

Ilmailun navigaatio- ja valvontalaittejärjestelmien strategia Suomessa 2020–2030

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 valvontalaittejärjestelmien 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 valvontalaittejärjestelmien 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, 20. tammikuuta 2021



Jari Pöntinen
Johtaja

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

Visio

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

Tiivistelmä

Komission täytäntöönpanoasetuksen (EU) 2018/1048 mukaisesti ilmatilan, lento-reittien 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 keinoilla 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 ilmailiikennepalvelureittien suunnittelusta ja julkaisusta tulee valmistella asetuksen vaatimusten mukaisesti siirtymäsuunnitelma tämän strategian toteuttamiseksi. Siirtymäsuunnitelmassa kuvataan suunnitellut PBN-menetelmien käyttöönotot aikatauluineen, laitepoistot ja varautumismenettelyt, joilla varmistetaan ilmailiikenteen 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 ilmailiikenteen 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.

Sisällysluettelo

Johdanto	4
1 European Air Traffic Management Master Plan	5
1.1 Välttämättömät operatiiviset muutokset.....	5
2 Nykytila	6
2.1 Performance Based Navigation ilmatilakonsepti	6
2.2 Navigaatiojärjestelmät.....	7
2.2.1 Reittisuunnistus / En-Route -ilmatila	8
2.2.2 Lähestymisalueen vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät.....	9
2.2.3 Lentopaikkojen lentotiedotusalueiden vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät.....	9
2.2.4 Lähestymismenetelmät	10
2.2.5 Ilmailun varalaittejärjestelmät.....	10
2.3 Lentoyhtiöiden PBN-suorituskyky	10
3 Kansallinen navigaatio- ja valvontalaittejärjestelmien kehitys tulevaisuudessa	12
3.1 Ilmailun navigaatiojärjestelmät.....	12
3.1.1 En route	16
3.1.2 Lähi- ja lähestymisalueet ja lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeet...	16
3.1.3 Lähestymismenetelmät	16
3.2 Ilmailun valvontalaittejärjestelmät	18
3.2.1 Mode-S.....	18
3.2.2 ADS-B	18
3.2.3 MLAT/WAM.....	19
3.2.4 Etälennonjohto	19
3.2.5 Datalink - CPDLC.....	19
4 Miehitämätön ilmailu	20
4.1 U-space.....	20
5 Häiriötilanteiden hallinta	20
5.1 GNSS-häiriöt.....	21
5.1.1 Satelliittinavigaatio-signaalien tahallinen häirintä	21
5.1.2 Satelliittinavigaatio-signaalien tahaton häirintä	21
5.1.3 PBN-siirtymäsuunnitelmat	21
5.2 Avaruussäästä johtuvat häiriötilanteet	22
5.3 Muut radiohäiriötilanteet.....	22
5.4 Kyberturvallisuus.....	23

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 harmonisoidulla 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 operatiosuunnitelma.

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 Suomen integroidussa lennonvarmistusjärjestelmässä, jossa siviili-palveluntarjoaja antaa palvelua myös sotilasilmailulle, myös tulevaisuudessa. Muutosten yhteydessä tulee huomioida myös kaikkien kansallisten toimijoiden lakisääteisten tehtävien vaatimukset.

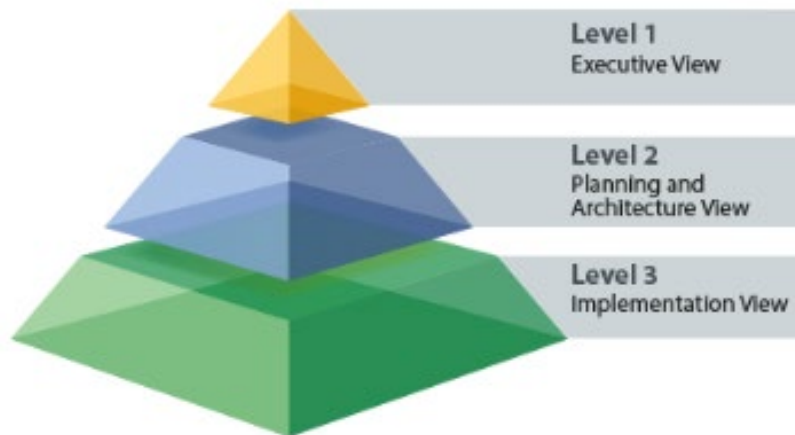
Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö (ICAO) on laatinut osaltaan Global Air Navigation Plan:n (GANP) ja Performance Based Navigation (PBN) -konseptin, joilla tavoitellaan satelliittinavigointiin perustuvien aluesuunnistusmenetelmien (Area Navigation - RNAV) maailmanlaajuisia harmonisointia ja käyttöönottoa. 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 yhte-

näisen 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.

1 European Air Traffic Management Master Plan

ATM Master Plan on jaettu kolmeen eri tasoon kuvan 1 mukaisesti: Level 1 on toimeenpanonäkymä, Level 2 on suunnittelu- ja arkkitehtuurinäkökulma ja Level 3 on käyttöönottonäkymä. Tasolla 1 hahmotetaan SESAR-visio, visioon liittyvät suorituskykytavoitteet, välttämättömien operatiivisten muutosten painopistealueet, aikataulusuunnitelma käyttöönotolle, vaikutusten arviointi sekä suunnitelman toteuttamisen merkittävimmät riskit ja niiden pienentäminen. Tasolla 2 kuvataan suunnittelunäkymä SESAR:n kehittämistoimenpiteille. Tasolla 3 kuvataan suunnittelunäkymä SESAR:n käyttöönottoimenpiteille.



