

Risto Alakoski

Etälennonjohtotorni ja sen vaikutukset lentosäähavaintoihin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Kone- ja tuotantotekniikka

Insinöörityö

1.9.2017

Tekijä Otsikko	Risto Alakoski Etälennonjohtotorni ja sen vaikutukset lentosäähavaintoihin
Sivumäärä Aika	66 sivua + 2 liitettä 1.9.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Kone- ja tuotantotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Koneautomaatio
Ohjaajat	Business Development Manager Tapio Haarlaa Lehtori Antti Liljaniemi
<p>Lennonjohtoon liittyvä teknologia kehittyy jatkuvasti, mutta suuria muutoksia alalla tapahtuu harvoin. Yksi näistä muutoksista on ollut etätornijärjestelmän kehittäminen ja sen käyttöönotto. Etätornia on kutsuttu suurimmaksi muutokseksi alalla sitten lennonjohtotutkan kehittämisen. Järjestelmän pääperiaate on, että perinteistä lennonjohtotornia ei enää tarvita, vaan tarvittava näkymä kentältä saadaan kameroiden välityksellä.</p> <p>Insinööriyön tilasi Vaisala Oyj. Yritys toimittaa sääjärjestelmiä lentoasemille ympäri maailmaa. Vaisalassa on tiedostettu ilmailualan lisääntynyt kiinnostus etätorneihin ja koettiin, että tämä tutkimus täydentäisi heidän aiheesta aikaisemmin tekemänsä selvitystä. Työn tarkoituksena oli kerätä tietoa uudesta toimintamallista, siihen liittyvästä teknologiasta ja niiden mahdollisista vaikutuksista sääjärjestelmään.</p> <p>Työ aloitettiin aineiston keräämisellä artikkeleista, kirjoista, Internet-sivustoilta ja haastatteluista. Seuraavaksi toteutettiin verkkopohjainen kysely torni- ja etätorniympäristössä työskenteleville lennonjohtajille. Kyselyt keskittyivät säähavaintojen tekemiseen sekä niihin liittyvien menetelmien, järjestelmien ja laitteiden toimivuuden arvioimiseen. Toisiaan vastaavilla kyselyillä haluttiin nähdä, eroavatko perinteisessä ja etätornissa työskentelevien vastaukset toisistaan. Merkittävää eroa ei ollut. Lisäksi saatiin tietoa siitä, mihin sääjärjestelmän osa-alueisiin lennonjohtajat kaipaavat parannuksia. Näitä olivat pilvitiedon kattavuus, sadetyypin tunnistaminen ja sääjärjestelmän nopeampi reagointi säätilan muutoksiin. Työn aikana päästiin tutustumaan maailman ainoaan toiminnassa olevaan etätornikeskukseen. Huomiot vierailun aikana vastasivat kyselyistä saatuja tuloksia; säätilan havainnointi videon välityksellä onnistuu useimmiten hyvin. Toisinaan säähavaintoa raportoiva lennonjohtaja joutuu olemaan yhteydessä lentoasemalla olevaan kunnossapidon henkilöstöön, joka voi tehdä tarkempaa havainnointia paikan päällä.</p> <p>Tutkimuksen perusteella voitiin antaa ehdotuksia lentosääjärjestelmän kehittämiseksi. Kameroiden käyttö lennonvarmistuksessa lisääntyy etätornien myötä ja niitä voisi käyttää myös täydentämään automaattisen sääjärjestelmän tuottamaa tietoa, esimerkiksi näkyvyys- ja pilvitiedon osalta.</p>	
Avainsanat	Etätorni, lennonjohto, lentosää, ilmailu

Author Title	Risto Alakoski Remote Tower and Its Effects on Aviation Weather Observations
Number of Pages Date	66 pages + 2 appendices 1 September 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Mechanical Engineering
Specialisation option	Machine Automation
Instructors	Tapio Haarlaa, Business Development Manager Antti Liljaniemi, Senior Lecturer
<p>Air traffic control technology is under continuous development but significant changes occur seldom. The development and implementation of the remote tower has been one of the latest changes. It has been said to be the largest transformation in air traffic management since the introduction of radar. The main principle of the concept is that the necessary view of the airfield is conveyed by cameras.</p> <p>This thesis was commissioned by Vaisala. The company is a global market leader in automated weather observation systems. They have acknowledged a growing interest in remote towers and suggested that a thesis on the topic would support their research. The objective of this Bachelor's thesis was to study the concept of the remote tower, technology involving it and its potential effects on weather systems.</p> <p>The study was carried out as follows. Firstly, information on the subject was acquired and studied. It was gathered from articles, books, the internet and interviews. Secondly, online surveys for air traffic control officers (ATCOs) working in both conventional and remote tower environments were carried out. Thirdly, a visit was made to the only operational remote tower center (RTC) in the world.</p> <p>The surveys focused on weather observations and methods, systems and equipment related to them. The surveys yielded comparable results, thus showing that weather observations from a remote tower do not significantly differ from observations from a conventional tower. Information was also gained on what improvements ATCOs would require in the weather systems. These were comprehensive cloud coverage information, precipitation recognition and the system's faster reaction to changes in prevailing weather. Observations during the visit to the RTC corresponded with the survey results. Weather observations are made via camera with the help of instruments by the runway. Occasionally the ATCO making the observations needs to contact the staff at the airport to check the weather on location.</p> <p>Based on the concluded research, solutions were suggested how the automated weather observation system (AWOS) could be developed. The use of cameras will increase in air traffic management due to remote towers and they could be used to complement AWOS, e.g. when measuring visibility and cloud coverage.</p>	
Keywords	Remote tower, air traffic control, aviation weather

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tarkoitus, menetelmät ja tavoitteet	4
1.3	Vaisala Oyj	4
1.3.1	Yrityksen toiminta	4
1.3.2	Vaisalan lentosääjärjestelmä	5
2	Ilmailu ja sää	7
2.1	Lentosään havainnointi	8
2.1.1	Tärkeimmät havaintosanomamat	8
2.1.2	METAR-sanoman muoto	9
2.2	Lentosään ennustaminen	11
2.3	Automaatio säähavainnoissa	12
2.4	Kansainväliset säädökset	14
3	Etätornijärjestelmä	15
3.1	Toiminta	15
3.2	Tutkimus- ja kehitystyö	18
3.3	Nykytila	19
3.4	Tulevaisuus	22
3.5	Edut ja haitat	25
3.6	Sääilmiöiden havainnointi ja esittäminen etätornissa	26
3.7	Säädökset	28
4	Etätornien toimittajat	29
4.1	Saab Digital Air Traffic Solutions	29
4.2	Searidge Technologies	32
4.3	Ninox	34
4.4	Frequentis	37
5	Verkkokyselyt lennonjohtajille	40
6	Kehitysehdotukset	59

7	Yhteenveto	62
	Lähteet	63

Liitteet

Liite 1. Ote Suomen lentosääpalvelut -oppaasta

Liite 2. Verkkokyselyiden lomakkeet

Lyhenteet

A-SMGCS	<i>Advanced Surface Movement Guidance and Control System.</i> Lentoaseman järjestelmä maaliikenteen seurantaan.
ATIS	<i>Automatic Terminal Information Service.</i> Nauhoitettu radiolähete sääoloista lentoasemalla, käytettävästä kiitotiestä ja muista oleellisista tiedoista.
AWOS	<i>Automated Weather Observing System.</i> Automaattinen säähavaintojärjestelmä.
CB	<i>Cumulonimbus.</i> Kuuropilvi.
CDU	<i>Central Data Unit.</i> Keskustietoyksikkö.
FOD	<i>Foreign Object Debris.</i> Sisältää kaikki esineet tai materiaalit, jotka havaitaan missä tahansa lentoaseman alueella väärässä paikassa, minkä seurauksena ne voivat aiheuttaa vahinkoa välineille tai henkilöille.
HD	<i>High Definition.</i> Näyttötarkkuus jonka pikselimäärä on 1920 x 1080.
ICAO	<i>International Civil Aviation Organization.</i> Kansainvälinen siviili-ilmailujärjestö.
IMC	<i>Instrument Meteorological Conditions.</i> Mittarisääolosuhteet. Sääolosuhteet joissa lentäjän on pääasiassa lennettävä koneen mittaritiedon perusteella.
METAR	<i>Meteorological airport report.</i> Määräaikainen lentosääsanoma.
PTZ	<i>Pan-tilt-zoom.</i> Panoroi-kallista-tarkenna.
QNH	<i>Query: Nautical Height.</i> Korkeusmittarin asetus, jolla maassa oltaessa saadaan korkeustaso merenpinnasta.
RI	<i>Runway Incursion.</i> Tilanne, jossa ilma-alus, ajoneuvo tai henkilö on kiitotiellä tai sen suoja-alueella luvatta tai muuten virheellisesti.

RPM	<i>Revolutions per Minute.</i> Kierroksia minuutissa.
RVT	<i>Remote and Virtual Tower.</i> Etä- ja virtuaalitorni.
SPECI	<i>Special weather reports.</i> Sääsanoma lentoliikenteelle merkittävistä säämuutoksista.
TAF	<i>Terminal Area Forecast.</i> Lentopaikkaennuste.
TCU	<i>Towering cumulus.</i> Korkeaksi pullistunut kumpupilvi.
UHD	<i>Ultra High Definition.</i> Näyttötarkkuus jonka pikselimäärä on 3840 × 2160.
UTC	<i>Universal Time, Coordinated.</i> Koordinoitu yleisaika.
VMC	<i>Visual Meteorological Conditions.</i> Näköolosuhteet. Sääolosuhteet joissa lentäjän on pääasiassa lennettävä näköhavaintojen perusteella.
WMO	<i>World Meteorological Organization.</i> Maailman ilmatieteen järjestö.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

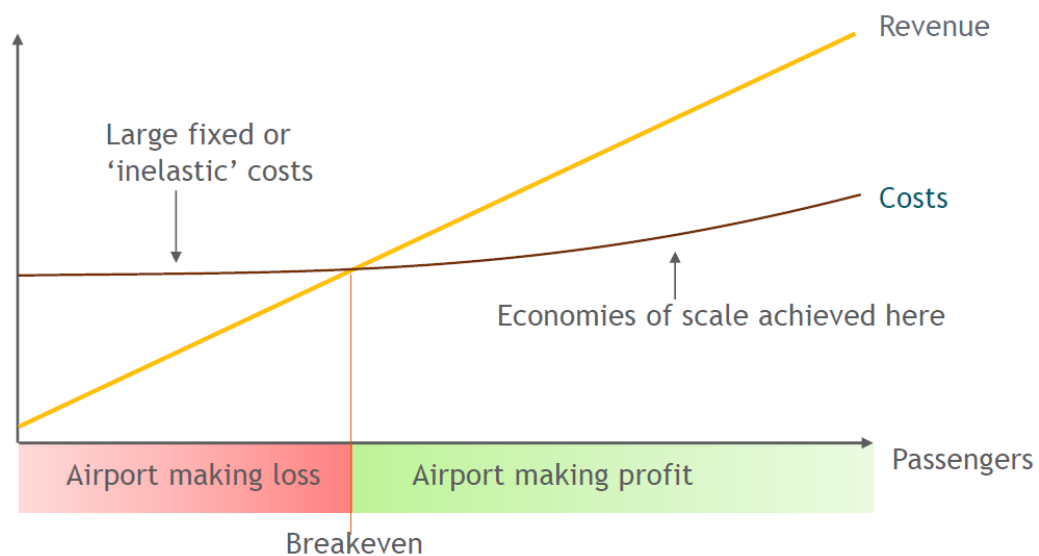
Ensimmäisenä lennonjohtotornina pidetään vuonna 1930 Clevelandissa Yhdysvalloissa käyttöönotettua rakennelmaa (kuva 1). Tästä terminaalirakennuksen katolle rakennetusta, lasitetusta huoneesta oli 360° näkymä yli lentokenttäalueen sekä kaksisuuntainen radioyhteys lentoliikenteen ohjaamiseksi (FAA 2016; Rotman 2011). Vuosien myötä teknologia kehittyi, mutta perusajatus lennonjohtamisessa pysyi samana; lentoasemalla on torni, josta koneet nähdään ja niihin voidaan olla yhteydessä radion välityksellä.



Kuva 1. Clevelandin lentoaseman terminaalirakennus ja lennonjohtotorni.

Huhtikuussa 2015 Örnköldsvikissä Ruotsissa otettiin käyttöön maailman ensimmäinen etälennonjohtotorni tai etä- ja virtuaalitorni (*Remote and Virtual Tower, RVT*). Etätornipalvelu (*Remote Tower Service*) on toimintamalli, jossa lennonjohto ei toimi enää tornissa lentoasemalla, vaan kameroiden ja anturien välittämän tiedon perusteella etätornikeskuksessa. Örnköldsvikin lennonjohto annetaan noin 150 km:n päästä Sundsvallista.

Kuten monilla eri aloilla nykyään, niin ilmailussakin pyritään kustannustehokkuuteen. Suurimpia tulonlähteitä lentoasemille ovat liikennöimismaksut. Niihin kuuluvat muun muassa laskeutumis- ja matkustajamaksut (Finlex 1989). Nämä kaksi korreloivat pitkälti lentoliikenteen määrän kanssa. Jos lentoja ja matkustajia on vähän, jäävät tulotkin pieniksi. Pienellä lentoasemalla lennonvarmistus, jonka kustannukset eivät ole riippuvaisia liikenteen määrästä, voi muodostaa 30–40 % käyttökustannuksista (Saab 2017). RVT-järjestelmän eduksi nähdäänkin kustannustehokkuuden paraneminen. Järjestelmän avulla, etenkin jos yhdestä keskuksista johdetaan useamman kentän lentoliikennettä, voidaan säästää kiinteistö- ja henkilöstökuluissa. Etenkin lentoaseman, jonka tulot ovat kiinteitä kustannuksia pienemmät, nähdään hyötävän RVT:stä (kuva 2). Uusi teknologia voi myös parantaa turvallisuutta.



Kuva 2. Yleinen kuvaaja lentoaseman menojen ja tulojen suhteesta (Hanson 2015).

2000-luvun alussa Euroopan komissio aloitti SES-hankkeen (*Single European Sky*), jonka tavoitteena on lisätä lentoliikenteen hallintajärjestelmän kapasiteettia, ja sitä kautta optimoida lentoreittejä ja vähentää viiveitä, kustannuksia ja päästöjä (Finavia 2017a). SESAR (*Single European Sky ATM Research*) on osa SES-hanketta, ja yksi sen tutkimus- ja kehityskohteista on etätornijärjestelmä. Yhdysvalloissa on meneillään vastaavanlainen projekti nimeltään *NextGen*.

Taloudellisten tekijöiden lisäksi etätorni nähdään apukeinona turvallisuuden parantamisessa. USA:ssa on lukuisia lentokenttiä, joilla on yli 50 000 operaatiota vuodessa, joiden turvallisuus voisi parantua etätornin myötä (NATCA 2017). Toimintamallin voidaan siis olettaa yleistyvän lähitulevaisuudessa.

Tällä hetkellä etätorneja on käytössä, kokeiltavana tai suunnitteilla ainakin Ruotsissa, Norjassa, Irlannissa, Yhdysvalloissa, Australiassa, Unkarissa ja Italiassa. Suomessa Finavian lennonvarmistusliiketoiminta eriytettiin omaksi yhtiökseen huhtikuussa 2017. Uuden yhtiön nimi on Air Navigation Services Finland Oy (Finavia 2017b). Tämän kaltaiset muutokset ympäri maailmaa voivat myös tukea etätornijärjestelmään siirtymistä. Finavian toimitusjohtaja Kari Savolainen on todennut: *”Itsenäisenä osakeyhtiönä lennonvarmistusyhtiö voi paremmin vastata muuttuvan toimintaympäristön haasteisiin sekä sen tarjoamiin uusiin liiketoimintamahdollisuuksiin, esimerkiksi etäohjattavan lennonjohdon konseptin rakentamiseen”* (Finavia 2016). Finavia on arvioinut, että Suomessa etätorneja otetaan käyttöön 2020-luvulla (Lentoposti 2016).



Kuva 3. Lennonjohtajan työpiste etätornikeskuksessa (Ninox 2017).

1.2 Työn tarkoitus, menetelmät ja tavoitteet

Vaisala Oyj on tilannut tämän insinööriyön. Markkinajohtajana lentosääjärjestelmien toimittajana Vaisala on luonnollisesti kiinnostunut alansa muutoksista ja tulevaisuudesta. Yritys on tiedostanut etätornien yleistymisen ja alkanut tutkia aihetta. Koettiin, että insinööriyö täydentäisi jo alkanutta selvitystä. Työn tarkoituksena on kerätä tietoa uudesta toimintamallista ja teknologiasta. Työssä selvitetään eri etätorniratkaisujen tarjoajia sekä niiden teknisiä ratkaisuja. Olemassa olevien järjestelmien käyttäjiltä kerätään käyttökokemuksia ja ehdotuksia. Lisäksi tarkastellaan etätorneihin ja lentosäähän liittyviä säädöksiä.

Tiedonhankintamenetelminä käytetään tutkimuksia, artikkeleita, kirjoja, Internet-sivustoja, verkkokyselyjä sekä haastatteluja. Erityisesti haastatteluista ja kyselyistä pyritään saamaan tietoa, joka hyödyttää niin Vaisalaa kuin loppukäyttäjääkin.

Tavoitteena on, että hankittu tieto auttaa Vaisalaa varautumaan toiminnan uudistamiseen. Uuden tuotteen tai palvelun kehittäminen ei ole tämän työn varsinaisena tavoitteena.

1.3 Vaisala Oyj

1.3.1 Yrityksen toiminta

Vaisala on erikoistunut ympäristön ja teollisuuden mittaratkaisuihin. Alan johtavana yrityksenä se pyrkii tarjoamaan asiakkailleen luotettavia mittaratkaisuja ja palveluja päätöksenteon, turvallisuuden ja tehokkuuden tueksi (Vaisala 2017).

Vaisalan alku on 1930-luvulla, jolloin sen perustaja professori Vilho Väisälä kehitti radioluotaimen toimintaperiaatteita. Nykyään yritys työllistää yli 1 600 henkilöä ja vie 98 % tuotannostaan yli 150 maahan. Vaisala liiketoiminnalle on ominaista teknologiajohtajuus ympäristömittauksen, -monitoroinnin ja -havainnoinnin alueilla, aktiivinen tutkimus- ja kehitystyö sekä vahva erikoistuminen (Vaisala 2017).

Vaisalassa on kaksi liiketoiminta-aluetta: *Weather and Environment* sekä *Industrial Measurements*. *Weather and Environment* -liiketoiminta-alue palvelee säätiedoista

riippuvaisia kohderyhmiä, kuten meteorologian laitokset, tie- ja rautatieviranomaiset, lentokenttäorganisaatiot ja puolustusvoimat. Yksityisiä asiakkaita ovat muun muassa energiayhtiöt ja merenkulku. Industrial Measurements -liiketoiminta-alue palvelee sellaisia teollisuudenaloja kuin sähkönsiirto, teollinen kuivaus, elektroniikka, rakennusautomaatio, autoteollisuus, maatalous ja elintarviketeollisuus. Vaisalan laitteilla mitataan painetta, hiilidioksidia, kastepistettä, kosteutta, maakaasun ja öljyn kosteutta sekä eri kaasujen määrää öljyssä. Niitä käytetään toiminnan laadun ja tuottavuuden varmistamiseen (Vaisala 2017).

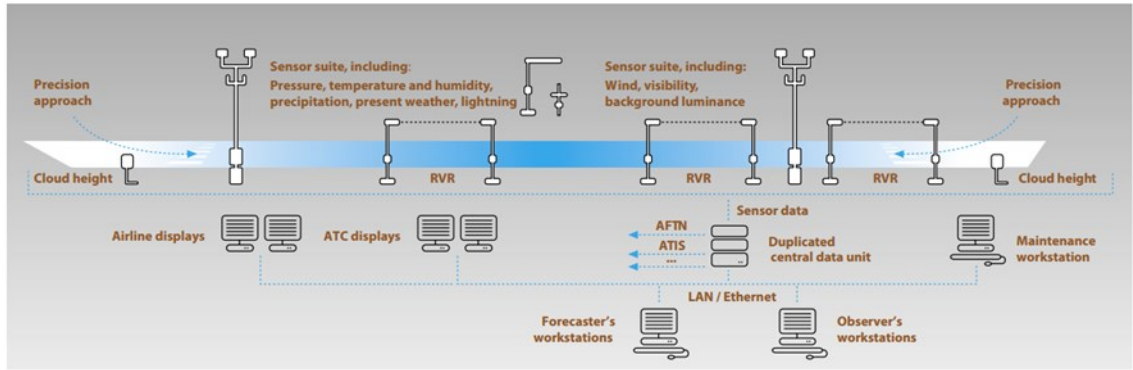
1.3.2 Vaisalan lentosääjärjestelmä

Vaisala AviMet® -automaattinen säähavaintojärjestelmä (*Automated Weather Observing System, AWOS*) liittyy tämän työn aiheeseen, joten se esitellään tässä lyhyesti. AWOS on suunniteltu lennonjohtajien, säähavainnontekijöiden, kunnossapidon ja lentoyhtiöiden tarpeisiin. Se koostuu antureista, keskustietoyksiköstä (*Central Data Unit, CDU*) ja työasematietokoneista. (Kuvat 4 ja 5.)

