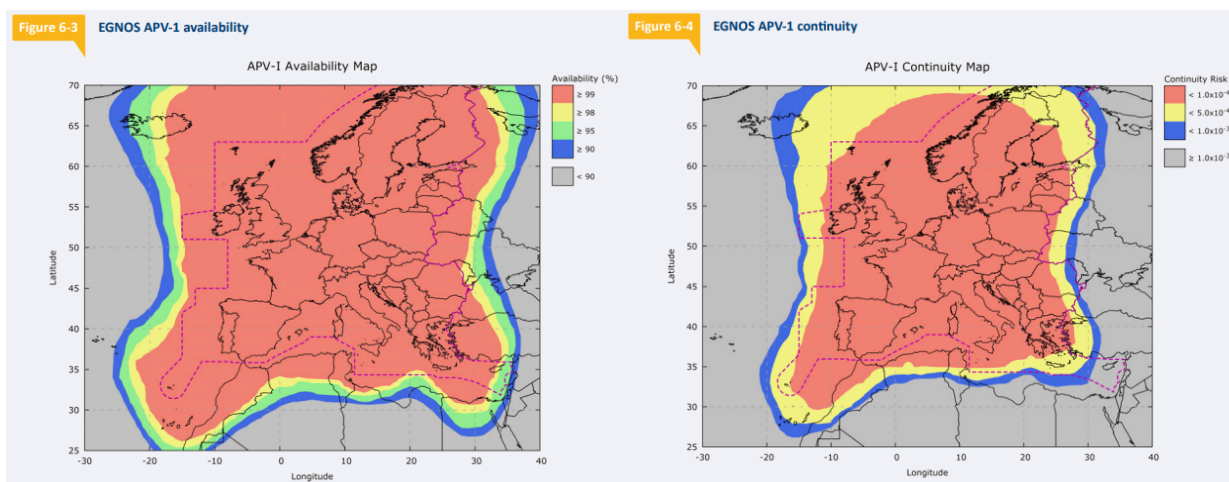
Helikopterien VFR-reitit, IFR-matalalentoreitit tulee kehittää huomioiden tuleva U-space. Tarpeiden kartoittaminen olisi hyvä aloittaa mahdollisimman nopeasti.

4.1.3 Lähestymismenetelmät

RNP APCH

Suomessa olisi jo mahdollisuus suunnitella ja julkaista APV I- (approach with vertical guidance) ja LPV200-menetelmiä. Ilmailulain mukaisesti ilmailukennepalvelun tarjoaja vastaa lentopaikan lähtö- ja tuloreiteistä sekä lentomenetelmistä lähi- ja lähestymisalueella sekä ilmatilassa, jossa annetaan lentopaikan lentotiedotuspalvelua.

APV I



LPV200

Figure 6-5 EGNOS LPV-200 availability²³

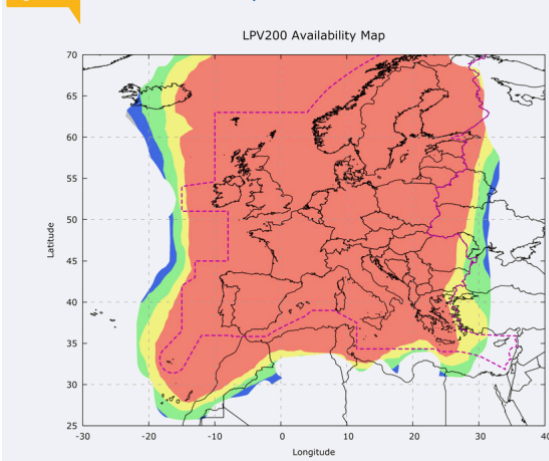
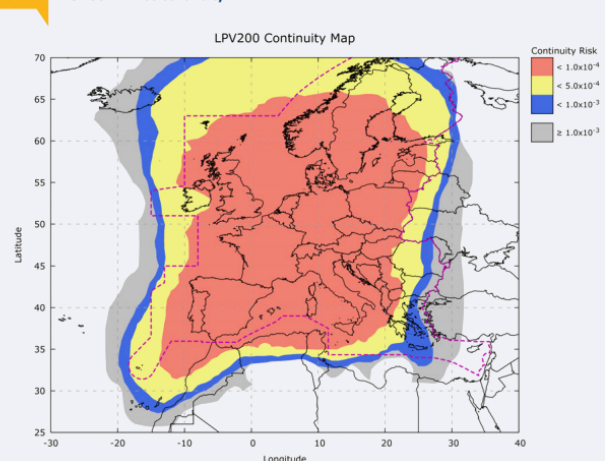