Kuva1: ATM Master Planin tasot

Yksityiskohtaisemmin eri tasoihin ja kehityskohteisiin voi tutustua osoitteissa:

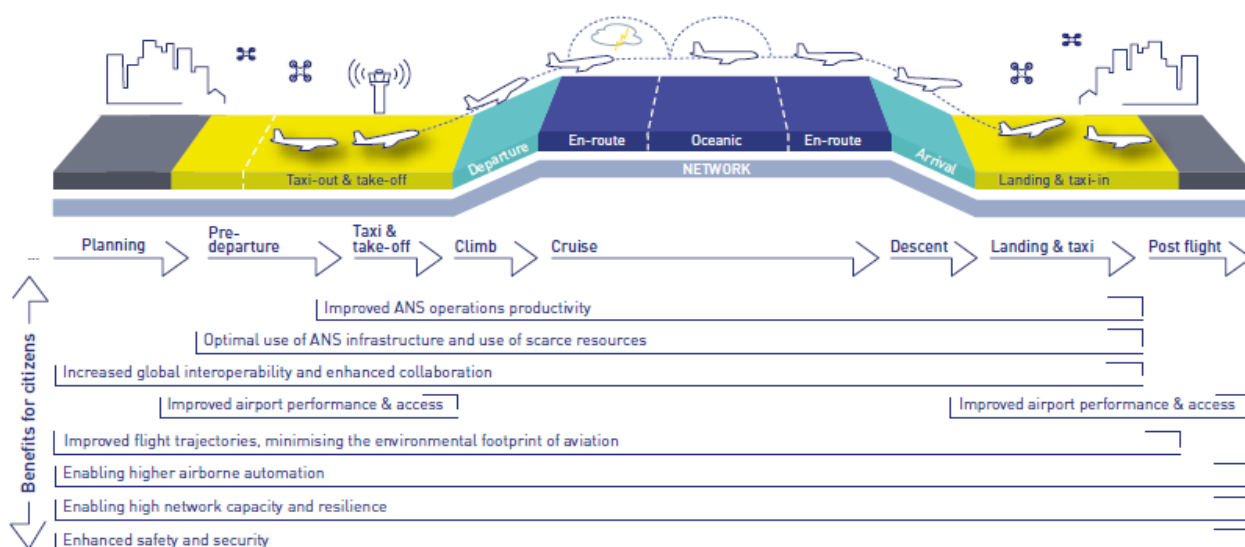
Level 1: <https://www.atmmasterplan.eu/exec/overview>

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

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

1.1 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 kuvassa 2 (alla). Yksityiskohtaisempiin tietoihin hankkeista voi tutustua yllä olevien linkkien kautta.



22 EUROPEAN ATM MASTER PLAN EXECUTIVE VIEW – EDITION 2020

Kuva 2: välttämättömät operatiiviset muutokset eri lennon vaiheisiin (lähde: ATM Masterplan edition 2020)

2 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.

2.1 Performance Based Navigation ilmatilakonsepti

PBN (Performance Based Navigation) -konseptilla tarkoitetaan suorituskykyyn perustuvaa navigointia, joka mahdollistaa siirtymisen perinteisestä maalaitepohjaisesta navigoinnista satelliittinavigointiin perustuvaan suunnistukseen.

Euroopassa siirrytään komission asetuksen vaatimusten mukaisesti vuoteen 2030 mennessä toimimaan PBN-ympäristössä. Se tarkoittaa sitä, että suunnistaminen mittarilentotoiminnassa (IFR) perustuu ensisijaisesti satelliittinavigointiin. Siirtyminen PBN-konseptiin tarkoittaa käytännössä luopumista merkittävässä määrin olemassa olevasta, maalaiteisiin perustuvasta suunnistusinfrastruktuurista ja siihen liittyvistä menetelmistä. PBN-konseptin mukaisen toiminnan tukemiseksi jäljelle jää kuitenkin välttämätön konventionaalisten suunnistuslaitteiden verkosto, jota kutsutaan nimellä Minimum Operational Network (MON). Sen avulla mahdollistetaan toiminnan turvallinen jatkuminen ja ennalta määriteltyjen lentoasemien saavutettavuus ilma-alusten laitteiden vikaantuessa sekä GNSS-häiriötilanteissa.

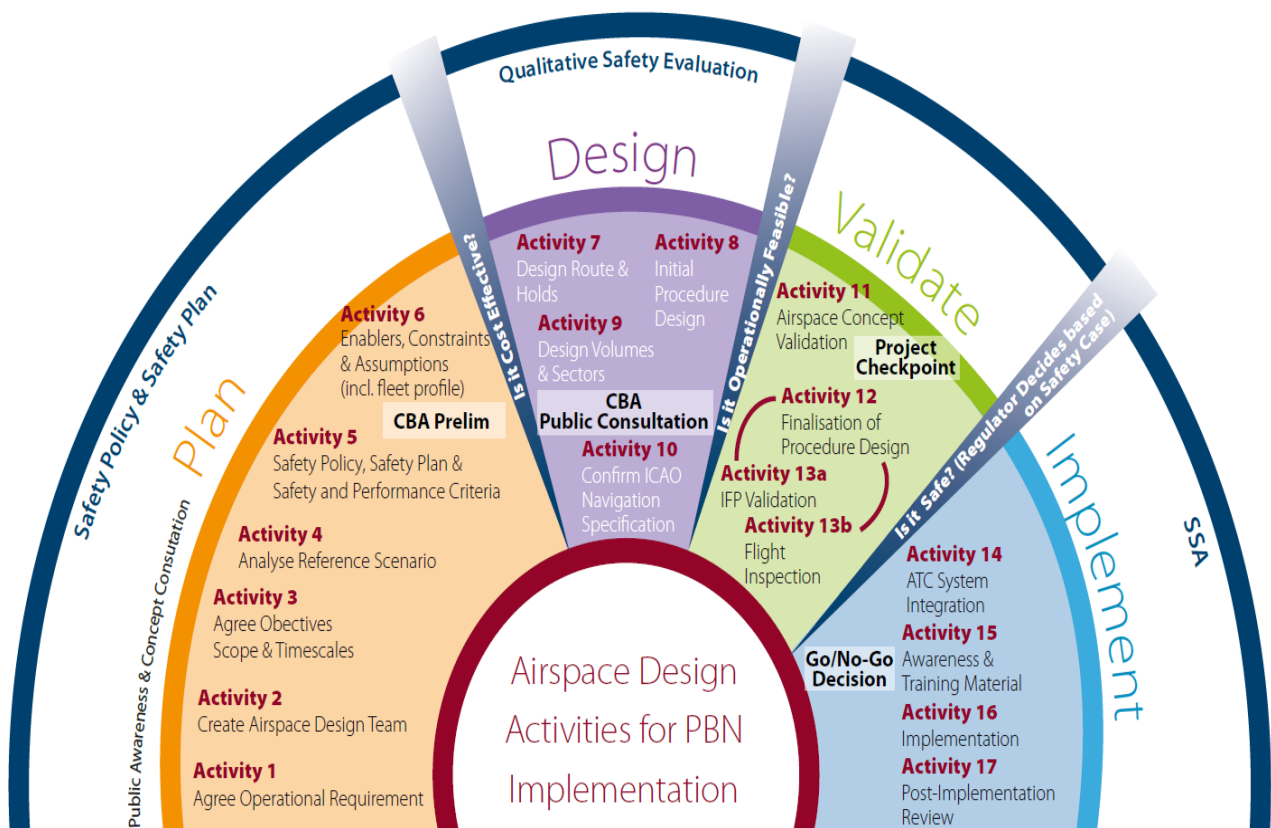
MON-verkoston muodostavat jäljelle jäävien konventionaalisten suunnistusjärjestelmien verkosto sekä sen piiriin sisältyvät lentoasemat ja En-Route ilmatila, jotka määrittyvät PBN-siirtymäsuunnitelmaprosessin myötä. Asetuksen EU 2018/1048 mukaisesti ATM/ANS-palvelujen tarjoajien sekä lentopaikan pitäjien tulee laatia siirtymäsuunnitelma, kuultava sidosryhmiä siirtymäsuunnitelmaluonnoksesta ja otettava tarpeen mukaan huomioon niiden näkemykset. Kuulemisen jälkeen ATM/ANS-palvelujen tarjoajien on toimitettava kuulemisen tulokset sekä siirtymäsuunnitelmaluonnos toimivaltaisen viranomaisen hyväksyttäväksi.