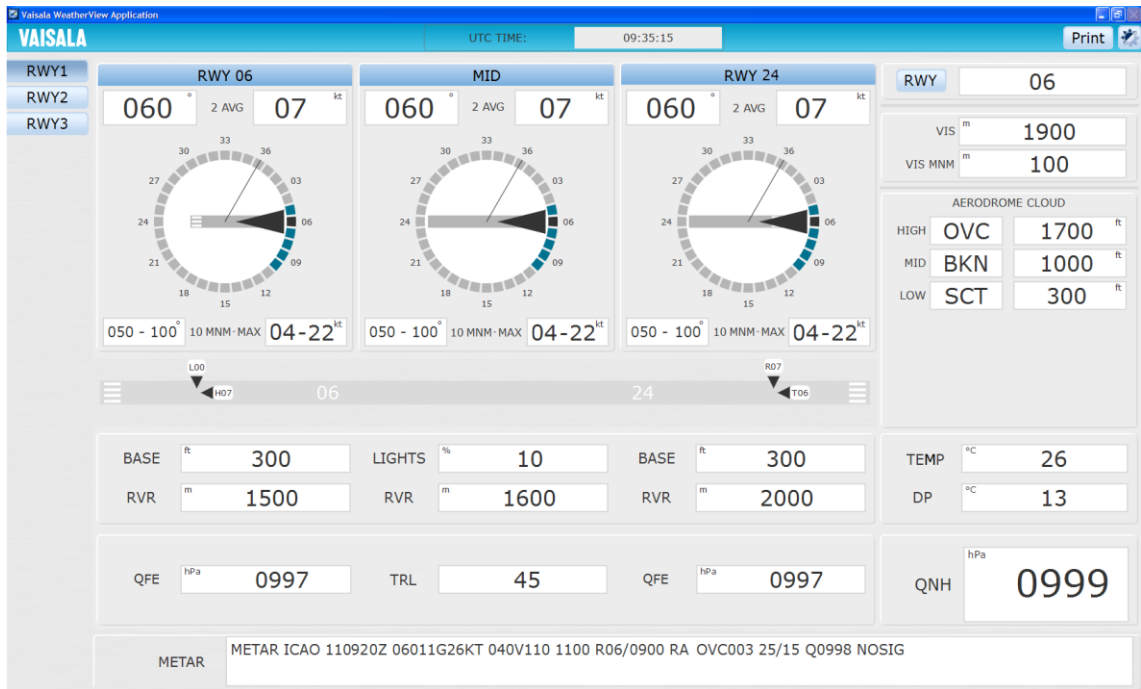
Anturit on sijoitettu kiitotien varteen tietyille paikoille, ja ne ovat yhteydessä CDU:hun. CDU tarkistaa mittausdatan, laskee halutut arvot käyttäen algoritmeja ja jakaa saadun säätiedon työasemille.

AWOS pystyy keräämään tietoa muun muassa seuraavista asioista:

- ilmanpaine, lämpötila ja kosteus
- sateen olomuoto
- vallitseva sää
- salammat
- tuulen suunta ja nopeus
- näkyvyys
- pilvenkorkeus
- valon määrä.



Kuva 4. Havainnekuva Vaisalan AWOS-järjestelmästä (Vaisala).



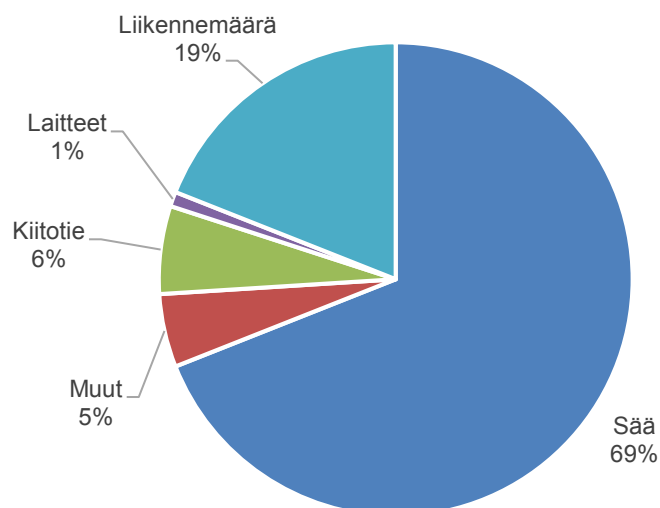
Kuva 5. Vaisala AviMet® -säänäyttö (Vaisala).

2 Ilmailu ja sää

Sään osuus ilmailussa on merkittävä. Se vaikuttaa lentokoneen matkan joka osa-alueeseen; asematasolla ja rullausteilla liikkumiseen, lentoonlähdöstä nousuun ja lentovaiheesta laskeutumiseen saakka.

Erilaisia sääilmiöitä on lukuisia, ja kullakin oma vaikutuksensa ilmailuun. Esimerkiksi tuulen suunta ja voimakkuus vaikuttavat käytettävän kiitotien valintaan. Lentokoneen on paras nousta ja laskeutua vastatuuleen. Voimakas tuuli matalilla korkeuksilla on erityisen vaarallista, sillä se voi johtaa koneen hallinnan menettämiseen eikä korjausliikkeille ehkä jää aikaa. Pilvet ja sumu vaikuttavat näkyvyyteen. Jos näkyvyys kiitotiellä on liian huono, koneen ei ole turvallista laskeutua ja sen täytyy odottaa näkyvyyden paranemista ilmassa tai laskeutua toiselle lentokentälle. Ukkosmyrskyt tai raekuurot aiheuttavat lentoreiteiltä poikkeamisia, kun ne halutaan kiertää. Jäätäminen ja turbulenssi ovat myös merkittäviä sääilmiöitä ilmailulle.

Sään vaikutukset ilmailuun ovat siis taloudellisia ja turvallisuuteen liittyviä. Yhdysvalloissa vuosina 2008–2013 sään osuus viivästysten aiheuttajana oli 69 % (FAA 2015) (kuva 6). Vuosien 2003 ja 2007 välillä sää oli aiheuttajana tai osatekijänä 21,1 % ilmailuonnettomuuksia (ASIAS 2010).



Kuva 6. Lentoliikenteen viivästysten syy vuosina 2008–2013 (FAA 2015).

Jotta sään aiheuttamiin haittoihin osattaisiin ilmailussa varautua, on sen havainnointi ja ennustaminen tärkeää.

2.1 Lentosään havainnointi

Kun käyttää pintasäähavaintoa on huomioitava, että havainto pyrkii kuvaamaan ainoastaan senhetkistä säätilannetta havaintoasemalla. Sää voi ajoittain vaihdella huomattavan paljon sekä ajallisesti että alueellisesti. Vaikka havaintoasemia olisi maatieteellisesti tiheässä, näiden havaintojen perusteella ei tule tehdä päätelmiä koko alueen säätilanteesta. Esimerkiksi hyvää keliä raportoivien sääasemien välillä voi esiintyä pieniä, mutta rajuja ukkoskuuroja tai matalia sumupilviä (Ilmatieteen laitos 2013).

Muutokset säässä eivät ole läheskään aina suoraviivaista vaan esimerkiksi kentän peräkkäisissä säähavainnoissa lupaavasti kohonnut pilven alaraja saattaa seuraavassa säähavainnossa tulla uudelleen alemmas. Kokeneellekin meteorologille on erittäin vaikeaa ennustaa lähiajan kehitystä pelkästään peräkkäisten säähavaintojen perusteella (Ilmatieteen laitos 2013).

Säähavaintoja katsottaessa tulee aina ottaa huomioon, että havainto on aina pieneltä alueelta ja hetkellinen. Se ei kerro välttämättä mitään tulevasta säästä tai siitä, mitä säässä on tapahtunut peräkkäisten havaintohetkien välillä. Lisäksi havaintoaseman lähistöllä voi vallita täysin toisentyppinen sää (Ilmatieteen laitos 2013).

2.1.1 Tärkeimmät havaintosanomamat

Lentoasemilla tehdyt säähavainnot toimitetaan käyttäjille säännöllisesti METAR-sanoman (*METEorological Airport Report*) muodossa. METARit tuotetaan koulutetun henkilöstön toimesta. Ne voidaan tuottaa myös kehittyneillä automaattisilla säähavaintolaitteilla. Merkittävät muutokset säässä METARien välissä julkaistaan SPECI-sanomalla (*Special Weather Reports*). METARiin voidaan liittää sääennuste nimeltään TREND. Sillä kerrotaan odotettavissa olevista merkittävistä muutoksista säässä lentoaseman alueella seuraavan kahden tunnin aikana (Shun ym. 2009).

Kansainvälisen siviili-ilmailujärjestön (*International Civil Aviation Organization, ICAO*) Annex 3 määrittelee lentosäähavaintojen sisällön, sanomamuodon sekä julkaisuajat. Päämääränä ovat yhdenmukaiset lentosäähavainnot kaikkialla maailmassa. Säähavainnoissa kuuluu ilmoittaa vain operatiivisesti merkittävä sää. METAR on tarkoitettu lennonsuunnitteluun yhdessä muiden lentosääpalvelutuotteiden, erilaisten ennusteiden ja mahdollisten varoitusten kanssa. METAR on niin sanottu lopputuote, joka on tuotettu tietyistä pintasäähavainnoista, se ei anna arvoja suoraan anturilta vaan havaintodatalle on tehty erilaisia keskiarvoistuksia ja laskutoimituksia (Ilmatieteen laitos 2017).

METAR- ja SPECI-sanomien tulee sisältää seuraavat asiat:

- sääsanoman tyyppi (METAR, SPECI)
- lentokentän ICAO-tunnus
- havaintopäivä ja -aika
- mahdollinen automaattisen havainnon (AUTO) tai puuttuvan sanoman tunnus (NIL)
- keskituuli (suunta ja nopeus) sekä tarvittaessa puuskatieto ja tuulen suunnan vaihteluväli
- vallitseva näkyvyys sekä mahdollinen huonoin näkyvyys
- kiitotienäkyvyys eli RVR
- vallitseva sää
- pilvien määrä ja alaraja sekä tarvittaessa pilvityyppi (TCU ja CB) tai vertikaalinäkyvyys
- ilman lämpötila- ja kastepiste
- ilmanpaine (QNH) (Ilmatieteen laitos 2017; ICAO 2007).

2.1.2 METAR-sanoman muoto

Ilmatieteen laitos on julkaissut oppaan *Suomen lentosääpalvelut*. Liitteestä 1 löytyy kyseisen oppaan ohjeet METARin tulkitsemiseksi. Seuraavan sivun esimerkit on mainitusta oppaasta.

Esimerkki havainnontekijän tekemästä METAR-sanomasta:

METAR EFHK 070650Z 0000KT 9999 -SHRA FEW035 FEW070CB BKN085 18/12 Q1019 NOSIG=

Tämä Helsinki-Vantaan METAR on tehty kuukauden 7. päivänä klo 6.50 UTC. Havaintoon käytetyn tuulimittarin kohdalla on ollut tyyntä ja vallitseva näkyvyys havainnontekijän arvion mukaan vähintään 10 km. 10-minuuttisen havaintohetken kuluessa kentällä on tullut yksi tai useampi heikko sadekuuro. Alimpien pilvien alaraja on 3500 jalan korkeudella kentän tasoon nähden. Niiden määrä on vähäinen, 1-2/8 (käytännössä yksittäisiä kumpupilviä). Toisessa pilvikerroksessa on muutamia CB-pilviä, joiden alaraja on 7000 jalan korkeudella. Kolmas, laaja-alainen (5-7/8) pilvikerros sijaitsee 8500 jalan korkeudella. Anturin kohdalla lämpötilaksi on mitattu 18 ja kastepisteeksi 12 astetta, QNH 1019 hPa. Muista Suomen kentistä poiketen Helsinki-Vantaalle tehdään laskeutumisenuste, TREND. Sen perusteella meteorologi on ennustanut, että lähimmän kahden tunnin aikana säässä ei tapahdu operatiivisesti merkittäviä muutoksia.

Esimerkki automaattisesti tuotetusta METAR-sanomasta:

METAR EFTP 070650Z AUTO 19005KT 170V240 CAVOK 19/15 Q1019=

Samalla havaintohetkellä Tampere-Pirkkalassa on tuotettu automaattihavaintoihin perustuva METAR, mikä ilmenee AUTO-sanasta. Tuulimittarin kohdalla keskituuleksi on mitattu etelänpuoleista tuulta, joka on voimakkuudeltaan 5 solmua. Koska 10 minuutin keskiarvoistamisaikana tuulen hetkellinen suunta on vaihdellut vähintään 60 asteella, keskituulta kuvaavan ryhmän perässä on vaihteluväli (170-240 astetta). Näkyvyys, mahdollinen vallitsevan sään ryhmä sekä pilvitieto on korvattu sanalla CAVOK. Siten automaattimittaukseen perustuva näkyvyys on ollut vähintään 10 km, vallitsevaa säätä arvioiva anturi ei ole havainnut merkittäviä sääilmiöitä ja pilvimittaukseen käytetty ceilometri ei ole joko havainnut lainkaan pilviä tai vaihtoehtoisesti alin pilvikerros on ollut vähintään 5000 jalan korkeudella, eikä järjestelmä ole havainnut CB-pilviä. Lämpötila oli 19 ja kastepiste 15 astetta, QNH 1019 hPa.

Jos jotakin tietoa ei ole saatavilla, merkitään se sanomaan kauttaviivoina.

2.2 Lentosään ennustaminen

Sääennusteiden luotettavuus ja ennustejakson pituus ovat vuosien mittaan kasvaneet. Tarkimmatkaan numeeriset sääennustemallit eivät kuitenkaan kykene mallintamaan ilmakehän ilmiöitä aivan tarkasti. Ilmakehän kaaottisuudesta johtuen, kyseessä on aina jonkintasoinen arvio. Tästä johtuen säämallin ennusteessa on aina jo lähtötilanteessa virhettä, joka kasvaa ennusteajan kuluessa (Ilmatieteen laitos 2013).

Ennusteita laativalla meteorologilla on käytössään useiden eri säämallien ennusteet, joiden perusteella ennustetuotteet tehdään. Eri mallien tietoa yhdistellään tarpeen mukaan, jotta ennusteisiin saataisiin mahdollisimman hyvä lopputulos (Ilmatieteen laitos 2013).

Lentosääennusteet ulottuvat pisimmilläänkin ainoastaan 24 tuntia eteenpäin. Tämän vuoksi erilaisilla säähavainnoilla on merkittävä osuus niiden tuotannossa. Ennusteita tehdessään lentosäämeteorologi käyttää malliennusteiden lisäksi erilaisia pintasäähavaintoja, sääatutkan havaintoja, sääsatelliittien kuvia ja salamatutkaverkoston tietoa. Myös kameroiden käyttö tulee jatkossa lisääntymään (Ilmatieteen laitos 2013).

TAF (*Terminal Aerodrome Forecast*, lentopaikkaennuste) on ennuste lentotoiminnan kannalta merkittävistä sääilmiöistä lentopaikalla ja sen läheisyydessä. Tavallisesti se kattaa 24 tunnin ajanjakson. TAFin ensisijainen käyttökohde on lennon suunnittelu ja ennusteen voimassaoloaika perustuu lähinnä matkustajaliikenteen tarpeisiin. Siinä ilmoitettavat sääparametrit raja-arvoineen ja muutosryhmineen tulevat ICAOn Annex 3:sta. TAFien teossa pyritään noudattamaan seuraavia periaatteita:

- TAFin tulee olla mahdollisimman lyhyt.
- Vaihtelevassa säätyypissä ennusteessa keskitytään ennustejakson alkupäähän, erityisesti pitkien TAFien tapauksessa.
- TAFissa pyritään ennustamaan todennäköisin sää, 10–20 % todennäköisyydellä esiintyviä ilmiöitä ei huomioida (Ilmatieteen laitos 2013).

Seuraava esimerkki on Suomen lentosääpalvelut -oppaasta:

**TAF EFHK 291130Z 2912/3012 05015KT 9000 -SN FEW012 BKN020 BECMG
2917/2920 05020G32KT BECMG 3000/3002 2000 SN TEMPO 3002/3010 1000 VV008
BECMG 3010/3012 3000 -SN BKN014=**

Helsinki-Vantaan lentopaikkaennuste, julkaisuaika kuukauden 29. päivä 11.30 UTC, voimassaoloaika 2912/3012 (24h). Keskituulen suunta 50 astetta ja nopeus 15 solmua, näkyvyys 9000 metriä, perussäänä heikkoa lumisadetta (joka aiheuttaa hieman heikentyneen näkyvyyden). Pilvet 1-2/8 1200 jalassa ja 5-7/8 2000 jalassa. Illalla tuuli voimistuu 2917/2920 välillä 20 solmuun, puuskien voimistuessa 32 solmuun. Yöllä 3000/3002 alkaa kohtalainen lumisade, jonka seurauksena näkyvyyden oletetaan heikkenevän 2000 metriin, laskien ajoittain 3002/3010 välillä 1000 metriin. Samalla pilvet häviävät ajoittain näkyvistä, jolloin vertikaalinäkyvyydeksi oletetaan muodostuvan 800 jalkaa. Ennusteen lopussa olosuhteiden oletetaan paranevan 3010/3012 välillä siten, että näkyvyys paranee 3000 metriin, lumisade muuttuu jälleen heikoksi ja pilvet asettuvat 1400 jalkaan.

2.3 Automaatio säähavainnoissa

Ilmailusään havainnointi ja raportointi ovat vuosien myötä siirtynyt ihmisiltä automaattisille järjestelmille.

Käytännössä myös manuaalihavainto hyödyntää automaatiota, sillä tuuli, lämpötila, kastepiste, paine ja joillain kentillä myös kiitotienäkyvyys perustuvat automaattihavaintoon. Näin ollen manuaaliseen havaintoon perustuvia parametreja ovat tyypillisesti näkyvyys, vallitseva sää ja pilvet. Useimmiten automaattihavainto kuvaa kuitenkin riittävän hyvin kentällä vallitsevia sääoloja (Ilmatieteen laitos 2013).

Automaattinen säähavainto perustuu nykyään pistemäisiin havaintoihin, ja mittauksissa käytetään yleensä joko keskiarvoja tai pitkäkööä havaintoaikaa. Tästä syystä sään vaihdella kenttäalueella, automaattihavainto ei välttämättä anna edustavaa kuvaa senhetkisestä säästä kentällä. Ongelmia aiheuttavat esimerkiksi nopeasti kehittyvä sumu, kentällä satunnaisesti ajelehtivat sumuhattarat tai mittalaitteen alapuolelle jäävä

pintasumu. Sateen olomuodon määrittäminen on erittäin haasteellista automaattihavainnossa (Ilmatieteen laitos 2013).

Automaattihavaintoa käytettäessä on otettava huomioon myös niin sanottu näennäinen sää. Tuuli, lentoliikenne tai kunnossapitotoimet saattavat esimerkiksi nostaa maasta kevyttä pakkaslunta, aiheuttaen siten merkittäviä havaintovirheitä näkyvyydessä ja vallitsevassa säässä. Laite mittaa ainoastaan sen kohdalla olevia olosuhteita, tietämättä onko sen havaitsema ”lumisade” peräisin taivaalta vai lumilingosta (kuva 7). Näennäistä säää voi tietyissä olosuhteissa aiheuttaa myös ilma-alusten aiheuttamat ilmavirrat tai maasta irtoava pöly (Ilmatieteen laitos 2013).



Kuva 7. Lumilingon nostattamaa näennäistä lumisadetta (Alakoski).

2.4 Kansainväliset säädökset

ICAO ja Maailman ilmatieteen järjestö (*World Meteorological Organization, WMO*) toimivat yhteistyössä kansainvälisen ilmailusään parissa. ICAO tekee säädökset ja WMO määrittelee, miten näihin vaatimuksiin vastataan ja luo standardit palvelun toimittamiselle. ICAO:lla on 18 julkaisua, jotka toimivat ilmailun standardeina. Tärkein sähän liittyvä näistä julkaisuista on *Annex 3: Meteorological Service for International Air Navigation* (Shun ym. 2009).

Muita olennaisia sähän ja säälaitteistoihin liittyviä säädöksiä ovat:

- ICAO DOC 8896 Manual of Aeronautic Meteorological Practice
- ICAO DOC 9837 Manual on Automatic Meteorological Observing Systems of Airfields
- ICAO DOC 9328 Manual of RVR Observing and Reporting Practices
- ICAO DOC 9817 Manual on Low Level Wind-Shear and Turbulence
- WMO vol. no 8 "Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation"
- ICAO Annex 10 Aeronautical Telecommunications
- ICAO Annex 11 Air Traffic Services
- ICAO Annex 14 Aerodromes (Pekkanen 2017).