Figure 6-6 EGNOS LPV-200 continuity²⁴



Komission täytäntöönpanoasetuksen 2018/1048 mukaisesti ATM/ANS-palvelujen tarjoajien on otettava käyttöön myös LPV-minimit 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.

Komission asetuksen 2018/1048 mukaisesti ATM/ANS-palvelujen tarjoajien 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.

Suunnittelutyö RNP APCH-menetelmien mahdollistamiseksi myös valvomattomille lentopaikoille on käynnistetty. Ilmailumääräyksen OPS M1-6 päivityksen oletetaan valmistuvaksi vuoden 2018 aikana.

RNP AR APCH

RNP AR APCH lentomenetelmät (AR-menetelmä; authorization required) ovat erityismenetelmiä, jotka vaativat viranomaisen erityishyväksynnän operaattoreille. AR-menetelmät mahdollistavat normaaleja IFR-lähestymisiä huomattavasti lyhyemmät loppulähestymislinjat. AR-menetelmätyypillä voidaan tehdä myös kaarevia lähestymisiä ja niiden navigaatiotarkkuus on huomattavasti tarkempi erityisesti kaarroissa. AR-menetelmiä onkin suunniteltu mm. ympäristöihin, joissa normaaleja lähestymismenetelmiä ei voida edes

suunnitella, sekä paikkoihin joissa esim. jokin asuinalue halutaan kiertää lentomelun minimoimiseksi kyseisellä alueella.

Toistaiseksi yhdelläkään lentoasemalla Suomessa ei ole suunnitelmia AR-menetelmien käyttöönottamiseksi, mutta palveluntarjoajat seuraavat aktiivisesti ilma-alusten kelpoisuuksien kehittymistä ja mahdollista regulaatiota menetelmien käyttöönotosta.

Huomioitavaa on, että RNP AR APCH-menetelmät eivät tällä hetkellä kuitenkaan vastaa käytettävyydeltään nykyisiä tarkkuuslähestymismenetelmiä.

Pins-menetelmät helikoptereille

Helikopterioperaattorit ovat esittäneet tarpeen 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. 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-laitteista luopumisen, mutta tämän osalta standardit ovat vasta valmisteluvaiheessa ja käyttöönotto vaihe alkanee aikavälillä 2026–2030. Alan kehitystä seurataan aktiivisesti ja mahdolliset käyttöönottosuunnitelmat tehdään myöhemmin.

4.2 Ilmailun valvontalaitejärjestelmät

4.2.1 Mode-S

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

4.2.2 ADS-B

Automatic Dependent Surveillance – Broadcast (ADS-B) -järjestelmissä toiminta perustuu maa-asemaan, joka vastaanottaa ilma-aluksen itse paikantaman 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 jo tänään, 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 hyödyntää kaikissa liikenneilmailun ja sotilasilmailun käyttämissä ilma-aluksissa olevia toisiotutkavastaimia (Mode A/C ja Mode S). Paikannus tapahtuu useaan WAM-vastaanotinasemaan samasta ilma-aluksesta saapuneen signaalin vastaanottoaikojen

matemaattiseen aikavertailuun. Teknologian avulla ilma-aluksen reaaliaikainen sijainti paikannetaan tarkasti. WAM järjestelmän kustannukset 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 lähetyks/vastaanottimia, joiden ylläpitokustannukset ovat pienemmät kuin perinteiset pyörivien tutka-antennien.