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 kulu useitakin vuosia. Näin tapahtuu erityisesti silloin, kun ilmatilassa otetaan käyttöön täysin uusia menetelmiä tai ilmatilan käyttöön asetetaan vaatimus tietylle toiminnallisuudelle. Tällaisissa tapauksissa käyttöönotolle määritetään jokin siirtymäaika, jonka jälkeen vanhentuneista järjestelmistä luovutaan, lukuun ottamatta GNSS-häiriöiden ja epäjatkuvuustilanteiden huomioimiseksi välttämättömiä, maalaitteisiin perustuvia konventionaalisia suunnistusmenetelmiä, joilla varmistetaan ilmailiikenteen turvallisuus ja jatkuvuus kaikissa olosuhteissa.



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

2.2 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.

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

2.2.1 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 satelliittinavigaatioissa tai ilma-alusten RNAV-laitteissa ilmenee häiriöitä. Lennonjohto voi tarvittaessa antaa valvontalaittejärjestelmään perustuvia ohjaussuuntia ilma-aluksille, mikäli satelliittinavigaatioissa tai ilma-alusten RNAV-laitteissa ilmenee häiriöitä.

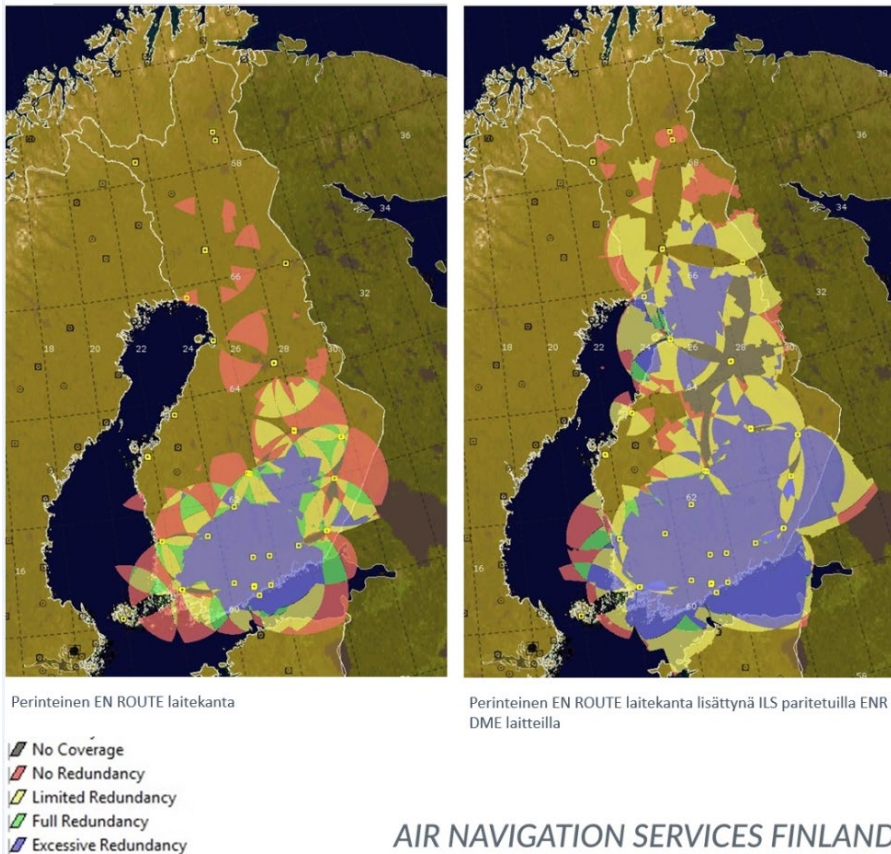
Helsinki-Vantaan lentoasemalla on käytössä saapuvan liikenteen "Arrival Manager" -hallintajärjestelmä, jolla optimoidaan liikennevirtoja käytettävissä oleville kiitoteille. Helsinki-Vantaan liikennettä voidaan ohjata optimaaliseen tulojonoon En Route-ilmatilassa AMAN- työkalulla.