3 Etätornijärjestelmä

Järjestelmän pääperiaate on, että perinteistä lennonjohtotornia ei enää tarvita, vaan tarvittava näkyvä kentältä saadaan kameroiden välityksellä. Salattu ja varmistettu videosignaali välitetään teräväpiirtonäytöille tai videoprojektoreille etätornikeskukseen lennonjohtajan työpisteeseen. Useampi työpiste muodostaa moduulin. Keskus voi koostua useasta moduulista. Kentän ja keskuksen välimatka voi olla satoja tai jopa tuhansia kilometrejä.

3.1 Toiminta

Kamerat voivat muodostaa 360° kattavan, tornin näkymää vastaavan maiseman tai niitä on voitu sijoittaa ympäri kenttäaluetta. Niitä on kiinteinä ja liikuteltavina. Jälkimmäiset toimivat ikään kuin kiikareina. Ne voivat myös seurata kohdetta automaattisesti, kuten esimerkiksi lähestyvää lentokonetta. Järjestelmä osaa havaita esineitä tai eläimiä kiitotiellä ja varoittaa niistä. Pimeänäkö- ja infrapunakameroilla (kuva 8) voidaan nähdä huonoissakin näkyvyysolosuhteissa.



Kuva 8. Infrapunakameran kuvaa huonossa näkyvydessä (Frequentis).

Kameroiden lisäksi kentälle on sijoitettu mikrofoneja. Niiden välittämä ääni luo vaikutelmaa läsnäolosta kentällä ja auttaa tilannetietoisuuden muodostamisessa. Säädata välitetään etätorniin kuten perinteiseenkin. Etätornissa se voidaan kuitenkin

integroida lentoasemalta välitettyyn videokuvaan (kuva 9), jolloin lennonjohtajan ei tarvitse laskea katsettaan pois ohjaamastaan liikenteestä.



Kuva 9. Tuuli- ja kiitotienäkyvyystiedot videokuvaan integroituna (Saab).

Etätornijärjestelmään kuuluu myös perinteiseenkin torniin pakolliset merkinantovalot, joilla koneita ohjataan radioyhteyden pettäessä.

Etätornille on useampi käyttötarkoitus:

- yhden kentän järjestelmä
- usean kentän järjestelmä
- lennonjohdon varajärjestelmä.

Nimensä mukaisesti, yhden kentän järjestelmässä lennonjohtoa annetaan etänä vain tietyille lentokentälle. Se voi tulla tarpeeseen myös usean kiitotien lentokentällä, johon tarvitaan toinen torni. Usean kentän järjestelmässä yhteen etätornimoduuliin on liitetty monta lentokenttää. Niitä voidaan johtaa joko vuoropohjaisesti tai samanaikaisesti. Etätorni voi toimia varajärjestelmänä, kun varsinaisen tornin käyttö estyy onnettomuuden, luonnonmullistuksen, teknisen häiriön tai turvallisuusuhan vuoksi.

Konseptina etätorni on vielä suhteellisen uusi ja edelleen kehittyvä. Yleisin englanninkielinen nimitys sille on *Remote Tower*. Muita nimityksiä sille on:

- Remotely operated tower
- Virtual tower
- Remote and virtual tower
- Smart tower
- Digital tower.

Nimillä tarkoitetaan periaatteessa samaa asiaa, mutta niissä on eroja. Etätornin ja virtuaalitornin eroavaisuuden voidaan sanoa olevan siinä, millaista näkymää järjestelmä esittää. Etätornissa näkymä muistuttaa hyvin paljon perinteistä tornia. Virtuaalitornin näkymä voi olla osittain tai kokonaan keinotekoisesti tuotettu. Valmistajat käyttävät eri nimityksiä (taulukko 1).

Taulukko 1. Suurimpien etätornivalmistajien nimitykset tuotteilleen.

Valmistaja	Käytetyt nimitykset etätornille
Searidge Technologies	Remote / Digital Tower
Saab Digital Air Traffic Solutions	Remote Tower, r-TWR
Frequentis	Remote Virtual Tower, smartVISION
Ninox	Remote Tower System

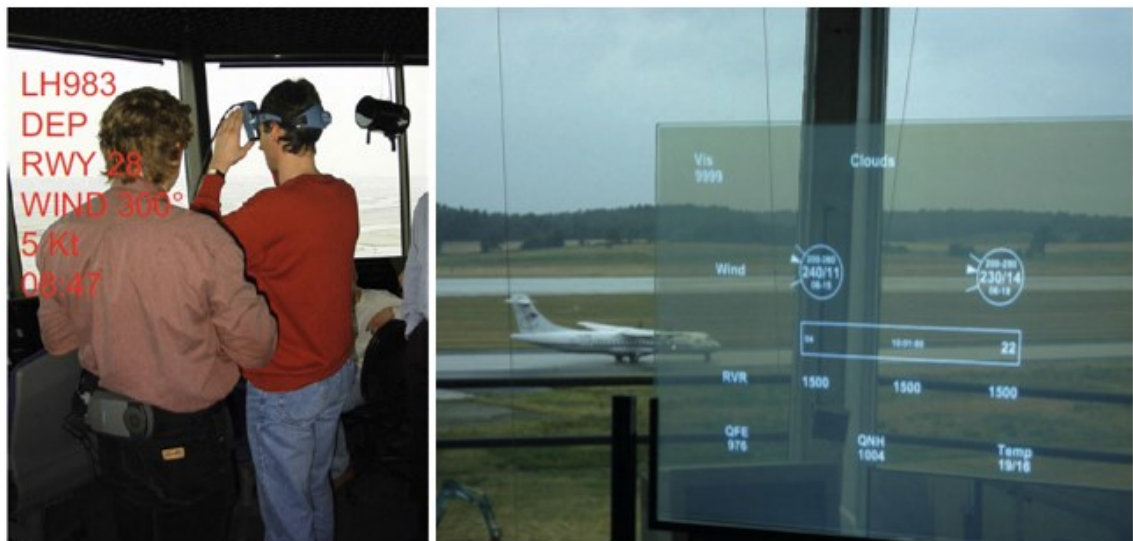
Etä- ja virtuaalitorneille on annettu seuraavat määritelmät (SESAR JU 2011):

Remote Tower is where ATS are remotely provided through the use of direct visual capture and visual reproduction e.g. through the use of cameras.

Virtual Tower is where ATS are remotely provided through the use of computer generated images of the aerodrome, aircraft and vehicles and/or surveillance e.g. through the use of terrain mapping and computer modelling of aerodromes.

3.2 Tutkimus- ja kehitystyö

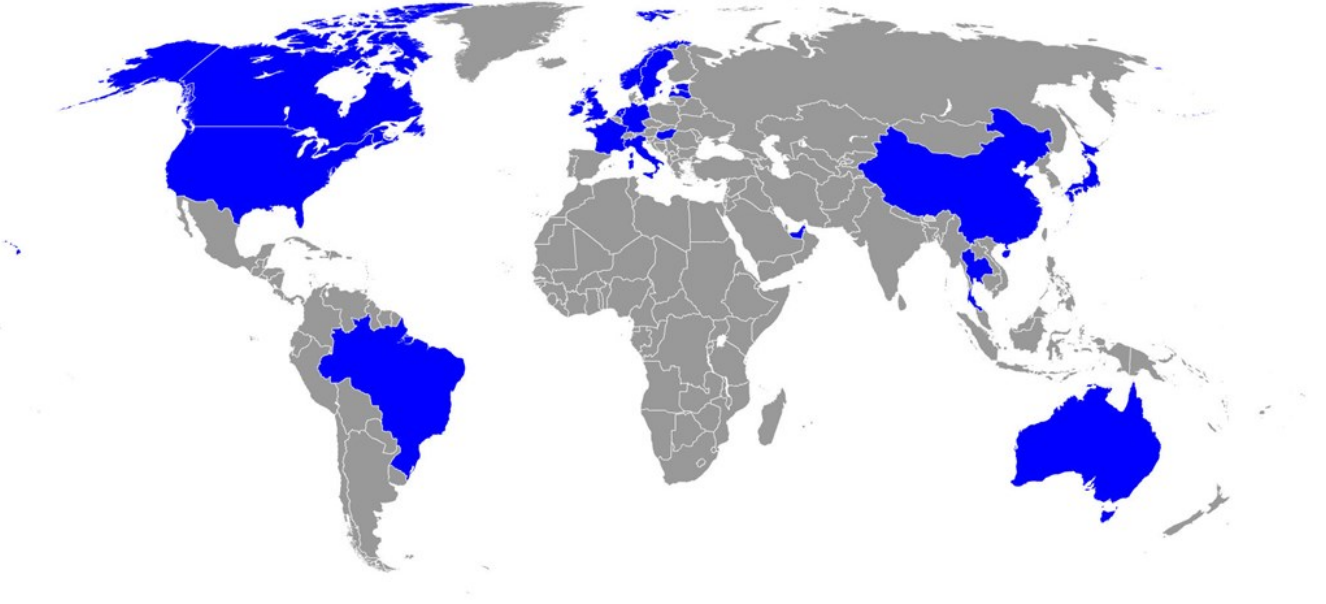
Etätornien kehityksen voidaan katsoa saaneen alkunsa 2000-luvun alussa (kuva 10). Kehitystyötä on tehty esimerkiksi Saksassa, Ruotsissa, Kanadassa ja Yhdysvalloissa. Varhaisessa vaiheessa etälennonjohdon kehittäminen oli virtuaalisen tornin kehittämistä. Siinä keskityttiin virtuaalitodellisuuteen ja erilaisiin kolmiulotteista kuvaa tuottaviin näyttöihin. Myöhemmin kehitystyö otti kuitenkin konservatiivisemmän suunnan, joka johti nykyisiin järjestelmiin (Fürstenau 2016).



Kuva 10. Vasen: verkkokalvolle tietoa heijastavan laserskannerin kokeilua Frankfurtin tornissa vuonna 2003 (Fürstenau 2016). Oikea: säätietojen heijastaminen HUD:lle (Schmidt ym. 2006).

3.3 Nykytila

Kiinnostus etätorniin on maailmanlaajuista, kuten kuvasta 11 voi nähdä.



Kuva 11. Maat joissa etätornijärjestelmiä on käytössä tai suunnitteilla.

Eurooppa

Kuten jo luvussa 1 mainittiin, järjestelmä on käytössä Ruotsissa. Sundsvallin etätornikeskuksesta johdetaan Örnköldsvikin lentoaseman liikennettä. Päivisin myös Sundsvallin lennonjohto annetaan sieltä käsin. Aikomuksena on ruveta johtamaan myös Linköpingin liikennettä kyseisestä keskuksesta. Ruotsin lennonvarmistuspalveluja tarjoava LFV (*Luffartsverket*) ja Saab toimittivat mainitun järjestelmän. Yhdessä LFV ja Saab ovat perustaneet uuden yhtiön joka markkinoi, myy, kehittää sekä toteuttaa etätorniratkaisuja. Yhtiön nimi on Saab Digital Air Traffic Solutions. Meneillään on myös LFV:n ja Ruotsin lentokenttiä hallinnoivan Swedavian selvitys etätornikeskuksen perustamisesta Tukholman Arlandaan, josta johdettaisiin viittä lentoasemaa. Johdettavat kentät olisivat Malmö, Visby, Östersund, Kiiruna ja Uumaja (LFV 2016). Rakenteilla olevalle Scandinavian Mountains -lentoasemalle Ruotsissa tullaan pystyttämään etätorni (Saab 2016).

Norjan lennonvarmistuspalvelutarjoaja (*Air Navigation Service Provider, ANSP*) Avinor on ilmoittanut suunnittelevansa etätornin käyttöönottoa 15 lentoasemalla. Etätornikeskus perustettaisiin Bodöhön. Myöhemmin etätorneja otettaisiin käyttöön yli 36 lentoasemalla. Järjestelmät toimittaa Ninox, joka on Avinorin, Indra Navian ja Kongsberg Defence Systemsin yhtiötoveruus (Ninox 2017).

Isossa-Britanniassa Heathrown lentoasemalla etätorni on hyväksytty käyttöön varatilanteita varten. London Cityn lentoasemalla otetaan käyttöön etätornijärjestelmä vuonna 2019. Uusi etätorni korvaa 30 vuotta käytössä olleen ja käyttöikänsä loppua lähestyvän vanhan tornin. Jersey lentoasemalle etätornia suunnitellaan varajärjestelmäksi (NATS 2009, 2017; Fiddian 2017).

Skotlannissa 11 lentoasemaa omistava ja operoiva HIAL (*Highlands and Islands Airports Limited*) tutkii etätornien käyttöönottoa kaikilla kentillään (BBC 2017).

Irlannissa on tehty kokeiluja kahden kentän johtamisesta yhden lennonjohtajan toimesta. Corkin ja Shannonin lentoasemia johdettiin Dublinin etätornikeskuksesta. Järjestelmän toimitti Saab (IAA 2017).

Saksan lennonvarmistuspalveluja tarjoava DFS (*Deutsche Flugsicherung*) on tehnyt sopimuksen itävaltalaisen Frequentiksen kanssa RVT-järjestelmästä. Etätornikeskus perustetaan Leipzigiin ja sieltä tullaan johtamaan Saarbrückenin, Erfurtin ja Dresdenin kenttiä (DFS 2015).

Unkarin ANSP HugaroControl kehittää etätornijärjestelmää Budapestin kentälle. He toimivat yhteistyössä Indra Navian ja Searidge Technologiesin kanssa. Järjestelmää on tarkoitus alkaa käyttää vuoteen 2018 mennessä. Se tulisi olemaan ensimmäinen kokoluokkansa etäjohdettu lentoasema 100 000 vuosittaisella operaatiolla (NATCA 2017).

Italialainen lennonvarmistuspalvelua tarjoava ENAV ja Searidge Technologies suorittivat etätornikokeilun Milanon ja Linateen kentillä (Searidge 2017).

Alankomaissa etätornijärjestelmiä on kokeiltu Groningenin lentoasemalla. Sen liikenne johdettiin Schiphol-Oostin etätornikeskuksesta (NLR 2017). Käyttöönottoa ei suunnitella lähivuosille, mutta tutkimus- ja kehitystyötä jatketaan.

Ranskalainen DSNA (*Direction des Services de la Navigation Aérienne*) valitsi Searidgen etätorniratkaisun Kanadan rannikon läheisyydessä oleville Saint-Pierren ja Miquelonin lentokentille. Miquelonin lennontiedotus annettaisiin Saint-Pierren lennonjohtajien toimesta. Myöhemmin lennontiedotus vaihdettaisiin lennonjohtopalveluksi. Järjestelmä otettaneen käyttöön vuoden 2017 aikana (Searidge 2017).

Virolainen EANS:n (*Estonian ANS*) ja latvialainen LGS (*Latvijas gaisa satiksme*) ovat sopineet yhteistyöstä etätorninteknologian käyttöönottamiseksi. Virolainen ICT-yhtiö Cybernetica tulee kehittämään järjestelmän. Prototyyppi rakennetaan Tarton lentoasemalle (Cybernetica 2016; LGS 2017). Sen odotetaan valmistuvan vuoden 2017 aikana.

Pohjois- ja Etelä-Amerikka

Yhdysvalloissa on meneillään etätornikokeilu Leesburgin lentokentällä Virginiassa. Kentällä on 115 00 operaatiota vuodessa, mutta siellä ei ole tähän asti ollut lennonjohtoa. Kokeilu on Virginian osavaltion ja Saabin rahoittama. Yhdysvaltain ilmailuviranomainen FAA (*Federal Aviation Administration*) suunnittelee kokeilua Fort Collinsin kentälle Coloradoon (NATCA 2017).

Kanadalaiset Searidge ja Nav Canada ovat kehittäneet etätorniaan useita vuosia. Searidgella on testiasema Ottawassa ja London Internationalin lentoasemalla on heidän toimittama videojärjestelmä maaliikenteen seuraamiseksi (Searidge 2017).

Brasiliassa Matäon lentokentällä on tehty etätornikokeiluja. Brasiliaan on myös suunnitteilla lennontiedotusta etäpalveluna (JCAB 2015; Pedicini 2016).

Lähi-itä

Dubain kansainvälisellä lentoasemalla on käytössä kamerajärjestelmä maaliikenteen johtamiseksi ja sinne suunnitellaan etätornia varajärjestelmäksi (Searidge 2014; HungaroControl 2015).

Australia ja Aasia

Alice Springsin lentokentällä Australiassa on meneillään etätornikokeilu. Liikennettä johdetaan Adeleidesta, noin 1500 km:n päästä (Australian Aviation 2011). Tietoliikenneyhteyksien ylläpito ja varmistaminen ovat kuitenkin osoittautuneet niin kalliiksi, ettei käyttönotolle ole tehty suunnitelmia.

Singaporen ilmailuviranomainen CAAS suunnittelee etätornijärjestelmän käyttöönottoa Changin lentoasemalle. Suunnittelua tehdään yhdessä Mitre Asia Pacific Singaporen kanssa (Kaur 2017).

Kiinalainen lennonjohtojärjestelmiin erikoistunut yritys Nanjing LES Information Technology on ilmoittanut kehittävänsä omaa etätornijärjestelmäänsä (Air Traffic Management 2017).

Japanissa on tarjottu lennontiedotusta etänä pienille lentokentille 1970-luvulta lähtien (JCAB 2015).

Thaimaassa on meneillään lennonvarmistuksen uudistamisprojekti. Etätornit nähdään oleellisena osana tätä uudistamista (AEROTHAI 2017).

3.4 Tulevaisuus

Etätornista puhutaan vallankumouksena lennonvarmistuksen alalla. Erilaiset kamerateknologiat sekä jäljitys- ja tunnistustoiminnot auttavat parantamaan tilannetietoisuutta. Nyt käytössä oleva uusi teknologia ei ole kuitenkaan vaikuttanut merkittävästi siihen, miten lennonjohtopalvelua annetaan. Lentäjiin ollaan pääasiassa yhteydessä radion välityksellä ja koneiden liikkeitä seurataan katseella. Teknologia kehittyy kuitenkin jatkuvasti, ja sitä myöden myös etätornin konsepti.

Perinteisetkin tornit voivat hyötyä etätorneihin kehitetystä kamerajärjestelmästä. Kun näkyvyys tornista on rajoittunut sumun tai pimeyden vuoksi, voidaan toimintaa jatkaa turvallisesti torniin sijoitettujen näyttöjen avustuksella.

Seuraava suuri muutos tapahtuu silloin, kun yksi lennonjohtaja alkaa johtaa etänä useaa kenttää (kuva 12). Teknologian puolesta se olisi jo mahdollista, mutta sellaiselle toiminnalle ei ole vielä viranomaisen hyväksyntää missään. Lennonjohtajien ja lentäjien yhdistykset ympäri maailmaa suhtautuvat usean kentän etäjohtamiseen hyvin kriittisesti. Alalla vallitseva käsitys on, että kyseinen toiminta on vielä usean vuoden päässä.

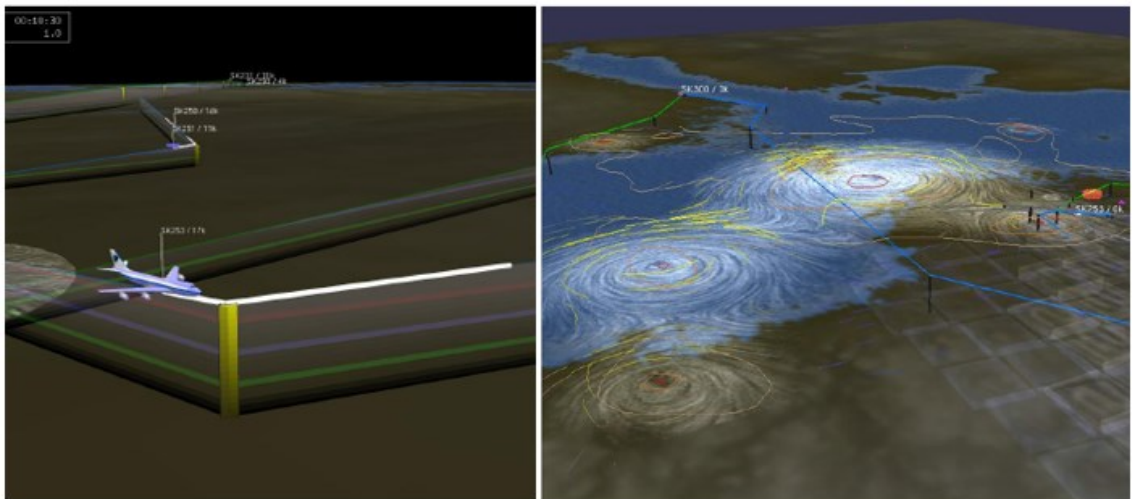


Kuva 12. Useampi lentokenttä yhdessä työpisteessä (Papenfuss ym. 2016).