WAM-järjestelmän suunniteltu toteutusaikataulu tällä hetkellä on:

- Lounais-Suomi Q4/2019
- Länsi-Suomi/Pohjanmaa Q1/2020
- Pohjois-Suomi Q2/2020
- Itä-Suomi 2021-2023

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 useammalle kuin yhdelle lentoasemalle samanaikaisesti.

Etälennonjohto-konseptilla nähdään positiivisia vaikutuksia lentomatkailun lisääntymiseen erityisesti lentoasemaverkoston vähemmän liikennöityjen lentoasemien osalta.

Etälennonjohto-konseptilla voidaan edesauttaa myös lentoasemien käyttöä normaalien aukiolojen ulkopuolella esimerkiksi viranomaislentojen, etsintä- ja pelastuslentojen ja lääkinnällisten lentojen tarpeisiin, sekä poikkeustilanteissa.

Etälennonjohto-konseptilla saavutetaan hyötyjä mm. lentoliikenteen tarpeisiin mukautuvassa henkilöstön käytössä, lentoasemien saavutettavuudessa joustavien palveluaikojen kautta ja turvallisemmassa lennonvarmistuspalvelussa valvontalaitteiston kasvaessa.

4.2.5 Datalink - CPDLC (Controller-pilot datalink communications)

Komission asetuksen (EY) 29/2009 mukaisesti ilmaliikennepalvelun tarjoaja ANS Finland tarjoaa joulukuusta 2018 alkaen CPDLC datalink-palvelua SITA-palveluntarjoajan kautta lentopinnan FL285 yläpuolella vähintään leveyspiirin 61° 30' eteläpuolella.

CPDLC:n käyttöön otolla 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) valmistelee yhteiseurooppalaisia säädöksiä alle 150 kg droneille ja laajentaa sääntelyä myöhemmin raskaampiin laitteisiin, 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-toiminnallisuuden 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:

- **Turvallinen:** U-Space-lentotoiminnan tulee olla yhtä turvallista kuin perinteisen ilmailun. Tarkoitus on kehittää perinteisestä ilmailusta tuttua ilmaliikenteenhallinnan palvelua (Air Traffic Management - ATM) vastaava ja sen yhteydessä toimimaan kykenevä UTM (Unmanned aircraft system Traffic Management) myös miehittämättömälle ilmailulle.
- **Automaatio:** Järjestelmän tulee olla hyvin automaattinen tai autonominen siten, että dronet lähettävät UTM-järjestelmälle omaa paikkatietoaan ja ne pystyvät väistämään esteet ja mahdolliset muut dronet ja ilma-alukset operointialueella.
- **Peruspalvelut käytössä 2019:** Peruspalvelut, kuten dronerekisterit, e-tunnistetiedot ja geo-fencing/-awareness otetaan käyttöön mahdollisimman nopeasti Suomessa.

6. 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. Trafi 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. Avautuu uusia mahdollisuuksia kehittää lentoliikennejärjestelmää, mutta myös uudenlaiset riskit 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 ja UTM).

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.

Ilmailujärjestelmän kyberturvallisuuden kansainvälistä kehittymistä seurataan aktiivisesti ja toimintamallien tulee olla kansainvälisesti yhteensopivia.

7. Varautuminen normaaliolojen häiriötilanteisiin ja poikkeusoloihin

Liikenteen turvallisuusvirasto on julkaissut "Ilmailun varautuminen" (Trafin julkaisuja 2/2016) -asiakirjan, jossa käsitellään ilmailun toimijoiden varautumista valmiuslaissa (1552/2011) määriteltyihin poikkeusoloihin sekä yhteiskunnan turvallisuusstrategian, YTS (16.12.2010) mukaisiin uhkiin ja häiriötilanteisiin.