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: Fintraffic lennonvarmistus Oy:n (aikaisemmin ANS Finland Oy) vuonna 2018 tuottama analyysi DME/DME-peatosta yli 8000 jalan (n. 2440m) korkeudella.

2.2.2 Lähestymisalueiden 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 mukaisesti 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.

2.2.3 Lentopaikkojen lentotiedotusalueiden vakioidut tulo- ja lähtömenetelmät

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

2.2.4 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 kunakin standardin määrittelemät laskeutumisminit.

2.2.5 Ilmailun varalaittejärjestelmät

Suomen ilmailun valvontajärjestelminä ovat tutkalaitteet, joiden teknologia perustuu joko ilma-aluksessa olevaan toisiotutkavastaimen (transponderi) tai pulssimuotoiseen 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 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.

2.3 Lentoyhtiöiden PBN-suorituskyky

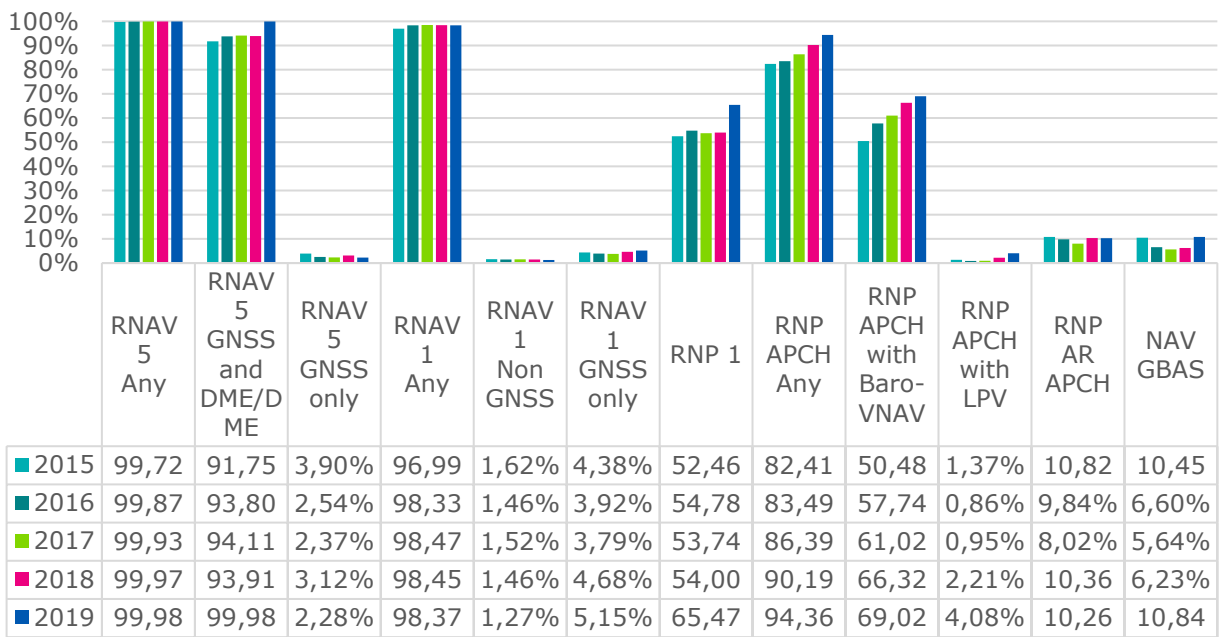
Oheisista kaavioista käy ilmi käyttäjäryhmien navigaatiokyvykkyydet PBN-navigaatiopesifikaatiokohtaisesti – lähde Fintraffic lennonvarmistus Oy / lentosuunnitelmista otettu data.

Lentosuunnitelmätietoihin perustuen, reittinavigaation (En-Route) osalta lähes kaikilla kaupallisen liikenteen ilma-aluksilla on ollut RNAV 5 –kyvykkyys ja GNSS-häiriötilanteissa ne pystyvät tukeutumaan DME/DME-navigaatiotietoon.

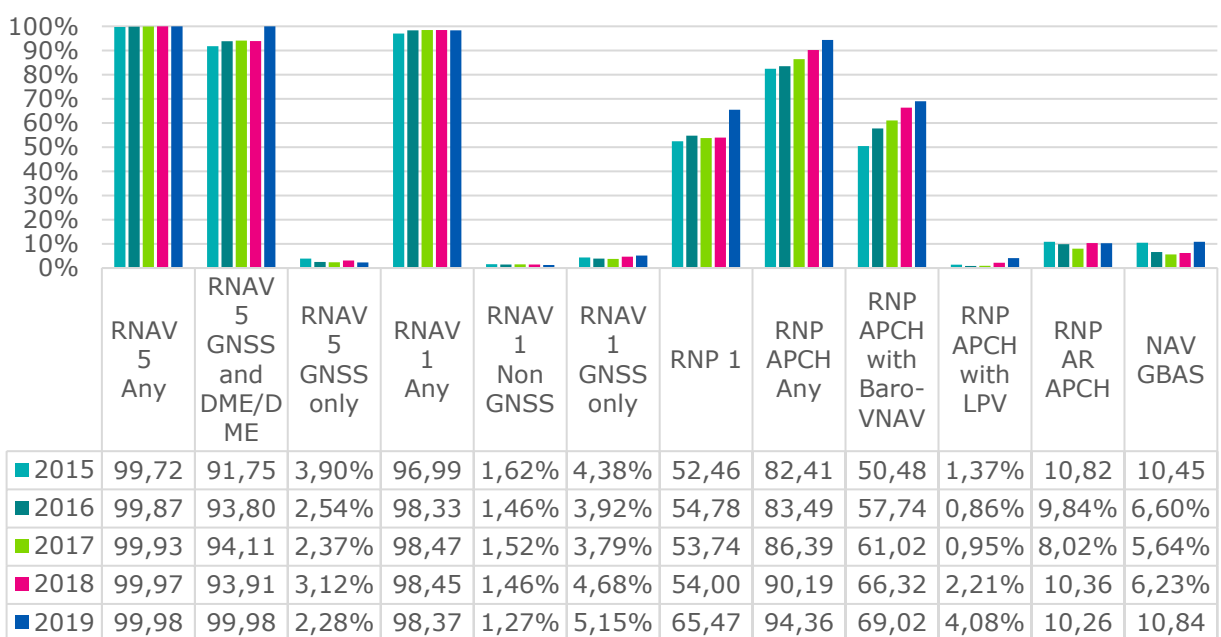
Lähestymisalueilla lähes kaikilla kaupallisen liikenteen ilma-aluksilla on ollut RNAV 1 –kyvykkyys ja kyky suorittaa RNP-lähestymisiä.