Seuraava askel etätornin kehityksessä lienee se sama, mistä kaikki sai alkunsa eli lisätyn tai virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen lennonjohtamisessa. Aiheesta on tehty lukuisia tutkimuksia 2000-luvulla. Niihin ei tässä työssä paneuduta sen enempää, mutta kuvat 13 ja 14 havainnollistavat asiaa.



Kuva 13. Vasen: virtuaalisen tornin prototyyppi Oculus Rift -virtuaaliteollisuuslaseilla (Cordeil ym. 2016). Oikea: Microsoft HoloLens -älylasien kuvaa (HoloFlight 2016).



Kuva 14. Vasen: lähikuva lentokoneen kolmiulotteisesta mallista ja lentoreitistä sekä värillisistä korkeustasoista. Oikea: säädätän liitettyä virtuaalinäkymään (Bourgeois ym. 2005).

3.5 Edut ja haitat

Tämä kappale perustuu eurooppalaisia lentäjiä edustavan ECA:n (2014) julkaisuun etätorneihin suhtautumisesta.

Etuja:

- Kyky tarjota korkeampaa palvelutasoa lentokentillä, joilla lennonjohdon ylläpitäminen on aiemmin ollut epäkäytännöllistä tai kustannustehotonta.
- Lennonjohtopalvelun tason riippumattomuus taloudellisista tai henkilöstösyistä.
- Väliaikaisen tornin pystyttäminen lyhyttä tai keskipitkää käyttöä varten.
- Nykyaikainen laitteisto voi auttaa lennonjohtajia arvioimaan tilanteita paremmin ja tarjoamaan tarkempaa tietoa (esimerkiksi näytöllä liikkuva merkki, vaikka itse lentokonetta ei vielä näkyisikään).
- Mahdollisuus jäljittää lentokonetta maassa tai kentän läheisyydessä.
- Mahdollisuus jäljittää ajoneuvoja, esineitä tai tunkeilijoita sekä havaita automaattisesti kiitotiellä luvatta liikkujat.
- Parantunut havainnointi infrapunatekniikan avulla huonossa näkyvydessä.
- Lisähenkilöstön saatavuus tavallisessa toiminnassa tai hätätilanteissa.
- Toiminnan jatkuminen hätätilanteissa varajärjestelmän kautta.
- Lennonjohtajan parantunut vireystila johdettaessa useampaa hiljaista lentokenttää.
- Lennonjohtoyksiköiden keskittäminen samaan kiinteistöön voi johtaa parempaan koordinaatioon niiden välillä.
- Säästöjä henkilöstökuluissa tehokkaamman työvuorosunnittelun kautta.
- Infrastruktuurin tehokkaampi käyttö (tornirakennuksia ei enää tarvita, yksi keskus)
- Integraatio muihin ilmailukenteenhallinnan järjestelmiin.
- Standardisoitu lennonjohtajan työpiste.

Huolenaiheita:

- Määritelmien ja säädösten puuttuminen. Porrastusmenetelmien uudelleen arvioiminen.
- Määritelmät palvelun eri tasoille.
- Kattavat turvallisuustarkastelut tulee tehdä.
- Fraseologiaa tulee päivittää tai valvoa. Kentän nimi tulisi esimerkiksi mainita laskuluvan yhteydessä.
- Rajoittuneen näkymän vaikutukset sään havainnoinnissa.
- Tutkan tai muun elektronisen työkalun käyttäminen ei saa haitata liikenteen visuaalista seuraamista.
- Muutokset ilmatilassa saattavat vaikuttaa yleisilmailijoihin.
- Hätä- ja vikatilanteet etätornikeskuksessa saattavat vaikuttaa useaan kenttään samanaikaisesti.
- Kolmiulotteisen näkymän puuttuminen vaikeuttaa laskukierroksessa olevan liikenteen johtamista näköhavainnoin.
- Samanaikaisesti johdettavien ilma-alusten lukumäärän määrittäminen yhdellä tai usealla kentällä.
- Usean kentän järjestelmän negatiiviset vaikutukset lennonjohtajan suorituskykyyn ja tilannetietoisuuteen.

3.6 Sääilmiöiden havainnointi ja esittäminen etätornissa

Ruotsissa julkaistaan METAR-sanomia 45 lentokentälle. Niistä 12 on täysin automaattisesti tuotettuja (Suomessa vastaavat luvut ovat 24 ja 13). Voisi olettaa, että Örnsköldsvik olisi yksi niistä kentistä, joilla sääsanomat tuotetaan täysin automaattisesti, mutta näin ei ole. Järjestelmä tuottaa automaattisen sääsanoman, mutta sitä muutetaan tai täydennetään säähavaintajan toimesta. Havainnot tehdään videokuvan välityksellä etätornikeskuksesta käsin. Jos tarvitaan fyysistä läsnäoloa kentällä, havainnontekijä ottaa yhteyden kentän kunnossapitoon, jonka henkilöstö on koulutettu avustamaan lennonjohtoa sääasioissa (Sandberg 2017).

Kesäkuussa 2017 tehtiin vierailu Sundsvallin etätornikeskukseen. Siellä päästiin tutustumaan keskukseen ja näkemään, miten sään havainnointi onnistuu videon välityksellä.

Vierailun aikaan Örnsköldsvikin lentoasemalla satoi vettä. Se oli helposti havaittavissa videokuvan välityksellä. Sateen voimakkuutta pystyi myös arvioimaan varsin hyvin, mutta siihen sikäläiset lennonjohtajat olivat keksineet lisäksi pari apukeinoa. Zoomaamalla vesilätäkköön saattoi nähdä, kuinka paljon ja voimakkaasti pisarat osuivat lätäkön pintaan. Nostamalla PTZ-kameran kuvaamaan taivasta, näki kuinka pisarat jäivät kameran linssiin. Tällä keinolla pystyy myös tarkistamaan sateen olomuotoa.

Etätornien yleistyessä tullaan näkemään, yleistykö myös automaattiset säähavainnot. Jää myös nähtäväksi, muuttuko lentosääsanomat jollakin lailla. Koetaanko, että niitä tarvitsisi tuottaa useammin etäjohdetuilta kentiltä. Tai tarvitseeko niitä selkeyttää jotenkin, jotta toiminta usean kentän järjestelmässä olisi mahdollisimman vaivatonta.

SESAR JU:n julkaisussa (2011) on lennonjohtajien arvioita ja kommentteja sään havainnoinnista videokuvan välityksellä. Vain viisi kahdestatoista järjestelmää kokeilleesta lennonjohtajasta oli sitä mieltä, että sääolosuhteiden arvioiminen onnistui pelkän videon välityksellä. Loput olivat epävarmoja tai sitä mieltä, ettei arvioiminen onnistunut. Kielteiset vastaukset saattoivat johtua näyttöjen kirkkaudesta ja kontrastista. Vaihtelevat sääolosuhteet saattoivat myös vaikuttaa vastausten eroavaisuuksiin. Erityisesti arviot tuulesta ja sateesta koettiin hankaliksi etätornista käsin.

Samassa julkaisussa sanotaan, että äänen kuuleminen paransi tilannetietoisuutta. Olennaisimpia tilanteita, joissa äänestä on apua, on lentokoneen moottorin äänen kuuleminen huonossa näkyvyydessä. Tuulenpuuskien tai ukkosen kuuleminen paransi säähän liittyvää tilannetietoisuutta.

Ainakin kahdessa tutkimuksessa virtuaalitodellisuuden käytöstä lennonjohtamisessa tuodaan esille äänensuunnan hyödyntäminen. Muokkaamalla äänen amplitudia, taajuutta ja viivettä voidaan luoda vaikutelma kolmiulotteisesta äänimaailmasta. Lentäjän ottaessa radiolla yhteyden torniin, kuulisi lennonjohtaja äänen oikeasta suunnasta ja osaisi nopeammin etsiä koneen katseellaan. Samaa menetelmää käytetään esimerkiksi videopeleissä. (Cordeil ym. 2016; Bourgois ym. 2005).

3.7 Säädökset

Etätornitekniikan kehittäminen ja käyttöönotto on edistynyt nopeammin kuin siihen liittyvät säädökset ja tukimateriaalit. Niiden julkaisua odottaessa, on tukeuduttu olemassa oleviin säädöksiin kuten ICAO Doc 4444. ICAO on ilmoittanut aloittaneensa työt maailmanlaajuisen säädöksen aikaansaamiseksi (EGHD 2016). Työpaperin nimi on B1-RATS (*Remote Air Traffic services*) (ICAO 2016).

EUROCAE:n (*European Organisation for Civil Aviation Equipment*) työryhmä 100 on vastuussa eurooppalaisten standardien kehittämisestä etätorneille. Sen ensimmäinen aiheeseen liittyvä standardi oli *Minimum Acceptable System Performance Standards (MASPS) for the visual element of a remote tower (ED-240)*. Se käsittelee pääasiassa etätornien optisia sensoreita. Seuraavaksi työryhmä kehittää standardit etätornin jäljitystyökaluille. Tällä hetkellä EUROCAE ei ole kehittämässä standardia usean kentän toimintaa varten (EGHD 2016).

EASA on julkaissut ohjemateriaalin yhden kentän järjestelmän käyttöönottoa varten: *Guidance Material on the implementation of the remote tower concept for single mode of operation*. Meneillään on myös etätornien teknisten vaatimusten laatiminen: *Technical requirements for remote tower operations (RMT.0624)*.

SESAR on julkaissut muun muassa seuraavat asiakirjat aiheeseen liittyen: *an Operational Services and Environment Description (OSSED), a Safety Assessment and Human Performance Report for single mode ja a Safety Assessment and Validation Report on multiple mode* (EGHD 2016).

4 Etätornien toimittajat

4.1 Saab Digital Air Traffic Solutions

Örnsköldsvikin ja Sundsvallin lentoasemille asennetut järjestelmät pitävät sisällään seuraavaa: kameramasto (kuva 15) jossa on 14 kiinteästi asennettua HD-kameraa, PTZ-kamera, mikrofonit ja merkinantovalot. Kiinteät kamerat on sijoitettu suojakotelon sisään. Niiden linssit pidetään puhtaana paineilmalla ja niiden eteen voidaan laskea suotimet estämään valon häikäisyä. PTZ-kameran liikerata on vaakatasossa 360° ja pystytasossa noin 180°. Siinä on 40-kertainen digitaalitarkennus.



Kuva 15. Saabin kamerayksikkö maston huipulla Sundsvallin lentoasemalla (Alakoski).

Etätornimoduulissa on 14 kappaletta 55 tuuman HD-kuvaruutua (kuva 16), joihin kentän videokuva välitetään. Ne on sijoitettu puoliksi ympyrään, ja niihin on tiivistetty 360° näkymä. Pystysuunnassa näkymä oli noin 45°. Järjestelmässä on automaattinen kirkkaudensäätö

ja kuva kuvassa -toiminto. Lennonjohtajat kokivat, että automaattisen kirkkaudensäädön ansiosta näkyvyys etätornista hämärän aikaan on perinteistä tornia parempi.



Kuva 16. Örnköldsvikin etätornimoduuli (Alakoski).

Työpisteessä (kuva 17) on myös sähköinen lennonjohtoliuskajärjestelmä, kenttäalueen valojen ja kameroiden hallintänäyttö, puheyhteydet, hälytysjärjestelmä sekä näyttö tutka-, lentosuunnitelma- ja sää tietoja varten. Sundsvallin etätornikeskuksessa lähestymislennonjohto voidaan antaa joko tornilennonjohtajan työpisteestä tai erillisestä tutkatyöpisteestä.

Seuraavat laitteet tai toiminnot eivät ole tällä hetkellä käytössä Ruotsissa, mutta Saab tarjoaa niitä osaksi etätornijärjestelmää: infrapunakamera, laseretäisyysmittari, kohteen automaattinen tunnistus- ja seurantatoiminto sekä RI- ja FOD-varoitukset (Fält 2013).



Kuva 17. Näytöt lennonjohdon työpisteessä (Alakoski).

Saab on kehittänyt myös siirrettävän kameramaston etätornityöskentelyä varten (kuva 18).



Kuva 18. Saabin siirrettävä kameramasto (Saab).

4.2 Searidge Technologies

Tämän luvun tiedot on haettu searidgetech.com -sivustolta.

Searidge tarjoaa kustomoituja etätorniratkaisuja. Sen kehittämän videojärjestelmän nimi on *Enhanced Airport Vision Display* (EAVD). Siinä voidaan käyttää Searidgen toimittamia tai kentältä valmiiksi löytyviä kameroita. Ne on voitu sijoittaa keskitetysti tai hajautetusti. Searidgen *true stitch* -algoritmi yhdistää kameroiden kuvaaman videon saumattomaksi panoraamanäkymäksi (kuva 19). Näkymään voidaan sen jälkeen liittää tietoa esimerkiksi lentokoneiden tunnistuksista, säästä ja porttien statuksesta.



Kuva 19. EAVD:n yhdistämää panoraamakuvaa (Searidge).

Lentokentältä saatavan tiedon prosessoimiseksi Searidge on kehittänyt tekoälyyn pohjautuvan järjestelmän nimeltään Aimee. Siinä on neljä toimintoaluetta:

- tietokonenäön prosessointi (havainnointi, seuranta, luokittelu)
- kielen prosessointi (lennonjohtajan ja lentäjän välinen kommunikointi)
- lentotietojen prosessointi ja analyysi
- sää tietojen prosessointi.

Esimerkkitapauksena käydään läpi Budapestin etätornia (kuva 20). Siellä kamerat on sijoitettu hajautetusti ympäri kenttäaluetta. Niitä on kiinteästi asennettuja ja kauko-ohjattavia. Ne on varustettu lämpöensensoreilla näkyvyyden varmistamiseksi huonossa säässä. Niiden kuvan avulla valvotaan kahta kiitotietä ja asematasoa. Kuva esitetään suurella videoseinällä (10 x 3 m) joka koostuu 32 näytöstä.

Järjestelmä koostuu myös Indra Navian tutkapohjaisesta maaliikenteen monitorointi- ja ohjausjärjestelmästä (A-SMGCS, *Advanced Surface Movement Guidance and Control System*). Näiden kahden järjestelmän integraatio mahdollistaa sen, että lennonjohtaja voi valita A-SMGCS:n näytöltä ajoneuvon tai lentokoneen kuvakkeen, ja tämän jälkeen kamera hakee kohteen automaattisesti näytölle. Kamerat osaavat myös seurata kohdetta automaattisesti.



Kuva 20. Kuvia Budapestin etätornikeskuksesta (Searidge).

4.3 Ninox

Kesäkuun 9. päivänä 2017, Kaivopuiston lentonäytöksen yhteydessä, Kongsberg oli esittelemässä etätornijärjestelmäänsä. Tässä luvussa esitetyt tiedot on saatu yhtiön edustajilta tapahtumassa ja siellä jaetuista esitteistä.

Ninoxin kamerajärjestelmä koostuu kahdesta osasta: pyörivästä yksiköstä (*Ninox 360° Camera System*) (kuva 21) ja liikuteltavasta kamerayksiköstä (*Ninox Pan Tilt Platform*) (kuva 22).

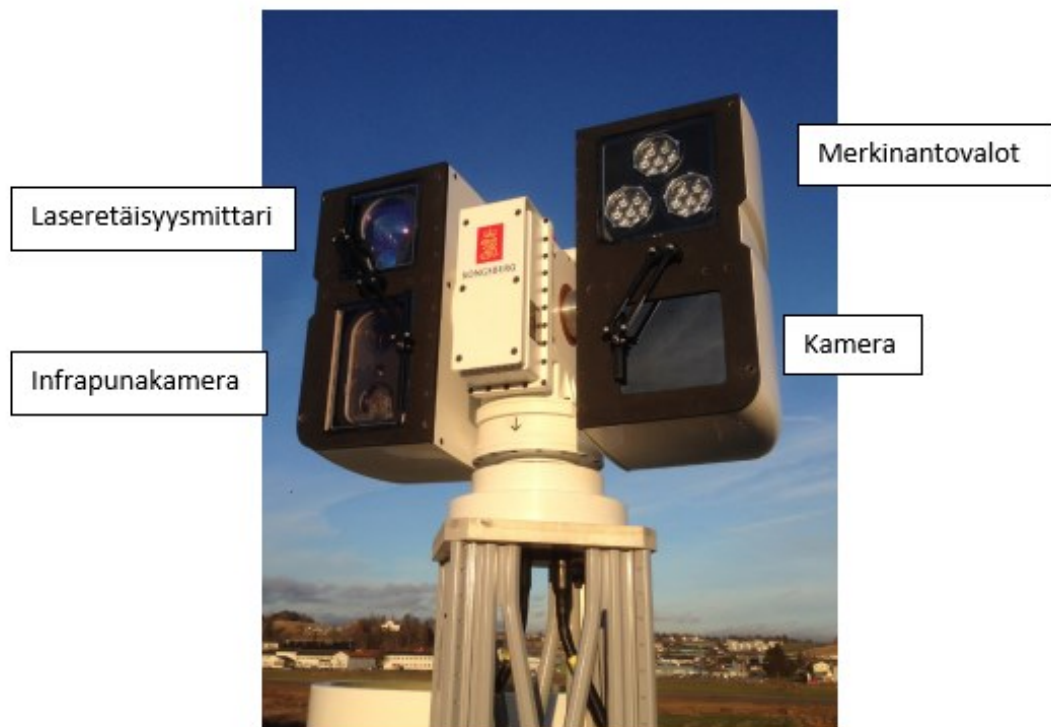
Pyörivässä yksikössä on kaksi viivakameraa: VIS 360 ja IR 360. Ensimmäinen on näkyvälle valolle ja jälkimmäinen infapunavalolle. Molemmat kamerat käyttävät TDI-tekniikkaa (*Time Delayed Integration*) parantaakseen herkkyyttä valolle. VIS 360 -kameran erottelukyky on 0,28 mrad. Tämä tarkoittaa sitä, että se erottaa 28 cm:n kokoisen kappaleen yhden kilometrin päässä. Muodostuneen kuvan resoluutio on 21600 x 4096 pikseliä.



Kuva 21. Ninox 360° Camera System

Yksikkö pyörii 5 Hz:n taajuudella (300 rpm) ja näin ollen se tuottaa viisi täyden ympyrän kuvaa sekunnissa. Pystysuunnassa kuva kattaa 60°. Infrapunakamera kattaa 360° x 18°. 5 Hz:n kuvanpäivitysnopeudella liike näytti nykivältä Kongsbergin esittelypisteessä. Yhtiön edustajan mukaan se on hyvä asia, sillä silloin liikkuvat kohteet erottuvat selkeämmin näytöillä. Alhainen kuvanpäivitysnopeus myös mahdollistaa pienemmän kaistansiirtonopeuden alentamatta resoluutiota. Tarvittaisiin 39 kiinteää kameraa, jotta saavutettaisiin vastaava resoluutio. Nopean pyörimisliikkeen (60 km/h pintanopeus) ansiosta vesi, lumi, pöly tai muu lika ei yleensä tartu kameraikkunoihin.

PTP-yksikkö koostuu kamerasta, infrapunakamerasta, laseretäisyysmittarista ja merkinantovaloista. Yksikkö pyörii rajoituksetta vaaka-akselilla, yli 90° sekuntinopeudella. Pystyakselilla sen liikekulma on -20°...+80° ja nopeus 45° sekunnissa. Kameran näkymä kattaa 95° vaakasuunnassa ja 71° pystysuunnassa.



Kuva 22. Ninox PTP

Laseretäisyysmittari ja merkinantovalot on kohdistettu kameroiden kuvan keskelle.

Esittääkseen näkymää kentältä Ninox yleensä käyttää kymmentä 65 tuuman UHD-näyttöä. Lennonjohtajan työpisteeseen Ninox tarjoaa kahta ratkaisua (kuva 23):

- Kaikki työpisteen järjestelmät (puheyhteyksiä lukuun ottamatta) integroituna yhdelle 40 tuuman UHD-kosketusnäytölle.
- Jokaiselle järjestelmälle oma näyttölaite.



Kuva 23. Yhden tai useamman näytön työpisteet (Ninox).

Kumpaankin ratkaisuun kuuluu sähköinen lennonjohtoliuskajärjestelmä, ilma- ja maaliikenteen seurantanäyttö, puheyhteydet, hälytysjärjestelmä, kenttäalueen valojen ja kameroiden hallinta sekä infonäyttö lentosuunnitelma- ja sää tietoja varten.

4.4 Frequentis

Frequentiksen kuvajärjestelmä etätorniin on nimeltään smartVision. Sen on kehittänyt Frequentis ja Rheinmetall Defence. Se perustuu First (*Fast InfraRed Search and Track*) ja MSP (*Multi Sensor Platform*) -yksiköihin. (Kuva 24.)