7.1 GNSS-häiriöt

GPS-signaalin häirintää tapahtuu ja myös avaruussää aiheuttaa häiriöitä. Avaruussäätä voidaan ennustaa tavallisten sääennustusten tapaan tarkkailemalla Auringon aktiivisuutta. Avaruussään tarkkailun ja ennustamisen motiivina on, että avaruussää voi merkittävästi vaikuttaa erilaisten energianjakelu- ja tietoliikenneverkkojen toimintaan ja sillä on merkittävä vaikutus myös radioliikenteeseen ja itse satelliitteihin.

Lennonvarmistuspalvelun tarjoajien ja lentoasemien tulee varautua näihin normaaliolojen häiriötilanteisiin. Lentoasemien saavutettavuutta voidaan parantaa järjestämällä lennonjohtopalvelu valvontalaitte pohjaiseksi tai ylläpitämällä konventionaalisia maalaitteita ja niiden menetelmiä lentoasemalle.

8. Radiotaajuuksien käyttö ilmailussa

8.1 Ilmailutaajuuksien radioluvat ja ilmailutaajuuksien koordinointi

Viestintäviraston myöntämän radioluvan tarvitsevat kaikki radiolähettimet, joita ei ole erikseen vapautettu luvasta. Lupa vaaditaan sekä hallussapitoon että käyttöön ja se myönnetään vain vaatimustenmukaisille laitteille.

Viestintävirasto osoittaa radiolaitteiden käyttäjille heidän tarkoituksiinsa mahdollisimman hyvin sopivia ja riittävän häiriöttömiä taajuuksia. Taajuussuunnittelussa ICAOn taajuustaulukoiden (puheviestintä: COM2; navigointi: COM3/COM4) taajuudet koordinoidaan Eurocontrolin SAFIRE-järjestelmän kautta Euroopan maiden kesken. Koordinoitavan taajuuden valinnassa hyödynnetään Eurocontrolin MANIF AFM-taajuussuunnittelu- ja häiriölaskentaohjelmaa. Koordinointi kestää neljä viikkoa, jonka aikana eri Euroopan mailla on mahdollisuus joko hyväksyä tai hylätä koordinointi. Tämä aika luonnollisesti pidentää Viestintäviraston normaalia radiolupakäsittelyyn käytettävää aikaa.

Radiolupa on voimassa määrääjän, mutta Viestintävirasto uusii luvat automaattisesti ilman erillistä hakemusta, jos siihen on annettu suostumus. Viestintävirasto lähettää ilmoituksen uusiutuvasta luvasta etukäteen, jotta lupa voidaan tarvittaessa irtisanoa tai pyytää siihen muutosta ennen luvan taajuusmaksun erääntymistä.

8.2 Ilmailun radionavigoinnin käyttämät taajuudet

Ilmailun radionavigointi käyttää laajasti radiotaajuuksia paikkatiedon vastaanottamiseen, radionavigointiin tai navigointitietojen välittämiseen. Taajuuksien käyttö eri tarkoituksiin on esitetty alla olevassa taulukossa:

Taajuuskaista	ITU-R liikenne	Järjestelmä	Kuvaus (esim. käyttö Suomessa)
255,000–495,000 kHz	ARNS	NDB, ADF (Automatic Direction Finder)	Suuntamajakka; operatiivisessa käytössä Pohjois-Suomessa
505,000–526,500 kHz	ARNS	NDB, ADF	Suuntamajakka; operatiivisessa käytössä Pohjois-Suomessa
HF-taajuuskaista, Esim. Reykjavik: 5720, 6712, 8977, 11184 ja 15025 kHz	AMS (OR)	HF-ACARS (Aircraft Communication Addressing and Reporting System), HF-DL (data link)	Ei maa-asemia Suomessa. Maa-asemat valtamerien rannoilla. Suomea lähimmät: Shannon, Reykjavik ja Telde. ACARS-järjestelmä välittää lentokoneiden mm. sijaintitietoja
75,000 MHz	ARNS	ILS	Mittarilaskeutumisjärjestelmän merkkimajakka
108,100–111,950 MHz	ARNS	ILS	Mittarilaskeutumisjärjestelmän suuntasäde
111,975–117,975 MHz	ARNS	VOR	VHF-monisuuntamajakka
113,250 MHz	AMS	VDL Mode 4 CSC	Varaus VHF-datalinkin (VDL) signalointikanavalle (CSC)
131,525; 131,725; 131,825 MHz	AMS (R)	VHF-ACARS	Käytössä Suomen suurimmilla lentokentillä