Lentosuunnitelmätiedon perusteella kyvykkyudet satelliittinavigaatioon perustuviin menetelmiin yleisilmailun IFR:ssä on lähes kaupallisen liikenteen ilma-alusten tasolla. Viime vuosina kyvykkyudet RNP-lähestymisiin on kasvanut merkittävästi.

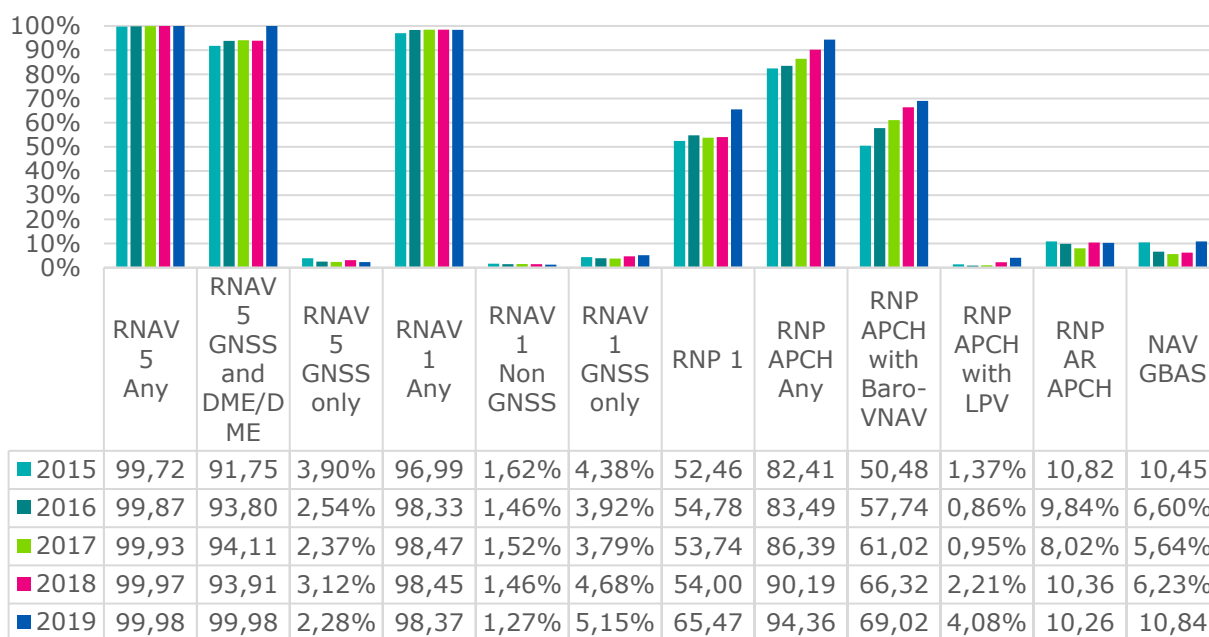
Scheduled and non-scheduled flights in Finland



Scheduled and non-scheduled flights in Finland



Scheduled and non-scheduled flights in Finland



3 Kansallinen navigaatio- ja valvontajärjestelmien kehitys tulevaisuudessa

3.1 Ilmailun navigaatiojärjestelmät

Komission täytäntönpäätöksen (EU) 2018/1048 mukaisesti ilmatilan, lento-reittien ja lentomenetelmien tulee perustua 1.6.2030 alkaen satelliittinavigaatioon. Tämä ei rajoita kuitenkaan ATM/ANS-palvelujen tarjoajien ja lentoasemien pitäjien mahdollisuutta tarjota palvelujaan käyttäen laskeutumisympäristöjä, 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 infrastruktuuriin säilyttäminen.

Satelliittinavigointi: GNSS- ja SBAS -järjestelmät

Maailmanlaajuisia, avointa sijaintitietopalvelua tarjoavia GNSS-järjestelmiä ovat amerikkalainen GPS, venäläinen GLONASS, kiinalainen BeiDou sekä eurooppalainen Galileo. GPS on yleisimmin käytetty GNSS-järjestelmä ja usein sitä käytetäänkin virheellisesti yleisnimenä puhuttaessa satelliittipaikannusjärjestelmistä (GNSS, global navigation satellite system). GPS- ja GLONASS-järjestelmien avoimet palvelut ovat täysimääräisinä kaikkien käytettävissä ja ne tarjoavat sijainti- ja aikatietopalvelua. Suunnitellun aikataulun mukaisesti Galileo-järjestelmän avoin palvelu (OS, open service) siirtyy FOC-vaiheeseen (full operating capability) vuoden 2021 aikana. Galileon erityispalvelut, kuten signaalin autentikointipalvelut OS-NMA ja CAS sekä viranomaispalvelu PRS, siirtyvät FOC-vaiheeseen vaiheittain vuosien 2021 ja 2024 välillä. BeiDou-järjestelmän avoimet palvelut otettiin täysimääräisinä käyttöön 3.8.2020.

EGNOS on GNSS-järjestelmiä täydentävä järjestelmä (SBAS, satellite based augmentation system), joka tarjoaa alueellisesti Euroopassa tarkentavaa korjaus-signaalia GNSS-signaaleille. Tällä hetkellä käytössä oleva EGNOS V2 -sukupolvi tukee ainoastaan GPS-järjestelmää. Lähivuosina vaihteittain käyttöönotettavaan EGNOS V3 -sukupolven järjestelmään on lisätty tuki myös Galileoille. Ilmailulle tärkeimpänä palveluna EGNOS tarjoaa GNSS-signaaleille integriteettitietoa eli varmuutta paikannuksen oikeellisuudesta.