First on pyörivä infrapunasensori joka tuottaa viiveetöntä 360° x 18° videokuvaa. Se voi havaita 256 samanaikaista kohdetta. Kohteet voivat olla lentokoneita, ajoneuvoja, ihmisiä, eläimiä tai lintuja. Kun First on automaattisesti havainnut ja alkanut seurata kohdetta, voi lennonjohtaja sitten MSP:n avulla varmistaa asian ja tunnistaa kohteen.



Kuva 24. First ja MSP (Frequentis).

MSP tarjoaa 360° näkymän vaakatasossa ja -40°...+85° pystytasossa. Siihen kuuluu infrapunasensori, kamera ja laseretäisyysmittari. Se voi mitata lentokoneen etäisyyttä, nopeutta, lentosuuntaa, korkeutta sekä suuntaa ja kulmaa suhteessa sensoriin. (Kuvat 25–27.)



1 AUGMENTED PANORAMA VIEW

- Full Day / Night View (IR Camera)
- Detect & Track Objects
- Call Sign, Position & Distance display
- Embedded weather information

3 3D SURVEILLANCE DISPLAY

- Free selection of viewing angle
- Visualize view of PTZ camera
- Object selection for Binocular tracking
- Based on position information of various sources

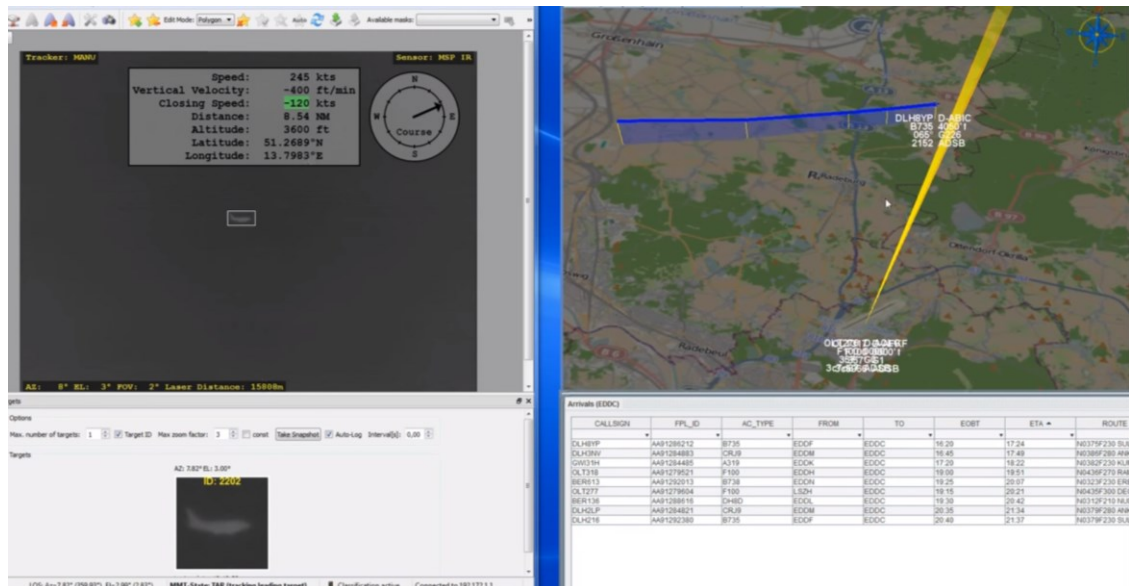
2 ENHANCED BINOCULAR

- Long range Pan Tilt Zoom (PTZ) IR camera
- Follow objects automatically
- Laser based distance measuring
- Integrated with panorama view

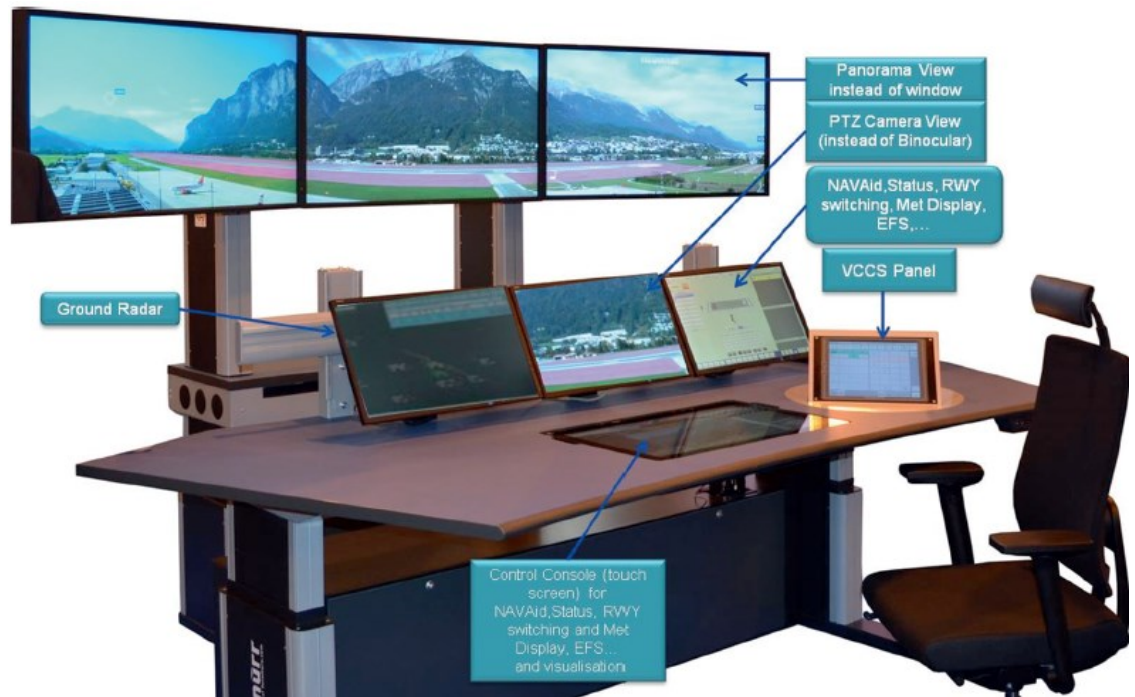
4 INTEGRATED CONTROL PANEL

- PTZ Camera via 360° panorama
- Initiate tracking & target selection
- Show/hide Overlay Information
- Integrated Flight Data & support information

Kuva 25. Frequentiksen konsepti etätörmön näytöille (Frequentis).



Kuva 26. Pienkone havaittuna infapunakameralla ja sijainti esitettyä 3D-kartalla (Frequentis).



Kuva 27. Lennonjohtajan työpiste (Frequentis).

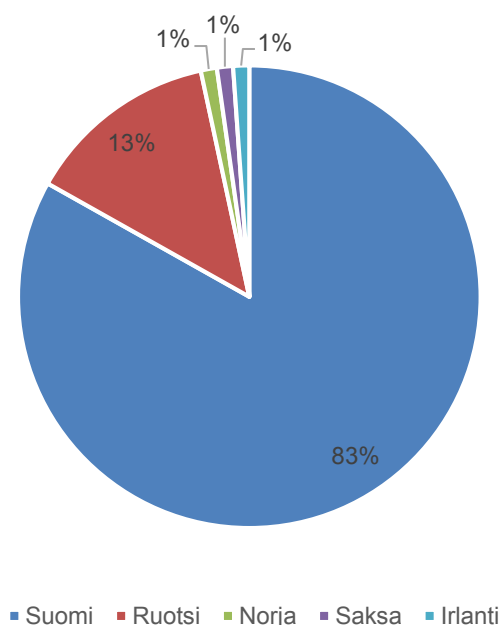
5 Verkkokyselyt lennonjohtajille

Osana insinööriyötä toteutettiin verkkopohjainen kyselytutkimus. Siihen kuului kaksi lähes identtistä lomaketta; yksi tornissa ja toinen etätornissa työskennelleille lennonjohtajille. Kyselyt keskittyivät pääasiassa sääilmiöiden vaikutuksen arviointiin sekä niiden havainnointiin. Tavoitteena oli saada tietoa siitä, mitkä säähän liittyvät työkalut lennonjohtajat kokevat hyödyllisimmiksi ja mitä voisi parantaa. Vertailemalla kahden kyselyn tuloksia pyrittiin saamaan tietoa siitä, mitä vaikutuksia etätorniympäristöön siirtymisellä on sään havainnointiin. Yksi kohta kyselyissä liittyi kuuloon tilannetietoisuuden osatekijänä. Lopuksi vastaajia pyydettiin miettimään yleisiä parannuksia nykyisiin lennonjohtojärjestelmiin.

Linkki torni-kyselyyn lähetettiin 23:n lennonjohtoyksikön yhteissähköposteihin Suomessa ja se julkaistiin myös Suomen lennonjohtajien yhdistyksen keskustelupalstalla. Etätorni-kysely lähetettiin lennonjohtajalle Sundsvallissa, joka jakoi sen eteenpäin kollegoilleen. Muidenkin maiden etätornikeskuksiin oltiin yhteydessä sähköpostitse, ja vastauksia saatiin Saksasta ja Irlannista. Kyselyt toteutettiin Webropol-kyselytyökalulla.

Kysymykset käydään läpi samassa järjestyksessä kuin ne olivat kyselyssä. Kysymysten sanamuotoa on tässä muutettu sujuvamman esityksen vuoksi. Sanallisia vastauksia on tiivistetty tai niistä on poimittu oleellisimmat asiat. Tornilennonjohtajia kutsutaan tässä luvussa TLJ:ksi ja etätornilennonjohtajia ELJ:ksi. Alkuperäiset kyselylomakkeet ovat liitteessä 2.

Kysymyksiin vastasi lennonjohtajia viidestä maasta (kuva 28) ja 22:lta eri lentoasemalta. Tornikyselyyn vastasi 75 ja etätornikyselyyn 13 lennonjohtajaa.

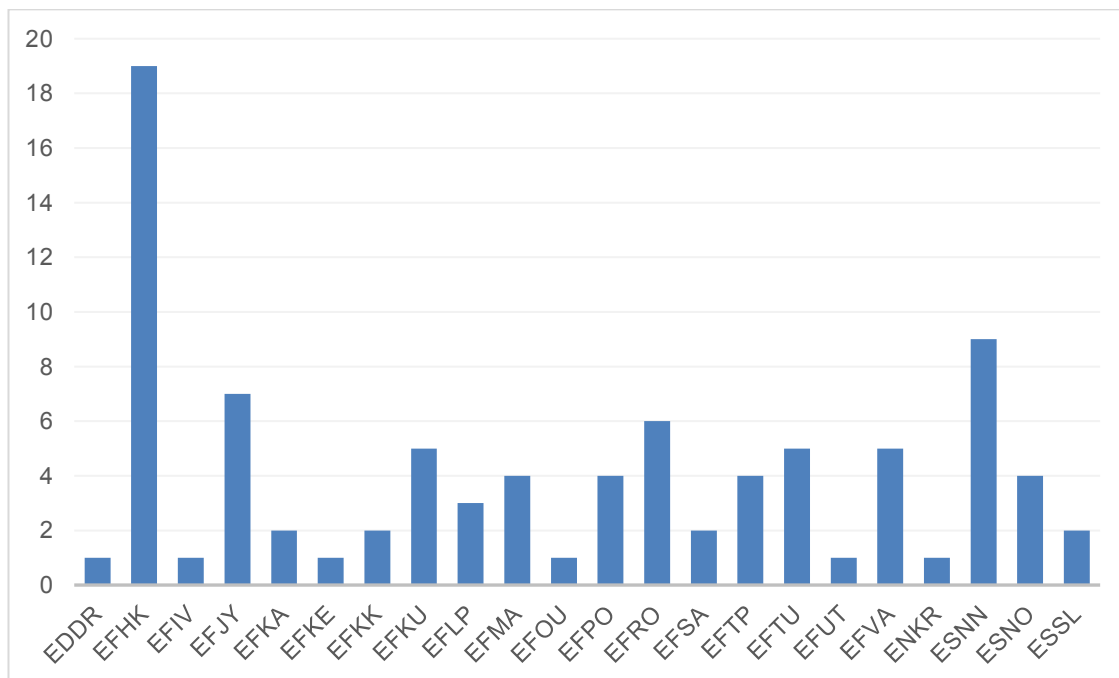


Kuva 28. Kyselyihin vastanneiden lennonjohtajien jakauma maittain.

Suomessa on arviolta 300 lennonjohtajaa ja noin neljännes heistä vastasi tornikyselyyn. Etätornikyselyyn vastasivat lähes kaikki Sundsvallissa työskentelevät lennonjohtajat.

1. ICAO code for your airport.

Ensimmäiseksi vastaajia pyydettiin ilmoittamaan lentoasemansa nelikirjaiminen ICAO-tunnus. (Kuva 29.)



Kuva 29. Vastaajien määrä lentoasemoittain.

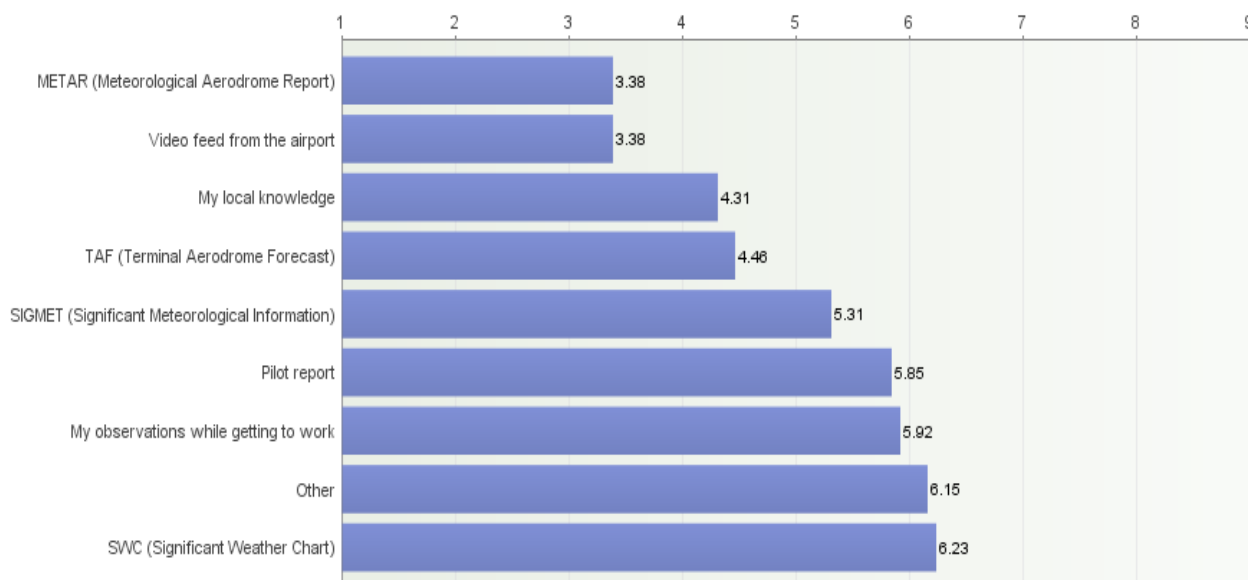
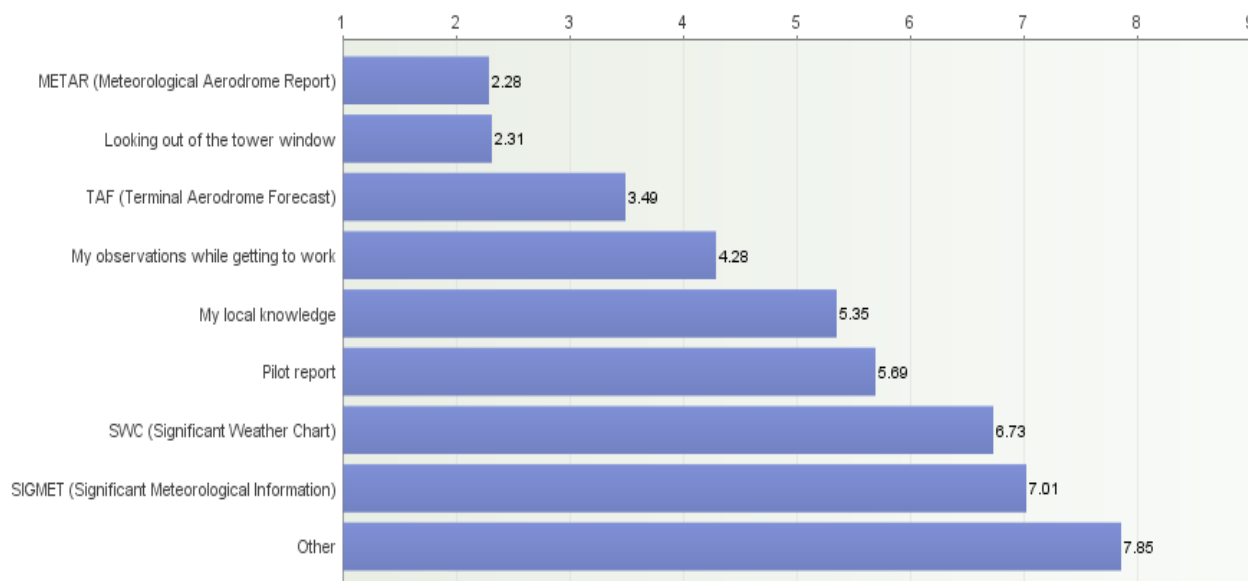
Lyhenteiden selitykset:

EDDR	Saarbrücken	EFPO	Pori
EFHK	Helsinki-Vantaa	EFRO	Rovaniemi
EFIV	Ivalo	EFSA	Savonlinna
EFJY	Jyväskylä	EFTP	Tampere-Pirkkala
EFKA	Kauhava	EFTU	Turku
EFKE	Kemi-Tornio	EFUT	Utti
EFKK	Kokkola-Pietarsaari	EFVA	Vaasa
EFKU	Kuopio	ENKR	Kirkenes
EFLP	Lappeenranta	ESNN	Sundsvall-Timrå
EFMA	Maarianhamina	ESNO	Örnsköldsvik
EFOU	Oulu	ESSL	Linköping City

2. You are preparing for a work shift in the tower / remote tower center. Rank the following methods of acquiring weather information and maintaining situational awareness (1 = most important).

Kohdassa 2 oli esitetty eri keinoja säähän liittyvän tilannetietoisuuden muodostamiseksi, ja ne oli tarkoitus sijoittaa paremmuusjärjestykseen. Keinoja oli yhdeksän ja niille laskettiin annettujen sijoitusten perusteella keskiarvot. Pieni arvo tarkoittaa tärkeäksi arvioitua. Tulokset on esitetty paremmuusjärjestyksessä ylhäältä alas. (Kuva 30.)

Niin tornissa kuin etätornissakin työskennelleet arvioivat METARin ja sään visuaalisen havainnoinnin tärkeimmiksi keinoiksi. Tuloksissa ei ole suurta eroa muillakaan osa-alueilla. Etätornikyselyssä keinojen keskiarvot ovat lähempänä toisiaan. Suuremmalla vastaajajoukolla tulokset olisivat todennäköisesti hajautuneet enemmän.