136,725; 136,775; 136,825; 136,875 MHz 136,925 MHz 136,975 MHz	AMS	VDL Mode 2 VDL Mode 4 CSC VDL Mode 2 CSC	VHF-datalink (VDL). Signalointikanava (CSC). Käytössä myös Suomessa. Taajuuden kriittisyys kasvaa, kun GBAS-järjestelmät tulevat käyttöön. VHF-datalinkillä lähetetään paikalliset GNSS- korjaustiedot lentokoneille.
328,600–335,400 MHz	ARNS	ILS	Mittarilaskeutumisjärjestelmän liukupolku
406,0–406,1 MHz		Cospass Sarsat, EPIRB	(Henkilökohtainen) hätälähetin
962,000–1213 MHz	ARNS	DME	Etäisyyden mittausjärjestelmä
1030/1090 MHz		SSR	Toisiotutka. Tämän signaalin vastaanottamiseen perustuu ns. multilateraalivastaanotto (TDOA), jolla pääasiassa paikannetaan ja tunnistetaan lentokoneet Suomen ilmatilassa.
1164–1215 MHz	RNSS	GPS, Galileo	Radionavigointisatelliittiliikenteen taajuuskaista
1215–1260 MHz	RNSS	GPS, GLONASS, Galileo	Radionavigointisatelliittiliikenteen taajuuskaista
1260–1300 MHz	RNSS	Galileo, Beidou	Radionavigointisatelliittiliikenteen taajuuskaista Galileo PRS
1559–1610 MHz	RNSS, ARNS	GPS, GLONASS, Galileo	GPS L1 on vielä toistaiseksi tärkein GNSS-taajuus. Edelleen on paljon vastaanottimia, joissa ei ole muita taajuuksia käytössä. EGNOS RIMS (Ranging Integrity Monitoring Stations) - referenssiasemien vastaanottoaika
2700–3400 MHz	ARNS, RL	PSR	Ensiötutka, lentoliikenteen tilannekuva
4200–4400 MHz	ARNS	Radio Altimeters	Lentokoneiden lentokorkeusmittarit
5030–5150 MHz	ARNS	MLS (Microwave Landing System)	Laskeutumisjärjestelmä. Ei käytössä Suomessa.
9300–9500 MHz	RL	X-band radar	Maaliikennetutkat

Miehittämättömien ilma-alusten taajuuksien käyttö saattaa poiketa vielä yllä olevasta listasta. Sitä ei listaa laadittaessa ole pystytty huomioimaan.

8.3 Radiohäiriöt ilmailun navigoinnissa

8.3.1 Yleistä

Satelliittinavigointisignaalit, kuten muutkin radiotaajuussignaalit, ovat alttiita sekä tahattomille häiriöille että tahalliseen häirinnälle. Satelliittinavigoinnissa ongelma on kuitenkin erityisen haastava ja vaikeammin ratkaistavissa, sillä satelliittinavigointisignaalit ovat avaruudesta maahan asti matkaamisen jälkeen teholtaan hyvin heikkoja ja siksi häiriöille alttiita.