EGNOS-järjestelmän avaruussegmentti koostuu kolmesta geostationäärisellä kiertoradalla olevasta satelliitista. Sen maasegmenttiin kuuluu 39 RIMS-asemaa (Range and Integrity Monitoring Station), ohjaus- ja prosessointikeskukset (Mission Control Center - MCC ja Central Processing Facility - CPF) sekä tiedonsiirtojärjestelmät. EGNOS-järjestelmän hallinnoijana ja palveluntarjoajana toimii Euroopan komission toimeksiannosta seitsemän eurooppalaisen lennonvarmistuspalvelun perustama ESSP-konsortio (European Satellite Services Provider). ESSP:llä on eurooppalaisen Single European Sky-regulaation mukainen hyväksyntä lennonvarmistuspalvelun tarjoajaksi.

Suomi sijaitsee EGNOS-palvelualueen reunamilla, ja palveluiden kattavuudessa on puutteita erityisesti Pohjois-Suomessa, joten EGNOSin tarjoamia palveluita ei pystytä vielä riittävällä tasolla hyödyntämään lennonvarmistuksessa ja ilma-alusten navigoinnissa 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 tasoisina kuin Keski-Euroopassa.

Tällä hetkellä Suomessa, Virolahdella, sijaitsee yksi RIMS-asema. Suomi on tehnyt sopimuksen uuden EGNOS RIMS- aseman rakentamisesta Kuusamoon. Asema valmistuu suunnitelman mukaan vuoteen 2022 mennessä ja sen käyttöönotto tulee parantamaan palvelun kattavuutta ja tarkkuutta merkittävästi. Jotta hyödyt saataisiin käyttöön, tarvitaan lisäksi uudenlaisia SBAS-vastaanottimia, joita vielä ei ole saatavilla. Euroopan avaruusjärjestön (European Space Agency - ESA) kanssa tehdyn sopimuksen mukaisesti Vironlahden ja Kuusamon RIMS-asetat päivitetään EGNOS V3 -valmiuteen vuoteen 2026 mennessä.

GNSS-järjestelmien uudet lisäturvallisuutta antavat erityispalvelut, kuten signaalin autentikointi, monitaajuusteknologia ja useamman GNSS-järjestelmän rinnakkainen hyödyntäminen (multi-constellation), parantavat satelliittijärjestelmiin tukeutuvan navigoinnin turvallisuutta ja toiminnan jatkuvuutta sekä parantavat saatavattavaa paikannustarkkuutta. Järjestelmien haavoittuvuudet ovat kuitenkin niin moniulotteisia, että vähintäänkin kriittiset järjestelmät tulee suunnitella niin, ettei GNSS ole ainoa sijainti-, navigointi- ja aikatiedon lähde (Positioning, Navigation, Timing - PNT).

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. Käytössä on myös ainoastaan sotilaskäyttöä tukevia järjestelmiä.

Konventionaaliset radionavigaatiojärjestelmät

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

palvelukatkosten aikana. Katkokset voivat johtua satelliitivastaanoton tahallista 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.

Fintraffic lennonvarmistus ja lentoasetat suunnittelevat ja toteuttavat tarvittavan DME/DME-laitteverkoston 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 LPV/LPV200-menetelmillä.

Kansallinen ILS CAT I -laitteiden poistoaikataulu, sekä vuoden 2030 jälkeen säilytettävät CAT I menetelmät 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												
	Galileo E1												
	Galileo E5												
GBAS	Cat I (GPS L1)	FOC											
	Cat II/III (GPS L1)												
	Cat II/III (GPS-Galileo L1/E1 L5/E5)												
DGNSS	FOC												
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 arvion eurooppalaisen radionavigaatiosuunnitelman aikatauluista. Suomessa seurataan aktiivisesti Euroopan radionavigaatiosuunnitelmaa ja ryhdytään tarvittaviin toimiin, mikäli teknis-operatiiviset edellytykset mahdollistavat uusien menetelmien käyttöönoton.

3.1.1 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 Fintraffic lennonvarmistus 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 näkösääolosuhteita huonommissa sääolosuhteissa. Vuonna 2019 työryhmä selvitti Fintraffic lennonvarmistuksen johdolla matalalentoverkoston hyötyjä ja käyttömahdollisuuksia. Jatkoselvitys on käynnistynyt vuoden 2020 aikana. Siinä määritellään 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-navigaatiopesifikaatioon perustuen ja toteutuksessa huomioitaisiin tuleva miehittämättömän ilmailun U-Space.

3.1.2 Lähi- ja lähestymisalueet ja lentopaikan lentotiedotusvyöhykkeet

RNP 1 navigaatiopesifikaatio

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

Advanced RNP navigaatiopesifikaatio

Käyttönotolle 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 miehittämättömän ilmailun ja sen osana tulevaisuuden U-Space.