Kuva 30. Kohdan 2 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

3. What other means do you use (e.g. local meteorological center, tv, radio, internet, mobile app)?

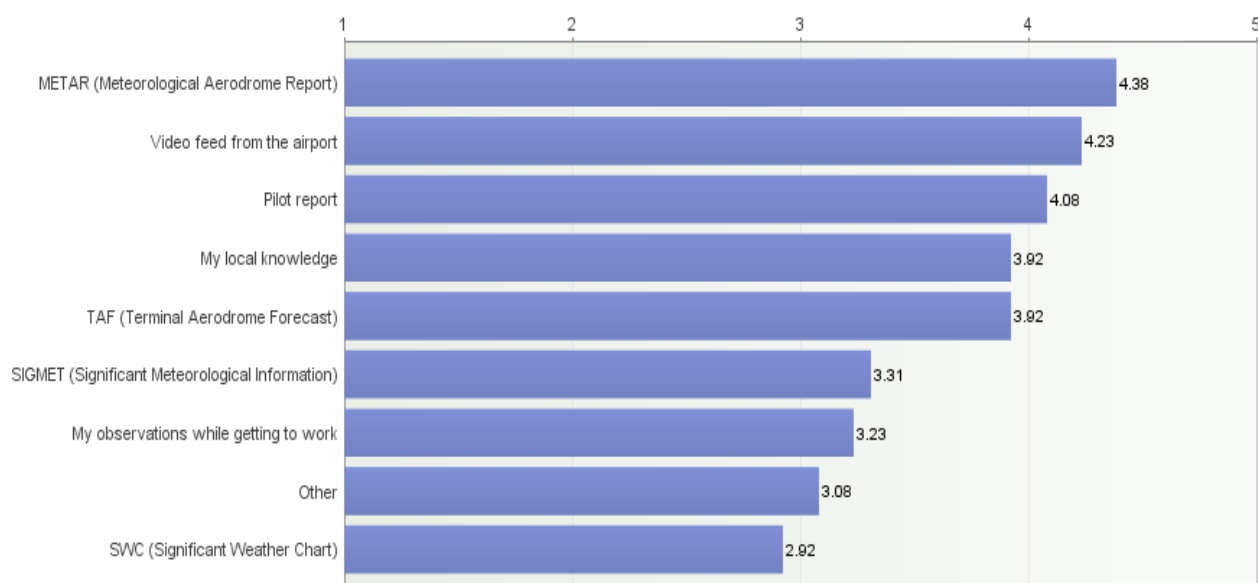
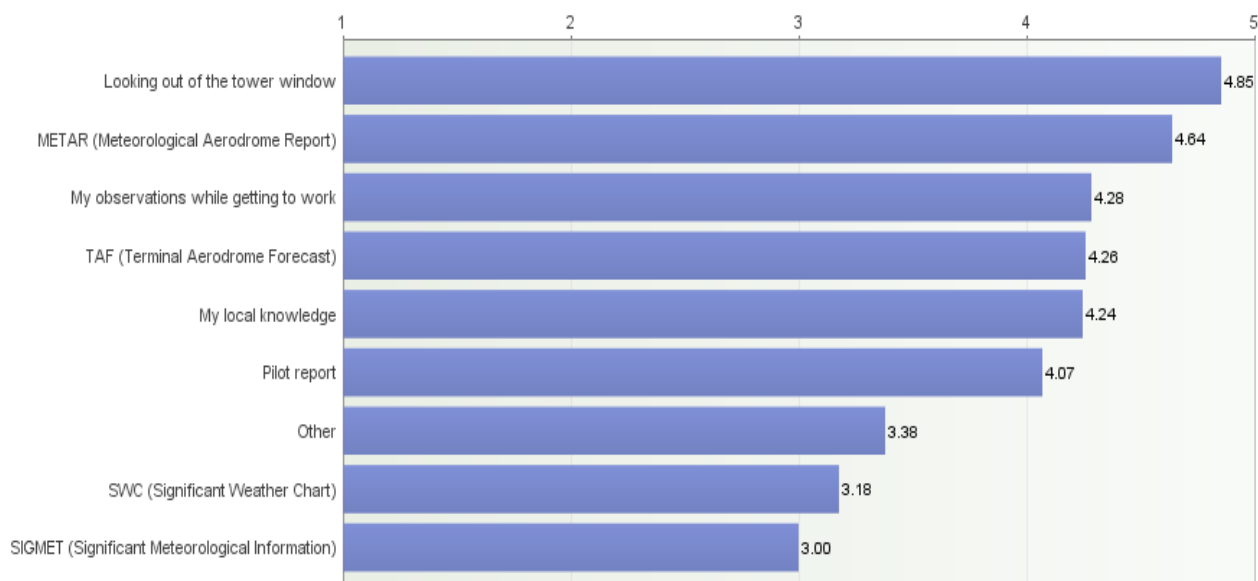
Muita keinoja olivat esimerkiksi:

- mobiilisovellus
- internetsivustot
- tv ja radio
- kelikamerat
- sääantureiden reaaliaikainen data
- lentoaseman kunnossapidon sääpalvelu tai henkilöstö
- kollegoilta saatu tieto.

4. The following methods are convenient to use.

Kohdassa 4 vastaajien oli tarkoitus arvioida, kuinka käytännöllisiä samat keinot olivat. Tuloksille laskettiin keskiarvot samaan tapaan kuin kohdassa kaksi. Korkein arvio on esitetty ylimpänä. (Kuva 31.)

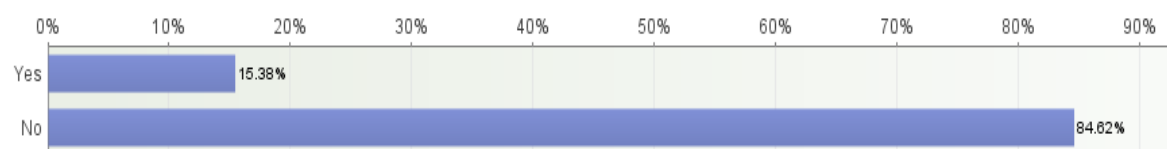
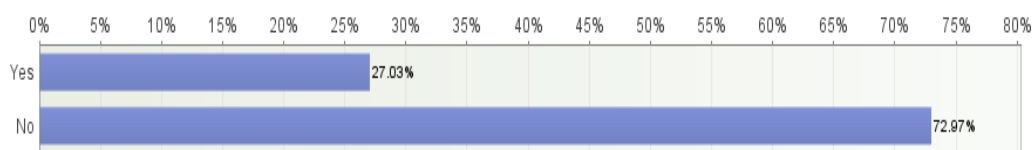
Molemmissa METAR ja ikkunasta tai videokuvan katsominen koettiin käytännölliseksi. TLJ:t kokivat myös havainnot työmatkalla käteviksi. ELJ:ien mielestä tämä oli kolmanneksi epäkäytännöllisin keino. Syy tähän on luonnollisesti siinä, että etätornikeskus usein sijaitsee eri paikkakunnalla kuin johdettava lentokenttä.



Kuva 31. Kohdan 4 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

5. Is there a need for a visual presentation of METARs and TAFs for faster and easier decoding?

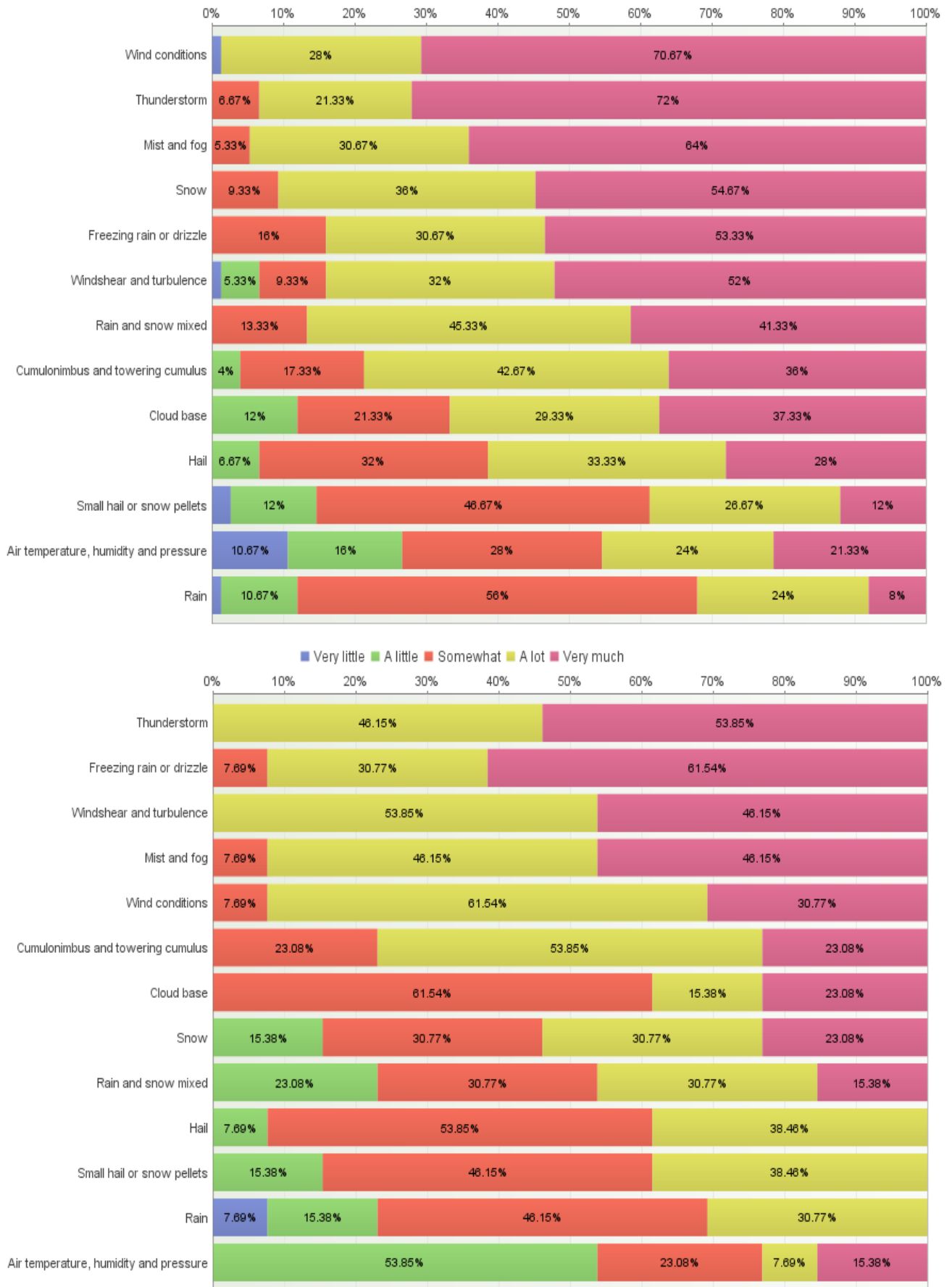
Molemmissa kyselyissä selvä enemmistö oli sitä mieltä, että ei ole tarvetta visuaaliselle esitysmuodolle METARien ja TAFien nopeammaksi ja helpommaksi tulkitsemiseksi. (Kuva 32.)



Kuva 32. Kohdan 5 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

6. How much does the following affect air traffic control?

Kohdassa 6 kysyttiin arviota eri sääilmiöiden vaikutuksesta lennonjohtamiseen. Tulokset on esitetty merkittävyysjärjestyksessä. (Kuva 33.)



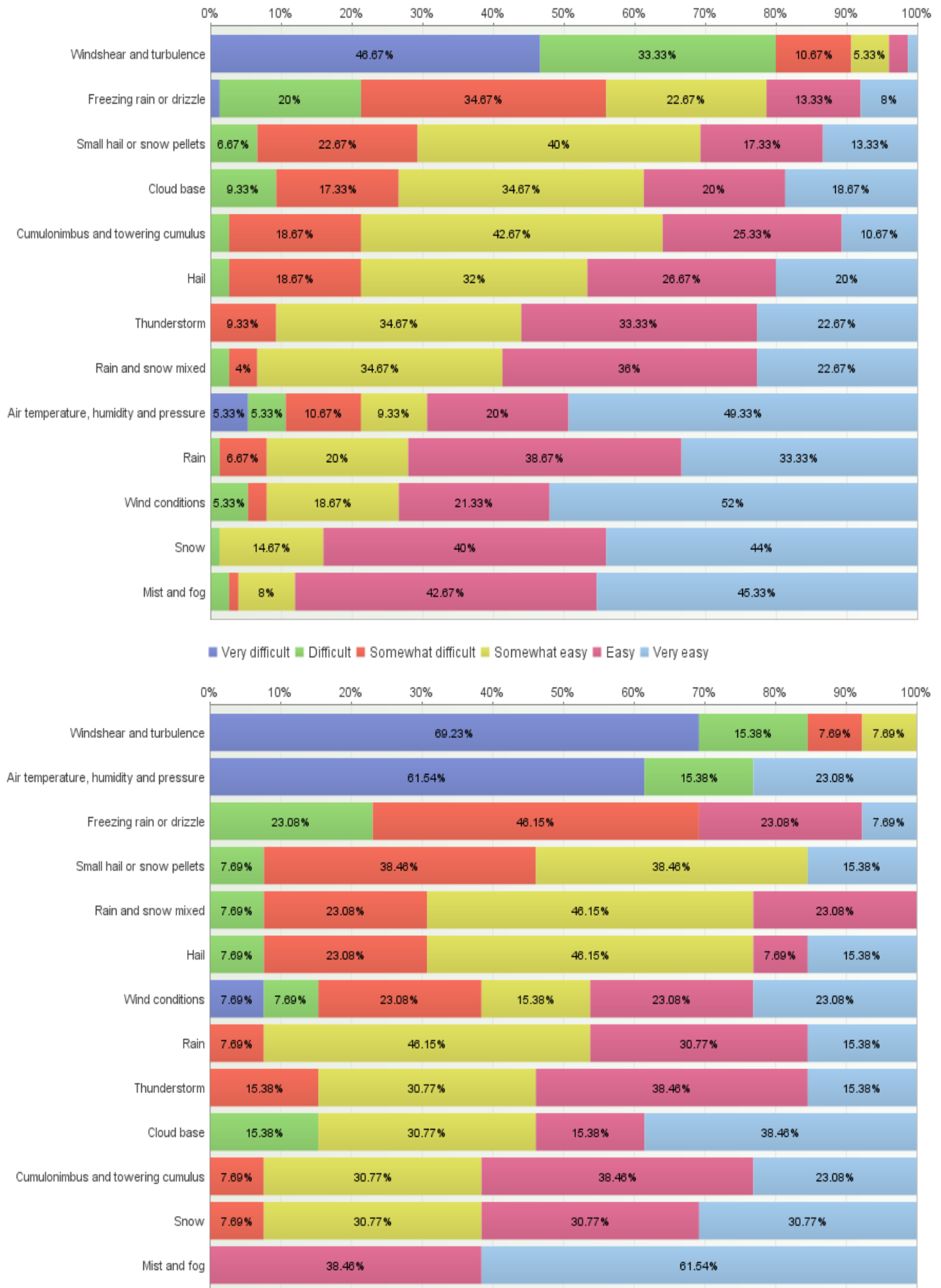
Kuva 33. Kohdan 6 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

7. Other significant phenomena:

Vastaajien mukaan muita merkittäviä ilmiöitä ovat inversio, auringon häikäisy tornissa ja lentokoneen ohjaamossa, jäätävät pilvikerrokset, tuhka, puuskittainen tuuli ja pölyhiukkaset ilmassa.

8. How do you find identifying the following phenomena from the tower / via camera?

Kohdassa 8 vastaajat arvioivat samojen ilmiöiden havaitsemista tornista käsin tai videon välityksellä. Vaikeimmaksi arvioidut on esitetty yllä. (Kuva 34.)



Kuva 34. Kohdan 8 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

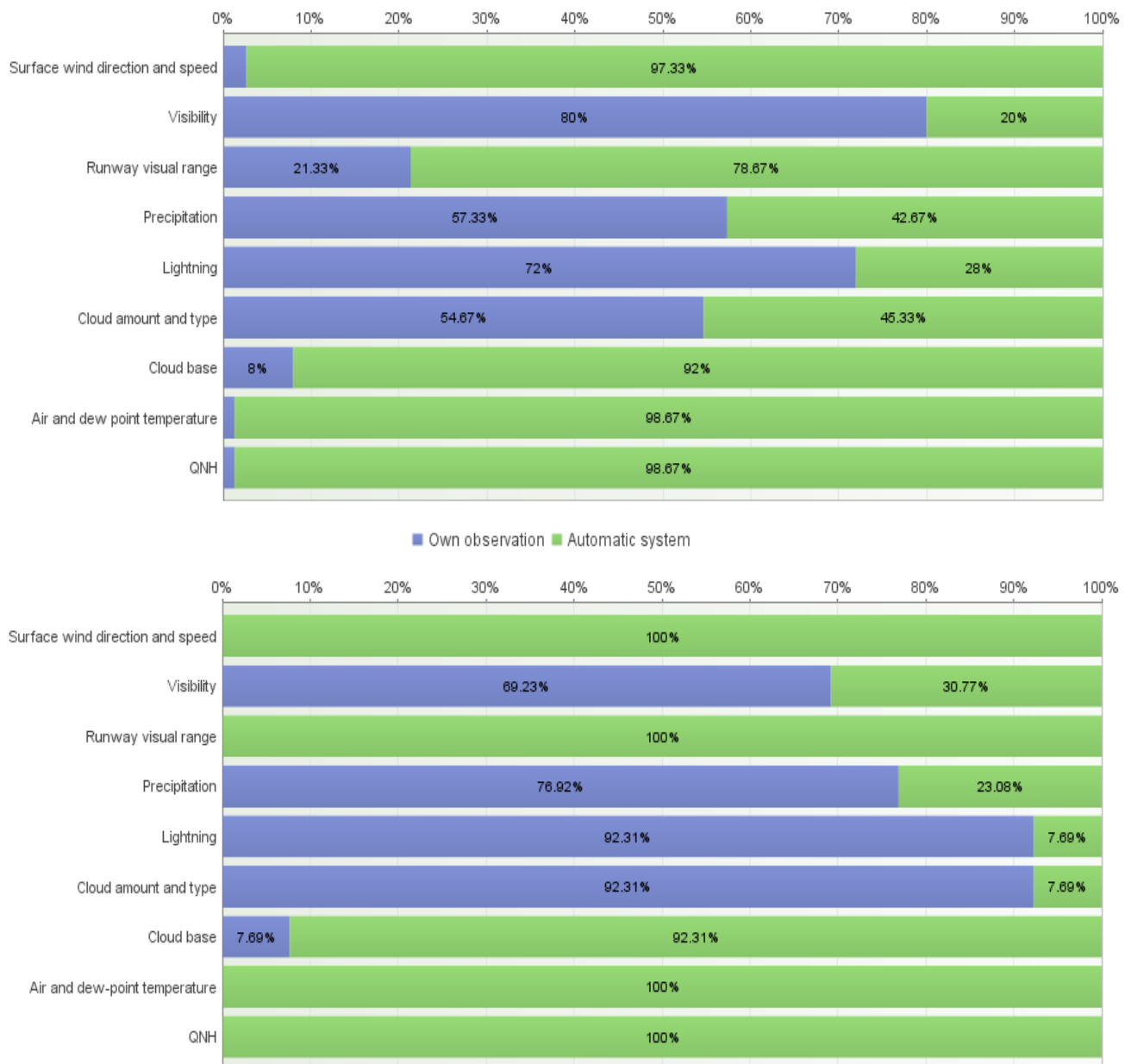
9. Comments and/or suggestions:

Kysymyksen sanamuodosta johtuen osalle vastaajista jäi epäselväksi, oliko tarkoitus vastata vain näköhavaintoon vai myös anturitietoon perustuen, joten vastaukset vaihtelevat sen suhteen.

Tuuliväänteen (*windshear*) ja turbulenssin havaitseminen tapahtuu joko instrumenteilla tai lentäjien toimesta. Vihjeitä asiasta voi kuitenkin saada, jos huomaa inversiokerroksen. Sateen olomuodon tunnistaminen vaatii usein ulkona käymistä. Pilven alarajan korkeus on hyvin oleellinen tieto, eikä kaksi sensoria tarjoa tarpeeksi kattavaa tietoa siitä.

10. Which do you trust more when assessing the following phenomena – your own observation or an automatic system?

Kohdassa 10 kysyttiin, kumpaan vastaaja luottaa enemmän eri ilmiöiden havaitsemisessa; omaan havaintoon vai automaattiseen järjestelmään. Kyselyt tuottivat samankaltaiset tulokset. Näkyvyys, salamointi, sateen olomuoto sekä pilvien määrän ja tyyppin arvioiminen olivat ilmiöitä, joiden arvioimisessa lennonjohtajat luottivat enemmän itseensä kuin järjestelmään. Suurin syy epäluottamukseen näissä asioissa lienee se, että järjestelmä tekee havainnot vain rajatulta alueelta. Ukkosanturi on harvinainen varuste pohjoismaisilla lentoasemilla, joten se selittää tuloksia siltä osin. (Kuva 35.)