Käytettäessä radiotaajuuksia navigointiin puhutaan radionavigoinnista. Kansainvälisen televiestintäliiton radio-osaston (International Telecommunication Union – Radiocommunication Sector, ITU-R) radio-ohjesäännön (Radio Regulations, RR) mukaan radionavigointi on turvallisuusradioliikennettä, jonka pitäminen vapaana haitallisista häiriöistä vaatii jäsenmailta erityistoimia (RR 4.10). Haitalliseksi häiriöksi katsotaan häiriö, joka vaarantaa radionavigointiliikenteen tai muun turvallisuusliikenteen toiminnan tai vakavasti huonontaa, estää tai toistuvasti keskeyttää Radio-ohjesäännön mukaan toimivan radioliikenteen toiminnan (RR 1.169). Radio-ohjesäännön mukaan hallinnon tulee huolehtia, että turvallisuusliikenteen taajuuksille ei synny haitallisia häiriöitä, joilla voisi olla vaikutusta turvallisuusliikenteen toimintaan.

Nykyaikainen tai lähitulevaisuuden ilmailun radionavigointijärjestelmä toimii järjestelmänä, jonka käytettävyydelle ja toiminnan laadulle on asetettu hyvin korkeat vaatimukset. Tällainen järjestelmä hyödyntää toiminnassaan monia eri radiotaajuuskaistoja ja tämä on huomioitava taajuuksien häiriöttömyyden monitoroinnissa ja häiriöselvityksessä. Esimerkkinä tällaisesta järjestelmästä voisi olla tarkkuuslähestymismenetelmä GBAS (Ground Based Augmentation System), joka saattaa olla tulossa Suomessa käyttöön joillakin lentokentillä, ja jossa käytetään radiotaajuuksia seuraavissa osakokonaisuuksissa:

- Lähestyvät lentokoneet vastaanottavat paikkatietoa GNSS-satelliiteista
- Lentokentällä GBAS-referenssiasiemat vastaanottavat paikkatietoa ja laskevat lentokoneille navigoinnin korjaustietoja
- Lentokentän ja lentokoneen välillä on datalinkkiyhteys (esim. VDL), jota pitkin korjaustieto välitetään lentokentältä lentokoneeseen.

Häiriö yhdessä kohtaa yllämainittua radiotaajuuksien käyttöä romahduttaa nopeasti kyseisen järjestelmän sujuvan toiminnan. Onkin tärkeää, että ilmailun turvallisuus pystytään säilyttämään varajärjestelmien avulla.

8.3.2 Radiohäiriöt

Tahattomista häiriölähteistä tavallisimmat ovat vastaanottopisteen lähellä olevat sähkölaitteet. Radiohäiriö voi aiheutua esimerkiksi vikaantuneesta sähkölaitteesta tai väärällä taajuudella toimivasta radiolaitteesta. Yleensä radiohäiriöt esiintyvät yksittäisellä taajuudella tai melko kapealla taajuuskaistalla. Tämän vuoksi kriittiset radiojärjestelmät on suhteellisen helppo varmentaa yllä mainittua häiriötä vastaan. Kun ilmailun radionavigoinnissa tulevat käyttöön mm. monen taajuuden/monen satelliitin GNSS-signaalit, joissa vastaanotto toteutetaan useammalla GNSS-vastaanottimella ja mahdollinen datayhteys varmennetaan toisella taajuudella, ei tällaisella häiriöllä ole juuri vaikutusta ilmailun järjestelmien toimintaan. Ilmailun radionavigoinnin kriittisyyden vuoksi tällainen taajuuksien käyttö tulisi ehdottomasti varmentaa.

Kiinteiden satelliittinavigointivastaanottimien antennien oikealla sijoittamisella voidaan välttää sähkö- ja radiolaitteiden aiheuttamia sähkömagneettisia häiriöitä.

Satelliittinavigointivastaanottimen laadukkuus vaikuttaa myös merkittävästi sen häiriintyvyyteen. On myös hyvä tiedostaa, että vikaantuessa mikä tahansa radiolaitte saattaa säteillä väärällä taajuudella aiheuttaen radiohäiriön toiselle radiojärjestelmälle. Tämä edellyttää tapauskohtaista radiohäiriöiden selvittämistä ja poistamista.