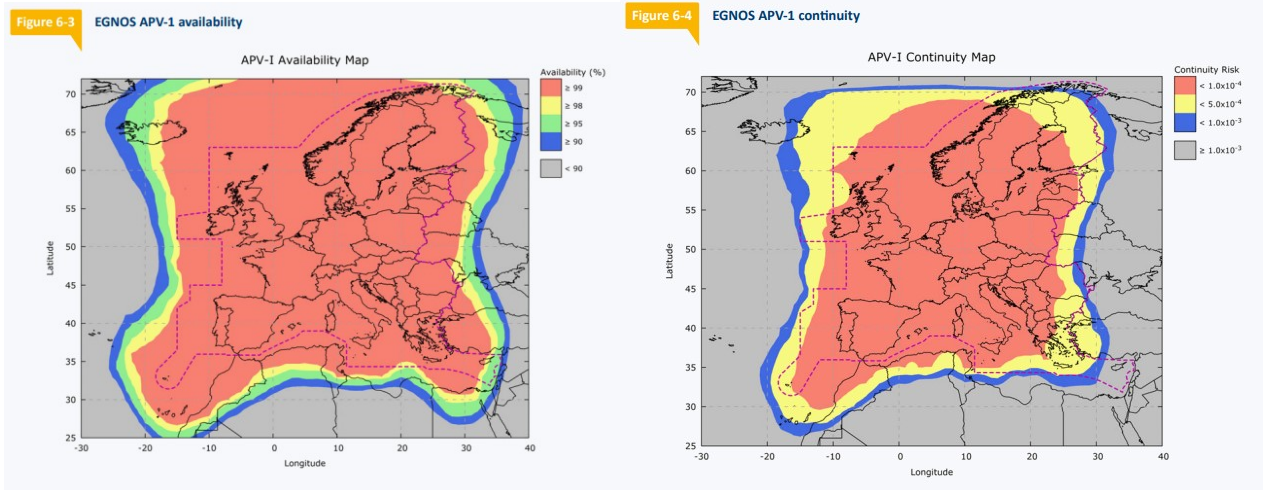
3.1.3 Lähestymismenetelmät

RNP APCH

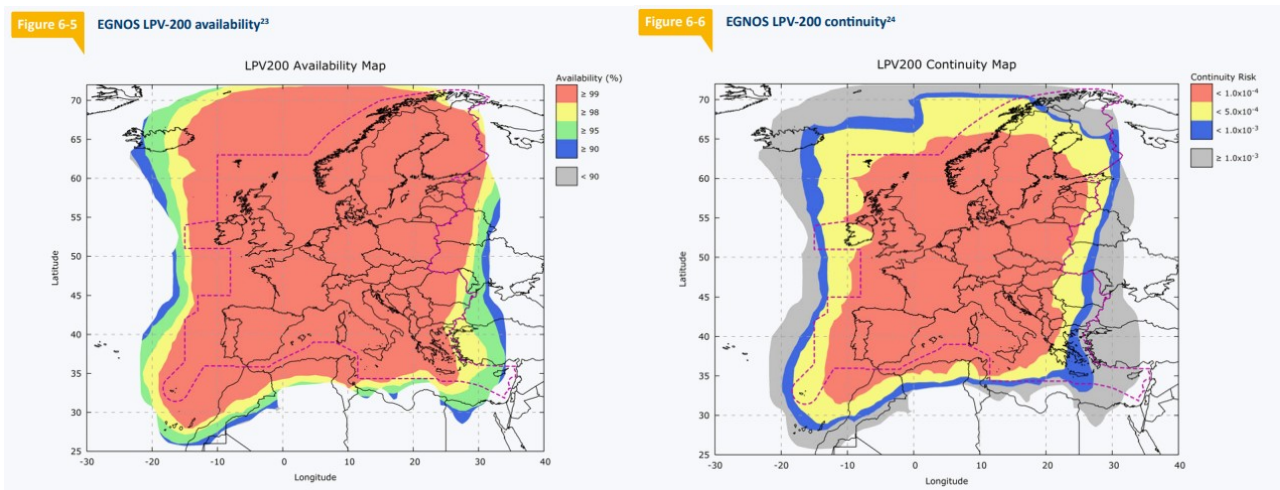
Komission asetuksen (EU) 2018/1048 mukaisesti ATM/ANS-palvelujen tarjoajien ja lentoasemien on otettava käyttöön lähestymismenetelmät RNP-lähestymisen (RNP APCH) spesifikaation vaatimusten mukaisesti kaikkien niiden mittarikiitoteiden lähestymissuunnissa, joissa on käytössä tarkkuuslähestymismenetelmät. 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.

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 jatkuvuus lentomenetelmissä (lähde: EGNOS SoL)



Kuva 7: LPV200-menetelmän kattavuus Euroopassa. Punainen alue: vasen kuva signaalin saatavuus; oikea kuva signaalin jatkuvuus 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-Pilvenlöpäisymenetelmät helikoptereille

Erytiesi 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 pilvenlöpäisyjä.

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 käsitellään osana matalalentoverkoston selvitystyötä.

GBAS

Kaksitaajuus- ja multikonstellaatiovastaanottimia voidaan tulevaisuudessa hyödyntää niin GBAS-, kuin SBAS-järjestelmiä hyödyntävissä GNSS-vastaanottimissa.

Satelliittinavigaation kaksitaajuus- ja multikonstellaatiovastaanottimien käyttöön-otto, Kuusamon tuleva RIMS-asema ja EGNOS-järjestelmän hyödyntäminen mahdollistavat tulevaisuudessa GBAS-menetelmien käyttöönoton, jolloin jopa ILS CAT II/III maalaatteista voitaisiin luopua, mutta tämän osalta standardit ovat vasta valmisteluvaiheessa ja käyttöönottovaihe alkanee aikavälillä 2026–2030.

3.2 Ilmailun valvontalaittejärjestelmät

3.2.1 Mode-S

Mode-S –toisiotutkajärjestelmä perustuu ilma-aluksen yksilölliseen tunnistamiseen 24-bittisellä tunnistetiedolla. Se käyttää maanpäällisiä kyselylaitteita ja ilma-aluksen antureita ja toimii samoilla radiotaajuuksilla (1030/1090 MHz) kuin tavanomaiset Transponderi-järjestelmät (SSR Mode-A/C), joiden kanssa se on yhteensopiva.

Mode-S on otettu käyttöön, koska aikaisemmat SSR-järjestelmät (SSR Mode A/C) ovat saavuttaneet toimintakykynsä rajan, sillä niissä käytetyt koodit loppuvat kesken. Mode-S on siis oleellinen kehitys sekä toisiotutkien että uusien ATM-prosessien kannalta, ja se on välttämätön ilmatilassa, jossa liikennetiheys on suuri tai ATC-tutkan peitto puuttuu.

Mode-S:n käyttöönotosta on säädetty sekä lentotoiminnan harjoittajien, että lennonvarmistuspalvelun tarjoajien osalta Euroopan komission asetuksessa (EU) 1207/2011, jota on täydennetty asetuksella (EU) 2020/587. Asetuksen mukaisesti kaikkien IFR-lentoja suorittavien ilma-alusten tulee täyttää Modes-S Elementary -vaatimukset ja lisäksi yli 5700 kg ilma-aluksien tulee täyttää sekä Mode S Enhanced Surveillance että ADS-B out -vaatimukset 7.12.2020 mennessä.