Kuva 35. Kohdan 10 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

11. Other phenomena that you are better at assessing:

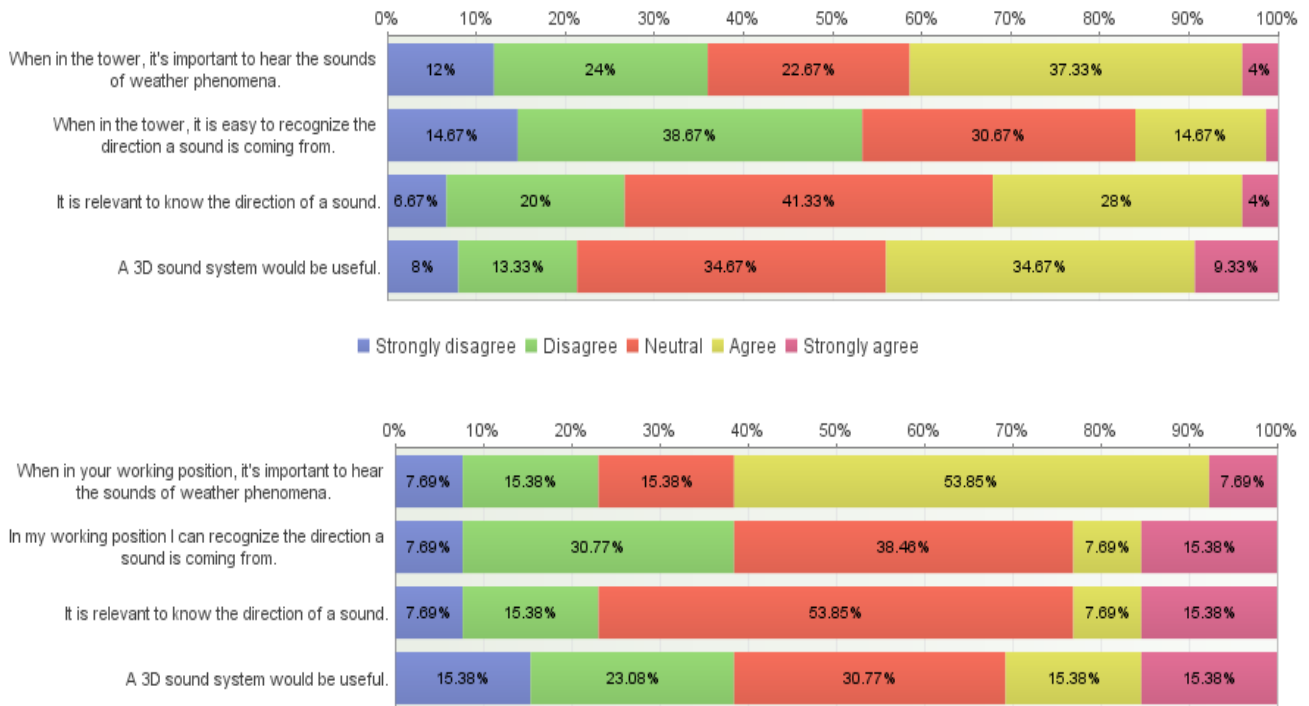
Muita ilmiöitä, joita vastaajat kokivat olevansa parempia havainnoimaan, olivat nopeat muutokset säässä, sateen/lumisateen voimakkuus, BC- tai TCU-pilvien tunnistaminen, pilvenkorkeus laajemmalla alueella, näkyvyys eri suuntiin, jääneulaset ja pintasumu.

12. Other phenomena that an automatic system is better at assessing:

Laitteen koettiin olevan myös parempi kiitotien kitkatiedon mittauksissa ja yöaikaan tapahtuvassa näkyvyyden mittaamisessa.

13. Please rate the following statements.

Kohdassa 13 pyydettiin arvioimaan ääneen liittyviä väittämiä. (Kuva 36.)



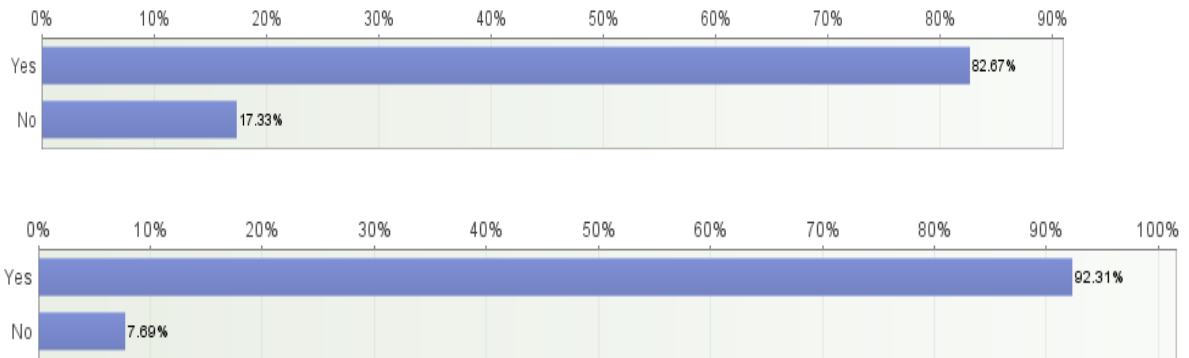
Kuva 36. Kohdan 13 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

14. Comments:

Osa vastaajista piti 3D-äänijärjestelmää kiinnostavana ajatuksena, jota olisi hyvä päästä kokeilemaan. Sen uskottiin olevan häiriöksi torneissa, joissa on useampi työpiste. Eräs lennonjohtaja kommentoi, että useat tornit ovat eristettyjä ulkoa kuuluvalta ääneltä, joten sen kuuleminen ei ole oleellista lennonjohtamisen kannalta. Suomessa on ollut käytössä VDF-laite, joka kertoi, mistä suunnasta radiolähetys tuli.

15. Is the current weather information provided sufficient for ATCOs needs?

Valtaosa vastaajista oli sitä mieltä, että nykyisin saatavilla oleva säätiieto on riittävää lennonjohdon tarpeisiin. (Kuva 37.)



Kuva 37. Kohdan 15 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

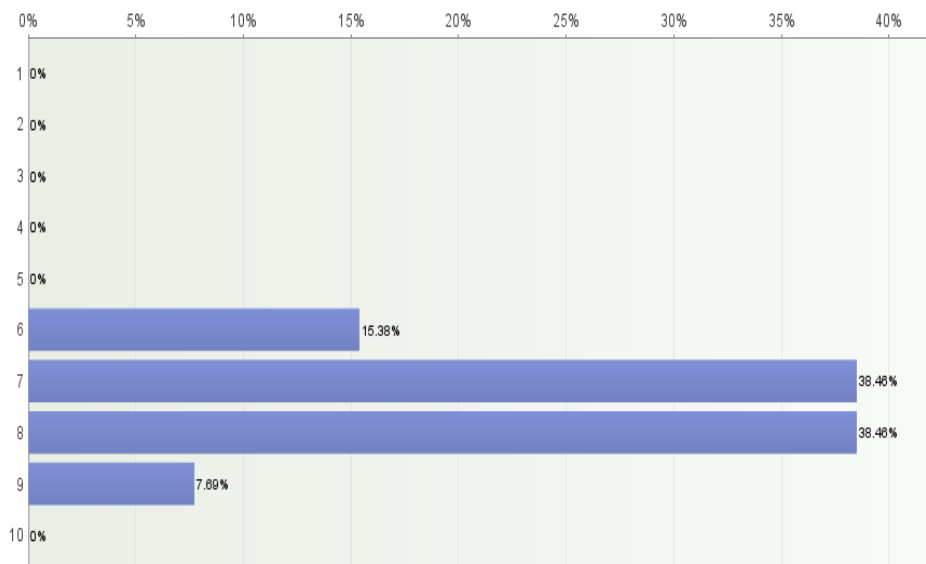
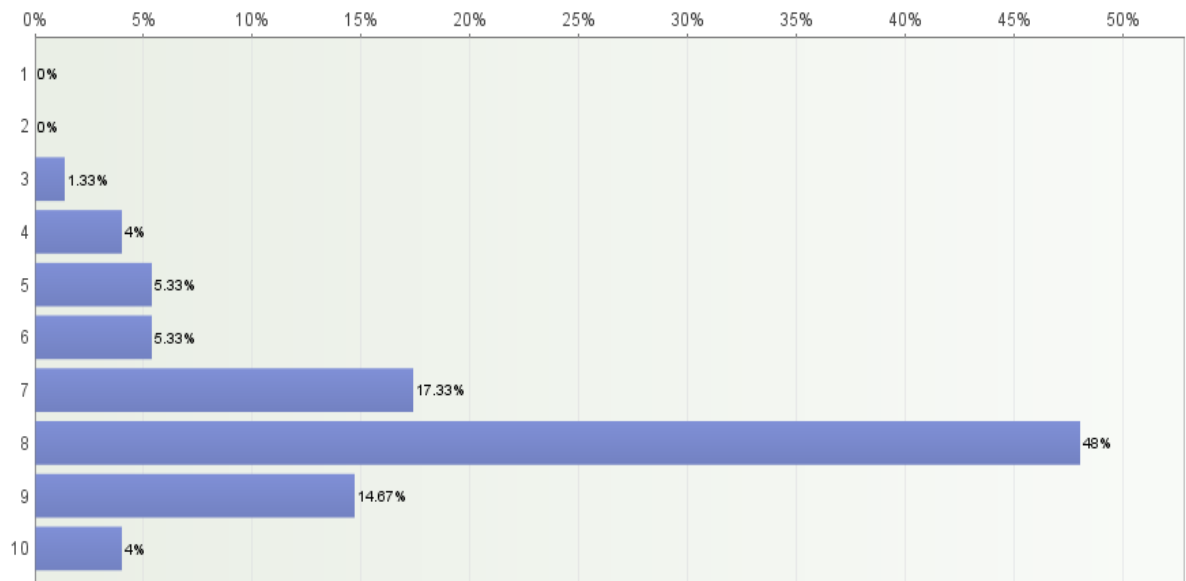
16. If not, what additional information would you like to receive?

Muuta kaivattua tietoa:

- Lentoaseman oman säättukan tuottamaa tietoa.
- Paremmat säättukakuvat ennusteineen.
- Ylätuulitieto esitetty selkeämmin.
- Säättukakuvan liittäminen lennonjohtotutkan näyttöön.
- Graafista esitystietoa sääilmiöistä.
- 3D-säättukan kuvaa.

17. On a scale of 1–10 (10 being the highest) rate the current weather system in use.

Suurin osa kyselyiden vastaajista antoi nykyiselle sääjärjestelmälle hyvän arvion. (Kuva 38.)



Kuva 38. Kohdan 17 tulokset. Tornikysely yllä, etätornikysely alla.

18. How could it be improved?

- Lisää havaintopisteitä ympäri kenttäaluetta.
- Kamerateat sääasemille.
- Useampi ceilometri.
- Pääsy reaaliaikaiseen anturitietoon.
- Selkeyttä säänäyttöihin ja valikkoihin. Halutut tiedot pitäisi saada esiin vähemmällä klikkauksilla.
- Ihminen tekemään sääsanomat.
- Selkeä viesti siitä, onko IMC vai VMC. Ehkä jopa äänimerkki, kun olosuhteet vaihtuvat.
- Ennustetietoa pilven alarajasta.
- 4k-näytöt etätorniin.
- Automaattisen sääsanoman tulisi reagoida vaihtuvaan säähän nopeammin.
- Ilmoitus kun lämpötila laskee ja on tarpeen käyttää lennonjohdon lämpötilakorjauksia.
- Näkyvyyden mittaaminen eri suuntiin.
- Pilvitiedon esittäminen korkeusjärjestyksessä eikä peräkkäin:

Näin:

BKN 1/8 5000ft

SCT 4/8 3000ft

FEW 2/8 1500ft

Ei näin: BKN 5000 SCT 3000 FEW 1500

19. What improvements would you make to other ATC systems at your disposal?

- Kaikki järjestelmät integroituna yhdelle tietokoneelle.
- Kiitotieolosuhteiden automaattinen lisääminen ATIS-viestiin.
- Parempi tutkapeitto matalissa korkeuksissa.
- Primääritutkan tietoa tutkanäyttöihin.
- Enemmän paikallisia modauksia laitteisiin ja ohjelmiin.
- Pääsy edellisiin METAREihin samalta sivulta jolta nykyinen löytyy.
- Korkeustiedon muuntaminen jaloista metreiksi yhdellä napin painalluksella.

20. What kind of new tools or systems would help ATCOs in their work?

- VDF-radiosuuntimo.
- Vähemmän näyttöjä. HUD-tekniikan hyödyntämistä.
- Pimeänäkökiikarit tai lämpökamerat torniin.
- Digitaalinen radioviestintä ja kaiuttimien parempi äänenlaatu.
- Koneiden automaattinen seuranta myös perinteiseen torniin.

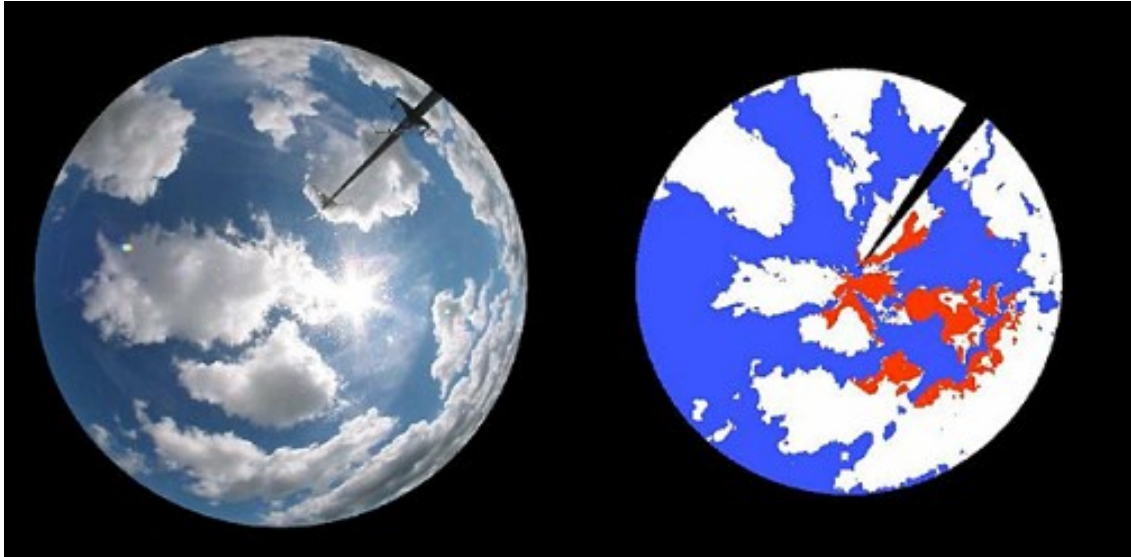
6 Kehitysehdotukset

Osana insinööriyötä tehtiin kyselyihin vastasi yhteensä lähes 90 lennonjohtajaa. Vastaajien määrälle ei ollut asetettu tavoitetta, mutta lukuun voidaan olla tyytyväisiä. Vertailemalla kyselyiden tuloksia huomattiin, ettei sään havaitseminen etätornista juurikaan eroa perinteiseen torniin verrattuna. Myös vierailu Sundsvallin etätornikeskukseen vahvisti tämän. Se, että niin moni vastasi kyselyissä olleisiin avoimiin kysymyksiin, oli positiivinen yllätys. Näistä kirjallisista vastauksista saatiin tietoa siitä, mihin sääjärjestelmien osa-alueisiin lennonjohtajat kaipaisivat parannuksia. Parannettavaa löytyy myös järjestelmästä niiltä osin, missä lennonjohtajilla oli suurempi luottamus omaan havaintoonsa kuin automaattiseen järjestelmään. Parannuskohteet on esitetty taulukossa 2. Siinä esitettyjen parannuskohteiden ratkaiseminen hyödyttäisi niin etätornissa kuin perinteissäkin tornissa työskenteleviä lennonjohtajia.

Taulukko 2. Sääjärjestelmien parannuskohteet kyselyiden perusteella.

Toivotut parannukset	Suurempi luottamus omaan havaintoon
Havaintopisteiden maantieteellinen kattavuus (lähinnä tuuli- ja pilvitieto)	Näkyvyys
Näkyvyyden mittaaminen eri suuntiin	Salamointi
Pääsy reaaliaikaiseen anturidataan	Sateen olomuodon havainnointi
Järjestelmän nopeampi reagoiminen sään muutoksiin	Pilvien määrän ja tyypin arvioiminen

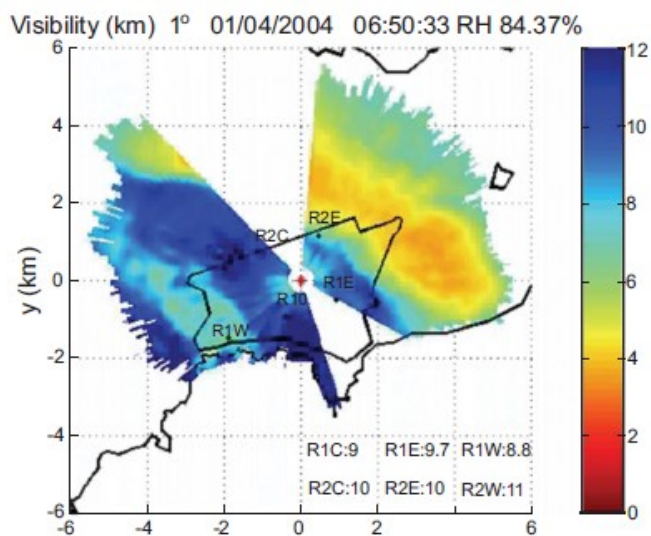
Havaintopisteiden kattavuus on yksinkertaisesti ratkaistavissa lisäämällä niitä lentoasemalle ja sen ympäristöön. Anturit, erityisesti ceilometrit, ovat kuitenkin merkittävä investointi, joten on ymmärrettävää, että niitä ei välttämättä voida hankkia kattamaan koko kenttäaluetta. Kameran lisääminen osaksi sääjärjestelmää tuottaisi lisää tietoa pilvien määrästä ja tyypistä. Kameroita hyödynnetään jo kyseisessä käyttötarkoituksessa (kuva 39) ja valmiita tuotteita on kaupallisesti saatavilla.



Kuva 39. Alkuperäinen ja prosessoitu kuva. Pilvien on laskettu peittävän 48 % taivaankannesta (Wacker 2015).

Pääsy reaaliaikaiseen dataan on myös toteutettavissa. Anturit mittaavat jatkuvasti, joten niiden tuottama data voidaan esittää järjestelmässä.

Näkyvyyden mittaamiseksi eri suuntiin Hong Kongin kansainvälisellä lentoasemalla on käytössä optinen kaukokartoituslaite eli LIDAR (*Light Detection and Ranging*). Sitä käytetään myös tuulen mittaamiseen ja turbulenssin havaitsemiseen (Chan 2009). Laite (kuva 40) on kuitenkin suuri ja oletettavasti varsin kallis.



Kuva 40. Vasen: LIDARin tuottamaa näkyvyytietoa eri suuntiin (Chan P.W.). Oikea: ihmisiä seisomassa laitteen edessä (Hong Kong Observatory).

Monissa lennonjohtotorneissa on tornista otettuja valokuvia, joihin on merkitty etäisyys eri maamerkkeihin. Tätä voidaan käyttää arvioimaan etäisyyttä eri suuntiin. Myös tämä olisi toteutettavissa kameroilla. Se voisi olla osa AWOSia tai näkyvyys voitaisiin mitata etätornin kameroilla. Jos kamera otettaisiin osaksi AWOSia, se voisi toimia samalla myös sääkamerana ja ”lisäilmäparina” kentällä. Kenties viime vuosina yleistyneitä 360° -kameroita voisi hyödyntää.

Kuten edellisessä luvussa mainittiin, ukkosanturin puuttuminen monelta pohjoismaiselta lentoasemalta selittää heikkoa luottamusta sääjärjestelmään siltä osin. Salamointi ja ukkosmyrskyt ovat kuitenkin merkittäviä ilmiöitä ilmailun kannalta, joten tässä on tuote, jota voisi kokeilla markkinoida niille lentoasemille, joilta sellainen puuttuu.

Eräs parannuskohde tuli esille vierailtaessa Sundsvallissa. Jos ilmanpaine tieto ei ole saatavilla sääjärjestelmän kautta, siihen löytyy varalaitte vanhasta tornista. Jonkun on siis mentävä sinne lukemaan painetieto ja välitettävä se lennonjohdolle. Paine- ja muun säätiedon välittäminen järjestelmän häiriötilanteissa on varmastikin otettu huomioon lentoasemilla, mutta se voisi myös olla osa Vaisalan tarjoamaa ratkaisua.

Siirryttäessä etätorniympäristöön, luottamuksen tärkeys sääjärjestelmään korostuu entisestään. Epäselvissä tilanteissa lennonjohtaja voi tuki olla yhteydessä henkilöstöön etäjohdettavalla lentokentällä tai zoomata ja ohjailla kameroita saadakseen paremman kuvan vallitsevasta säätilasta, mutta tämä on aikaa vievää ja osoittaa puutteita automaattisessa järjestelmässä. Varsinkin jos yksi lennonjohtaja on vastuussa useasta kentästä samanaikaisesti, on säätietoon voitava luottaa ja sen sisäistämisen on tapahduttava nopeasti. Apuna voitaisiin käyttää värejä: vihreä – sää ei aiheuta rajoituksia; keltainen – kiinnitä huomiota säähän; punainen – sää aiheuttaa rajoituksia. Myös METARien visuaalinen esittäminen voisi olla avuksi.

7 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli kerätä tietoa uudesta toimintamallista ja teknologiasta, selvittää eri etätorneratkaisujen tarjoajia sekä niiden teknisiä ratkaisuja, kerätä käyttökokemuksia ja ehdotuksia järjestelmien käyttäjiltä sekä tarkastella etätorneihin ja lentosäähän liittyviä säädöksiä.