Suomessa radiojärjestelmän ulkopuolisten radiohäiriöiden selvittämisestä vastaa Viestintäviraston Taajuusvalvonta. Häiriöt radionavigointiliikenteessä kuuluvat Taajuusvalvonnan tärkeyslistalla korkeimpaan kategoriaan yhdessä muiden

turvallisuusliikenteiden kanssa. Häiriönselvitystoimet pyritään aloittamaan välittömästi Taajuusvalvonnan saatua häiriöstä tiedon. Taajuusvalvonnalla on kyky (mittalaitteet ja resurssit) havaita, tunnistaa ja poistaa mikä tahansa riittävän pitkäaikainen radiosignaali radionavigoinnin taajuuksilla. Lisäksi Viestintävirasto on kehittämässä GNSS-taajuuksien ennakoivaa monitorointi- ja häiriöselvityskykyä.

8.3.3 Tahallinen radiohäirintä

Tahalliseksi häirinnäksi luetaan sellaiset laitteet, jotka tarkoituksenmukaisesti lähettävät radiotaajuisia signaaleja riittävällä teholla ja sellaisilla signaaliominaisuuksilla, jotka estävät tai vaikeuttavat satelliittinavigointisignaalien seuranta tietyllä alueella tai tarkoituksella johtavat vastaanotinta harhaan. Tahallinen radiohäirintä saattaa olla hyvinkin laajakaistaista kattaen suuren määrän taajuuksia.

Maailmalta on esimerkkejä, joissa häirintälähetin eli jammeri (engl. jamming, radiohäirintä) on vaikeuttanut lentokentän toimintaa ja estänyt ainakin yksittäisen lentokoneen liikkeellelähden, koska GPS-paikannus ei ole toiminut. Myös Suomessa on mitattu saman tyyppisten jammereiden signaaleja mm. Helsinki-Vantaan lentokentän läheisyydestä. GNSS-järjestelmien signaalien heikosta voimakkuudesta johtuen häirintäjärjestelmät voivat olla kooltaan pieniä ja vaikeasti havaittavia sekä ne ovat edullisesti hankittavissa.

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. Intressit häirintään voivat liittyä tarkoitushakuihin ilkeisiin sekä terroristisiin tai sotilaallisiin tarkoituksiin.

8.3.4 Taajuuksien käytön monitorointi

Viestintäviraston Taajuusvalvonta on kehittänyt taajuuksien käytön monitorointikykyään ja on juuri toteuttamassa kuuden kappaleen vastaanotinverkkoa pääkaupunkiseudulle. Nämä vastaanottimet (sensorit) tulevat alkuun sijoittumaan Helsingin keskustan ja Helsinki-Vantaan lentokentän väliin. Kyseessä on yleisvastaanottimet, jotka mittaavat hyvin laajalla taajuusalueella, mutta myös melkein kaikilla radionavigoinnin (myös GNSS) käyttämillä radiotaajuuksilla.

Sensoriverkko pystyy myös rajallisesti paikantamaan havaitsemansa signaalin. Paikannus perustuu siihen, että vähintään kolme sensoria mittaa lähetteen, ja järjestelmä pystyy vertaamaan näiden vastaanottimien tarkkaa vastaanottoaika (GPS-kello). Jos GPS:ää ei ole käytettävissä, paikannus onnistuu huonommalla tarkkuudella käyttäen signaalien voimakkuutta.

Sensoriverkon tavoitteena on erityisesti tukea häiriöselvitystyötä, parantaa turvallisuusliikenteiden häiriöiden ennalta havaitsemista ja tuottaa taajuuksien käytön tilannekuvaa. Jos rakenteilla olevan sensoriverkon suorituskyky osoittautuu riittäväksi, olisi suhteellisen helppo laajentaa ja virittää verkko kattamaan myös Helsinki-Vantaan lentokenttäalue, jotta alueen kriittinen taajuuksien käyttö saataisiin monitoroinnin piiriin ja turvallisuusliikenteiden häiriöiden paikantaminen kävisi tarvittaessa nopeasti.