3.2.2 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 satelliittitekniologian 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.

3.2.3 **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 lähetysten 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 lähetys/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

3.2.4 **Etälennonjohto**

Valikoitujen lentoasemien lennonvarmistuspalvelujen järjestäminen voidaan toteuttaa digitalisaation avulla 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 aukioalojen ulkopuolella esimerkiksi viranomaislentojen, etsintä- ja pelastuslentojen ja lääkinällisten lentojen tarpeisiin, sekä poikkeustilanteissa. Hyötyjä saavutetaan mm. lentoliikenteen tarpeisiin mukautuvassa henkilöstön käytössä, lentoasemien saavutettavuudessa joustavien palveluaikojen kautta ja turvallisemmassa lennonvarmistuspalvelussa valvontalaitteiden kasvaessa ja turvaverkkojen parantuessa.

3.2.5 **Datalink - CPDLC**

Ilmaliikennepalvelun tarjoaja Fintraffic lennonvarmistus tarjoaa Suomessa CPDLC Datalink-palvelua (Controller-Pilot Datalink Communications) regulaation vaatimuksen mukaisesti lentopinnan FL285 yläpuolella leveyspiirin 61° 30' eteläpuolella. Lisäksi Fintraffic lennonvarmistus pyrkii tarjoamaan CPDLC palvelua palveluntarjoajien peittoalueiden puitteissa koko Helsinki FIR alueella FL95 yläpuolella.”

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

4 Miehitämätön ilmailu

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

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

4.1 U-space

Periaatteet, jotka ovat U-space konseptin kulmakivet:

- **Turvallisuus:** Toiminnan U-space ilmatilassa tulee olla turvallista kaikelle ilmailulle. Tarkoituksena on kehittää miehitämättömälle 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 miehitämättömän 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.

5 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.

5.1 GNSS-häiriöt

Satelliittipaikannusjärjestelmien (GNSS) sijainti- ja aikatietopalvelut perustuvat maata kiertävistä satelliiteista lähetettäviin radiotaajuisiin signaaleihin. Nämä kuitenkin muutkin radiotaajuussignaalit ovat alttiita sekä tahattomille häiriöille että tahalliseen häirinnälle. Koska GNSS-satelliitit ovat hyvin korkealla kiertoradalla, on maahan saapuva signaali heikko ja siksi helposti häiriintyvä. Tahallinen häirintä on Suomessa lain mukaan kielletty.

5.1.1 *Satelliittinavigaatio-signaalien tahallinen häirintä*

Tahalliseksi häirinnäksi luetaan toiminta, jossa tarkoituksellisesti häiritään navigaatio-signaalia sellaisella teholla ja signaaliominaisuuksilla, jotka estävät tai vaikeuttavat sen vastaanottoa tietyllä alueella (jamming) tai jotka tarkoituksella johdavat vastaanotinta harhaan (spoofing). Tahallinen radiohäirintä saattaa vaikuttaa hyvinkin suuren määrän taajuuksia. Intressit häirintään voivat liittyä tarkoitushakuiseen ilkevaltaan sekä terroristisiin tai sotilaallisiin tarkoitukseen. Häirintä voi olla kohdistettu myös ilmailun ulkopuoliseen GNSS-sovellutukseen, ja ilmentyä ilmailun GNSS häiriötilanteena. Häiriölähetimien käyttö on Suomessa lain mukaan kielletty. Jos häirinnän tavoitteena on nimenomaan häiritä lentokentän toimintaa, tilanteen vakavuus muuttuu aivan toiseksi.

5.1.2 *Satelliittinavigaatio-signaalien tahaton häirintä*

Tahaton radiohäiriö voi aiheutua esimerkiksi GNSS-signaalin vastaanottopaikan lähellä käytössä olevasta vikaantuneesta sähkölaitteesta tai radiolaitteen harhalähteestä. 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.

5.1.3 *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.

5.2 Avaruussäästä johtuvat häiriötilanteet

Avaruussääilmiöt voivat aiheuttaa häiriöitä ilmailulle. Auringon aktiivisuuden tarkkailun ja ennustamisen motiivina on, että sen seurauksena esiintyvät vaihtelut avaruussäässä voivat merkittävästi vaikuttaa erilaisten energianjakelu- ja tietoliikenneverkkojen toimintaan ja sillä on merkittävä vaikutus myös radioliikenteeseen ja itse satelliitteihin. Ilmailun osalta aurinkomyrskyllä voi olla vaikutuksia ilma-aluksen ja lennonjohdon kommunikointi ja paikannusjärjestelmien toimivuuteen. Suomessa sijaitsee yksi Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön nimittämistä, globaalia tilannetta seuraavista avaruussääkeskuksista. Keskusta operoi Ilmatieteen laitoksen johtama kymmenen maan PECASUS-konsortio (www.pecasus.org).

Ilmatieteen laitos laatii ja viestittää avaruussääsanomia (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 avaruussääilmiöiden vaikutukset omassa toiminnassaan.

Avaruussään aiheuttamien häiriöiden haittavaikutusten minimoimiseksi Suomi jatkaa aktiivista toimintaa Kansainvälisen Siviili-ilmailujärjestön (ICAO) avaruussääpalvelujen kehittämisessä ja operoinnissa.

5.3 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. Häiriöselvitystoimet pyritään aloittamaan välittömästi häiriön tultua Traficom in tietoon. Virastolla on kyky havaita, tunnistaa ja poistaa mikä tahansa riittävän pitkäaikainen radiosignaali ilmailun taajuuksilla. Lisäksi Traficom kehittää GNSS-taajuuksien ennakoivaa monitorointi- ja häiriöselvityskykyä.

5.4 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 varmistuen 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 valvontalaitestrategian 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.

Liikenne- ja viestintävirasto Traficom

PL 320, 00059 TRAFICOM
p. 029 534 5000

traficom.fi

ISBN 978-952-311-743-3
ISSN 2669-8757 (verkkajulkaisu)

TRAFICOM
Liikenne- ja viestintävirasto