Tällä hetkellä maailmassa on vain yksi operatiivisessa käytössä oleva etätornikeskus. Kiinnostus konseptiin on kuitenkin suurta. Sundsvallin etätornikeskuksessa on vierailut yli 3000 lennonvarmistuksen ja ilmailun parissa työskentelevää henkilöä. Luvun 3.2 katsaus nykytilanteeseen osoittaa kiinnostuksen etätorniin olevan maailmanlaajuisia. Säästöt, resurssien tehokkaampi hyödyntäminen ja yhtä hyvä, ellei parempi, turvallisuustaso ovat tehokkaita houkuttumia uuteen toimintamalliin siirtymiseksi. Etätorneihin liittyvät kansainväliset säädökset ja standardit ovat työn alla. Myös usean kentän järjestelmää tutkitaan ja kehitetään edelleen.

Koska etätornin konsepti kehittyy jatkuvasti, sen vaikutuksista sääjärjestelmiin ei voi vetää lopullista johtopäätöstä. Automaattiset sääjärjestelmät todennäköisesti tulevat kuitenkin yleistymään etätornien myötä. Tehdyn tutkimustyön perusteella Vaisalan nykyinen Avimet AWOS on riittävä etätornin sääjärjestelmäksi. Sitä voidaan kuitenkin kehittää paremmin etätornin kanssa soveltuvaksi. Kameroiden käyttö lennonvarmistuksessa lisääntyy etätornien myötä, ja niitä voisi käyttää myös täydentämään automaattisen sääjärjestelmän tuottamaa tietoa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että työn tavoitteet saavutettiin. Lentosäästä ja etätornijärjestelmistä löytyi aineistoa, jonka perusteella aiheita voitiin tutkia. Suurimpien etätorniyritysten järjestelmiä ja teknisiä ratkaisuja vertailtiin. Lennonjohtajien haastatteluista ja verkkokyselyistä saatiin ehdotuksia siitä, miten automaattista sääjärjestelmää voisi kehittää.

Lähteet

AEROTHAI 2017 (Aeronautical Radio of Thailand). Thailand Modernization CNS/ATM System. Verkkodokumentti. <aerothai.co.th/en/projects/thailand-modernization-cnsatm-system>. Luettu 15.6.2017.

Air Traffic Management 2017. China's LES developing remote tower capability. Verkkodokumentti. <airtrafficmanagement.net/2016/09/chinas-les-developing-remote-tower-capability>. Luettu 22.5.2017.

ASIAS 2010. Weather-related Aviation Accident Study 2003–2007. Yhdysvallat: Aviation Safety Information Analysis and Sharing.

Australian Aviation 2011. Airservices to begin remote tower trial at Alice Springs. Verkkodokumentti. <australianaviation.com.au/2011/06/airservices-to-begin-remote-tower-trial-at-alice-springs>. Luettu 22.5.2017.

BBC 2017. Hial review of remote air traffic control criticized. Verkkodokumentti. <bbc.com/news/uk-scotland-highlands-islands-39720624>. Luettu 15.6.2017.

Bourgois M. & Cooper M. ym. 2005. Interactive and Immersive 3D Visualization for ATC. Bretigny-sur-Orge: Eurocontrol.

Chan P.W. 2009. Aviation Applications of the Pulsed Doppler LIDAR—Experience in Hong Kong. The Open Atmospheric Science Journal, 2009, Volume 3.

Cordeil M. & Dwyer T. & Hurter C. 2016. Immersive solutions for future Air Traffic Control and Management. Ontario: ISS.

Cybernetica 2016. Cybernetica to build remote tower solution for Estonian air traffic control. Verkkodokumentti. <cyber.ee/en/news/cybernetica-to-build-remote-tower-solution-for-estonian-air-traffic-control>. Luettu 17.5.2017.

DFS 2015. DFS selects remote tower technology from Frequentis. Verkkodokumentti. <dfs.de/dfs_homepage/en/Press/Press%20releases/2015/03.06.2015.-%20DFS%20selects%20remote%20tower%20technology%20from%20Frequentis>. Luettu 17.5.2017.

ECA 2014. Position Paper - Remote Tower Services. Belgia: European Cockpit Association.

EGHD 2016. Position Paper - The Human Dimension in Remote Tower Operations (Draft A). Expert Group on the Human Dimension of the Single European Sky.

FAA 2015. Federal Aviation Administration: FAQ: Weather Delay. Verkkodokumentti. <<https://www.faa.gov/nextgen/programs/weather/faq>>. Luettu 25.5.2017.

FAA 2016. Federal Aviation Administration: Historical Chronology, 1926-1996. Verkkodokumentti. <faa.gov/about/media/b-chron.pdf>. Luettu 12.5.2017.

Fiddian, P. Remote Tower Tech for Jersey. Verkkodokumentti. <copy-book.com/news/remote-tower-tech-for-jersey>. Luettu 22.5.2017.

Finavia 2016. Finavia aloittaa lennonvarmistusliiketoiminnan yhtiöittämisen valmistelun. Verkkodokumentti. <finavia.fi/fi/tiedottaminen/ajankohtaista/2016/finavia-aloittaa-lennonvarmistusliiketoiminnan-yhtiöittämisen-valmistelun/>. Luettu 15.5.2017.

Finavia 2017a. Tehokkaampi taivas edistää lentoliikenteen kilpailukykyä. Verkkodokumentti. <finavia.fi/fi/tiedottaminen/ajankohtaista/2017/tehokkaampi-taivas>. Luettu 22.5.2017.

Finavia 2017b. Finavian lennonvarmistusliiketoiminta siirtyy Air Navigation Services Finland Oy:lle. Verkkodokumentti. <news.cision.com/fi/finavia-oyjr/finavian-lennonvarmistusliiketoiminta-siirtyy-air-navigation-services-finland-oy-lle,c2217672>. Luettu 12.5.2017.

Finlex 1989. Asetus liikennöimismaksuista valtion lentoasemilla 329/1989.

Frequentis 2016. Whitepaper: Introduction to remote virtual tower. Verkkodokumentti. <frequentis.com/fileadmin/content/Brochures/ATM/2016/RVT_whitepaper.pdfT_whitepaper.pdf>. Luettu 16.5.2017.

Fürstenau, N. & Schmidt, M. 2016. Virtual and Remote Control Tower - Research, Design, Development and Validation, XI.

Fält K. 2013. Esitelmä Saabin etätorniratkaisusta ilmailuseminaarissa 23.5.2013.

Hanson, J. 2015. Remote towers - from paper to procurement. Esitelmä World ATM -kongressissa. <askhelios.com/resources/remote-towers-from-paper-to-procurement>. Luettu 12.5.2017.

HungaroControl 2015. HungaroControl has contributed to the concept of Dubai contingency remote tower. Verkkodokumentti. <en.hungarocontrol.hu/press-room/news/hungarocontrol-contributes-to-dubai-contingency-tower>. Luettu 7.6.2017.

IAA 2016. IAA Confirms Remote Towers Trial a Success. Verkkodokumentti. <iaa.ie/news/2017/02/02/iaa-confirms-remote-towers-trial-a-success>. Luettu 17.5.2017.

ICAO 2007. Annex 3: Meteorological Service for International Air Navigation, 16 ed. Chicago: International Civil Aviation Organization.

ICAO 2016. The Aviation System Block Upgrades – The Framework for Global Harmonization. Verkkodokumentti. <icao.int/airnavigation/Documents/ASBU_2016-FINAL.pdf>. Luettu 25.5.2017.

Ilmatieteen laitos 2013. Lentosääpalvelut Suomessa. Opas ilmailijoille lentosääpalveluista.

Ilmatieteen laitos 2017. METAR-sanomat. Verkkodokumentti. <ilmatieteenlaitos.fi/avoin-data-metar-sanomat>. Luettu 15.5. 2017.

JCAB 2015. Seminar “Japanese Experience on Remote Information System for Air Navigation” in Brasilia. Verkkodokumentti. <mlit.go.jp/common/001095688.pdf>. Luettu 7.6.2017.

Kaur, K. 2017. Changi gets ready for remote handling of flights. Verkkodokumentti. <straitstimes.com/singapore/changi-gets-ready-for-remote-handling-of-flights>. Luettu 18.5.2017.

Lentoposti 2016. Etätorni yhdistää pian kaksi lentokenttää yhdelle lennonjohtajalle – myöhemmin jopa kolme. Verkkodokumentti. <lentoposti.fi/artikkelit/etatorni_yhdistaa_pian_kaksi_lentokenttaa_yhdelle_lennonjohtajalle_myohemmin_jopa_kolme>. Luettu 12.5.2017.

LFV 2016. LFV and Swedavia investigates the conditions for Remote Towers Services. Verkkodokumentti. <lfv.se/en/news/news-2016/lfv-and-swedavia-investigates-the-conditions-for-remote-towers-services>. Luettu 17.5.2017.

LGS 2017. LGS and EANS to jointly develop remote control tower technologies. Verkkodokumentti. <lgs.lv/en/corporate-information/news/2017/0/lgs-and-eans-to-jointly-develop-remote-control-tower-technologies2017-01-17>. Luettu 15.6.2017.

NATCA 2017. Remote Tower Services. Verkkodokumentti. <natca.org/index.php/insider-articles/1771-april-7-2017-itf-remote-tower-services>. Luettu 17.5.2017

NATS 2009. World’s first approved remote ATC contingency facility unveiled. Verkkodokumentti. <nats.aero/news/worlds-first-approved-remote-atc-contingency-facility-unveiled>. Luettu 7.6.2017.

NATS 2017. London City Airport and NATS to introduce the UK’s first digital air traffic control tower. Verkkodokumentti. <nats.aero/news/london-city-airport-and-nats-to-introduce-the-uks-first-digital-air-traffic-control-tower>. Luettu 22.5.2017.

Ninox 2017. Ninox – Remote and Virtual Tower Systems. Esite.

NLR 2017. Remote Tower Live Trials in the Netherlands. Verkkodokumentti. <nlr.org/news/remote-tower-live-trials-in-the-netherlands>. Luettu 22.5.2017.

Papenfuss A. & Friedrich M. 2016. Head Up Only – A design concept to enable multiple remote tower operations. Braunschweig: Institut für Flugführung.

Pedicini R. 2016. Brazil Draws Up Airport Development Shortlist. AINonline. Verkkodokumentti. <ainonline.com/aviation-news/business-aviation/2016-08-30/brazil-draws-airport-development-shortlist>. Luettu 15.6.2017.

Pekkanen T. 2017. Product Manager, Vaisala Oyj, Vantaa. Sähköpostikeskustelu 7.6.2017.

Rotman, M. 2011. Cleveland Hopkins Airport. Verkkodokumentti. <clevelandhistorical.org/items/show/150>. Luettu 12.5.2017.

Saab 2016. Remote Air Traffic Services for Scandinavian Mountains Airport. Verkkodokumentti. <saabgroup.com/Media/news-press/news/2016-12/remote-air-traffic-services-for-scandinavian-mountains-airport>. Luettu 25.5.2017.

Saab 2017. Etätorni mullistaa lennonvarmistuksen. Verkkodokumentti. <saab.com/fi/region/finland/news-and-press-releases/news-and-press-releases/2017/etatorni-mullistaa-lennonvarmistuksen>. Luettu 12.5.2017.

Sandberg S. 2017. Lennonjohtaja ja säähavainnoitsija, LfV, Sundsvall. Haastattelu 12.6.2017.

Schmidt M, ym. 2006. Remote airport tower operation with augmented vision video panorama HMI. In: Proceedings of the 2nd international conference in air transportation. Belgrad: Eurocontrol.

Searidge 2014. Searidge Remote Surface Management System Operational at Dubai International. Verkkodokumentti. <searidgetech.com/press-releases/searidge-remote-surface-management-system-operational-at-dubai-international>. Luettu 7.6.2017.

Searidge 2017. Remote Towers – A Digital Reality. Esite.

SESAR JU 2011. Remote Provision of ATS to a Single Aerodrome VALR. Belgia: SESAR Joint Undertaking.

Shun, C. ym. 2009. Meteorological services to aviation. WMO Bulletin Vol 58 (2).

Vaisala 2017. Vaisala yrityksenä. Verkkodokumentti. <web.vaisala.com/fi>. Luettu 12.5.2017.

Wacker, S. ym. 2015. Cloud observations in Switzerland using hemispherical sky cameras. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. Vol. 120.

Taulukko 1. Vallitseva sää (+ edellisen METARin jälkeen havaittu sää)

Määre tai tarkenne		Sääilmiö		
1 Intensiteetti ja tarkenteet	2 Luonne	3 Sadeilmiöt	4 Näkyvyyttä heikentävät ilmiöt	5 Muut ilmiöt
- heikko	MI (< 2 m) matalaa	DZ tihkusadetta	BR (1-5 km) utua	PO pölypöörteitä
kohtalainen (ei etumerkkiä)	BC hattaroita	RA vesisadetta	FG (< 1 km) sumua	SQ äkillisiä tuulenpuuskia
+ voimakas	PR osittain, (kattaa osan kentästä)	SN lumisadetta	FU (≤ 5 km) savua	FC suppilopilvi (trombi)
VC kentän läheisyydessä (noin 8-16 km)	DR (< 2 m) matalalla ajelehti- vaa tai tuiskuavaa	SG lumijyväsia	VA vulkaanista tuhkaa	SS hiekkamyrsky
	BL (≥ 2m) korkealla kulkeutuvaa	IC jääneulasia "timanttipölyä"	DU (≤ 5 km) laaja-alaista pölyä, tomua	DS pölymyrsky
	SH kuuroittaista	PL jäajyväsia	SA hiekkaa	
RE edellisen METARin jälkeen havaittu sää	TS ukkosta	GR (≥ 5 mm) rakeita	HZ (≤ 5 km) auerta	
	FZ jäätävää, alijäähtynyttä	GS (< 5 mm) pikkurakeita/ lumirakeita		
		UP vain AUTO-havainnossa: "sateen tyyppi määrittelemätön"		

Taulukko 2. TAF/TREND Muutos- ja aikaryhmät

BECMG d₁d₁H₁H₁/d₂d₂H₂H₂

Pysyvä muutos, joka tapahtuu asteittain ennustetun ajanjakson sisällä

TEMPO d₁d₁H₁H₁/d₂d₂H₂H₂

Ajoittaisia muutoksia ennustetun ajanjakson sisällä. Ajoittainen muutos kestää yhtäjaksoisesti korkeintaan 1 h, muutosten kokonaiskesto alle 50 % ajanjaksosta

PROBnn d₁d₁H₁H₁/d₂d₂H₂H₂

Todennäköisyydellä nn (30 % tai 40 %) tapahtuva muutos ennustetun ajanjakson sisällä. Muutos voi olla myös ajoittainen (PROBnn TEMPO)

FM ddHHmm

Merkittävä muutos, joka alkaa ennustettuna aikana (TRENDissä vain tunnit ja minuutit)

TL HHmm

Merkittävä muutos, joka päättyy ennustettuun aikaan mennessä (vain TRENDissä)

AT HHmm

Merkittävä muutos, joka tapahtuu ennustettuna aikana (vain TRENDissä)

Verkkokyselyiden lomakkeet

Weather survey for ATCOs

Thank you for taking part in this survey. It is a part of a bachelor thesis project. The survey is for air traffic controllers who have worked in a remote tower environment.

The results will be used to gain insight on what weather tools ATCOs find useful in their work and to find out if there is any needs for improvement.

The survey should only take 10 minutes. All responses are collected anonymously.

Questions marked with and an asterisk (*) are mandatory. Written answers are optional.

1. ICAO codes for your airports:

1

2

3

4

5

2. You are preparing for a work shift in the Remote Tower Center. Rank the following methods of acquiring weather information and maintaining situational awareness (1 = most important).

Rank the methods 1-9. Only one choice per column.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
METAR (Meteorological Aerodrome Report)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
TAF (Terminal Aerodrome Forecast)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SWC (Significant Weather Chart)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SIGMET (Significant Meteorological Information)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pilot report	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Video feed from the airport	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
My local knowledge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Weather survey for ATCOs

Thank you for taking part in this survey. It is a part of a bachelor thesis project. The survey is for air traffic controllers who have worked in a tower.

The results will be used to gain insight on what weather tools ATCOs find useful in their work and to find out if there is any needs for improvement.

The survey should only take 10 minutes. All responses are collected anonymously.

Questions marked with and an asterisk (*) are mandatory. Written answers are optional.

1. ICAO code for your airport:

2. You are preparing for a work shift in the tower. Rank the following methods of acquiring weather information and maintaining situational awareness (1 = most important).

Rank the methods 1-9. Only one choice per column.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
METAR (Meteorological Aerodrome Report)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
TAF (Terminal Aerodrome Forecast)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SWC (Significant Weather Chart)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SIGMET (Significant Meteorological Information)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pilot report	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Looking out of the tower window	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
My local knowledge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
My observations while getting to work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. What other means do you use (e.g. local meteorological center, tv, radio, internet, mobile app)?

My observations while getting to work

Other

3. What other means do you use (e.g. local meteorological center, tv, radio, internet, mobile app)?

4. The following methods are convenient to use. *

	Strongly disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly agree
METAR (Meteorological Aerodrome Report)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
TAF (Terminal Aerodrome Forecast)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SWC (Significant Weather Chart)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SIGMET (Significant Meteorological Information)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pilot report	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Video feed from the airport	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
My local knowledge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
My observations while getting to work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Is there a need for a visual presentation of METARs and TAFs for faster and easier decoding? ‡

Yes
 No

6. How much does the following affect air traffic control? *

	Very little	A little	Somewhat	A lot	Very much
Air temperature, humidity and pressure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wind conditions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rain	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Freezing rain or drizzle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Snow	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rain and snow mixed	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. The following methods are convenient to use. *

	Strongly disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly agree
METAR (Meteorological Aerodrome Report)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
TAF (Terminal Aerodrome Forecast)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SWC (Significant Weather Chart)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
SIGMET (Significant Meteorological Information)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pilot report	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Looking out of the tower window	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
My local knowledge	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
My observations while getting to work	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Other	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. Is there a need for a visual presentation of METARs and TAFs for faster and easier decoding? ‡

Yes
 No

6. How much does the following affect air traffic control? *

	Very little	A little	Somewhat	A lot	Very much
Air temperature, humidity and pressure	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Wind conditions	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rain	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Freezing rain or drizzle	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Snow	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rain and snow mixed	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hail	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Small hail or snow pellets	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Mist and fog	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Windshear and turbulence	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Thunderstorm	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cloud base	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Cumulonimbus and towering cumulus

7. Other significant phenomena:

Hail

Small hail or snow pellets

Mist and fog

Windshear and turbulence

Thunderstorm

Cloud base

Cumulonimbus and towering cumulus

7. Other significant phenomena:

8. How do you find identifying the following phenomena via camera? *

Very difficult Difficult Somewhat difficult Somewhat easy Easy Very easy

Air temperature, humidity and pressure

Wind conditions

Rain

Freezing rain or drizzle

Snow

Rain and snow mixed

Hail

Small hail or snow pellets

Mist and fog

Windshear and turbulence

Thunderstorm

Cloud base

Cumulonimbus and towering cumulus

9. Comments and/or suggestions:

Cumulonimbus and towering cumulus

7. Other significant phenomena:

8. How do you find identifying the following phenomena from the tower? *

Very difficult Difficult Somewhat difficult Somewhat easy Easy Very easy

Air temperature, humidity and pressure

Wind conditions

Rain

Freezing rain or drizzle

Snow

Rain and snow mixed

Hail

Small hail or snow pellets

Mist and fog

Windshear and turbulence

Thunderstorm

Cloud base

Cumulonimbus and towering cumulus

9. Comments and/or suggestions:

10. Which do you trust more when assessing the following phenomena - your own observation or an automatic system? *

Surface wind direction and speed	Own observation	Automatic system
Visibility	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- Runway visual range
- Precipitation
- Lightning
- Cloud amount and type
- Cloud base
- Air and dew point temperature
- QNH

11. Other phenomena that you are better at assessing:

12. Other phenomena that an automatic system is better at assessing:

13. Please rate the following statements. *

- When in the tower, it's important to hear the sounds of weather phenomena (e.g. thunder, gusts of wind).
- When in the tower, it is easy to recognize the direction a sound is coming from.
- It is relevant to know the direction of a sound.
- A 3D sound system would be useful. For example, you would hear thunder from the right direction or pilots voice when they contact tower.

Strongly disagree Disagree Neutral Agree Strongly agree

-
-
-
-

14. Comments:

10. Which do you trust more when assessing the following phenomena - your own observation or an automatic system? *

- | | Own observation | Automatic system |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Surface wind direction and speed | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Visibility | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Runway visual range | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Precipitation | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Lightning | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Cloud amount and type | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Cloud base | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| Air and dew-point temperature | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |
| QNH | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> |

11. Other phenomena that you are better at assessing:

12. Other phenomena that an automatic system is better at assessing:

13. Please rate the following statements. *

- When in your working position, it's important to hear the sounds of weather phenomena (e.g. thunder, gusts of wind).
- In my working position I can recognize the direction a sound is coming from.
- It is relevant to know the direction of a sound.
- A 3D sound system would be useful. For example, you would hear thunder from the right direction or pilots voice

Strongly disagree Disagree Neutral Agree Strongly agree

-
-
-
-