

Sisekaitseakadeemia

Päästekolledž

Andres Sulg

RS090

PÄÄSTETÖÖD TUULEGENERAATORITES NARVA
TUULEPARGI NÄITEL

Lõputöö

Juhendaja:

Feliks Angelstok, PhD

Kaasjuhendaja:

Taavi Teets, BA

Tallinn 2013

ANNOTATSIOON

Kolledž: Päästekolledž	Kuu ja aasta: Aprill 2013
Töö pealkiri eesti keeles: Päästetööd tuulegeneraatorites Narva tuulepargi näitel	
Töö pealkiri võõrkeeles: Спасательные работы в ветреных генераторах на примере Нарвского ветропарка	
Töö autor:	Olen nõus oma lõputöö kättesaadavaks tegemisega elektroonilises keskkonnas.
Andres Sulg	Allkiri:
<p>Lühikokkuvõte:</p> <p>Käesolev lõputöö on kirjutatud teemal "Päästetööd tuulegeneraatorites Narva tuulepargi näitel". Lõputöö pikkus on 39 lehekülge. Lõputöö on kirjutatud eesti keeles, võõrkeelne osa vene keeles.</p> <p>Lõputöö eesmärk on anda ülevaade tuulegeneraatorites toimuvatest päästetöödest.</p> <p>Antud lõputööd saab kasutada koostöö vajalikkuse põhjendamiseks tuulikute omanike ja päästekomandode vahel, väljaõppe läbiviimisel komandodes ja taktikaliste juhendite väljatöötamisel päästetöödeks tuulegeneraatorites.</p> <p>Lõputöö tulemusena antakse soovitusel tuulegeneraatorite omanikele, komandodele ja teistele, kes reageerivad tuulegeneraatoris toimuvatele õnnetustele. Samuti koostatakse üldised tegevusjuhised õnnetustele tuulegeneraatorites reageerimiseks.</p>	
Võtmesõnad: tuulegeneraatorid, tuleohutus, päästetööd, ohutus	
Võõrkeelsed võtmesõnad: ветреные генераторы, пожарная безопасность, спасательные работы, безопасность	
Säilitamise koht: Sisekaitseakadeemia	
Kaitsmisele lubatud	
Kolledži direktor: Margus Möldri	Allkiri:
Vastab lõputöö nõuetele	
Juhendaja: Feliks Angelstok	Allkiri:

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. TUULEGENERAATORID	6
1.1. Tuulegeneraatorite ehitus	7
1.2. Tuulegeneraatorite hooldus	12
1.3. Statistika toimunud õnnetuste kohta	13
1.4. Ohud tuulegeneraatorites	13
1.5. Ohutusnõuded ja –meetmed ning päästetööd tuulegeneraatorites	14
1.5.1. Ohutusnõuded ja meetmed	15
1.5.2. Päästetööd	17
1.6. Narva tuulepark	24
2. UURING	28
2.1. Uuringu kirjeldus	28
2.2. Uuringu tulemused	29
2.3. Järeldused ja ettepanekud	33
KOKKUVÕTE	36
PE3IOME	37
VIIDATUD ALLIKATE LOETELU	38

SISSEJUHATUS

Eestis oli 06.11.2012 seisuga 126 installeeritud tuulikut. 2013. aastal on seisuga 03.04.2013 planeeritud rajada veel 8 tuulikut. Installeeritud tuulikute koguvõimsus on umbes 270 MW. Statistikas on kajastatud ainult tööstuslikud tuulikud. (Tuuleenergia Eestis 31.10.2012).

Eestis on viimasel ajal rajatud tuulegeneraatorite parke, kuna huvi tuuleenergia vastu on kasvanud. Tuulegeneraatorites võimalike tulekahjude või muude õnnetuste korraks ei ole autorile teadaolevalt tegevusjuhendeid ega teadmisi, mis võimaldaks kiiret ja kindlat päästetööde läbiviimist tuulegeneraatorites. Sündmused, mis võivad autori arvates aset leida, on abi vajava inimese (näiteks hooldust või remonti teostava isiku) allatoomine või päästmine tuulegeneraatorist ning tulekustutustööd tuulegeneraatoris. Näitena kasutatakse lõputöös Narva tuuleparki, tehes koostööd empiirilise uuringu raames Päästeameti Ida päästkeskuse ja Eesti Energia AS-iga (edaspidi Eesti Energia). Keskendutakse Narva tuulepargis olevatele tuulikutele, kuna tüübiti võib ehitus ja tegutsemine oluliselt erineda.

Tuulegeneraatorite arvu kasvades suureneb tõenäosus, et võib juhtuda mingi õnnetus ja seejärel on vaja reageerida tuulegeneraatoris toimuvale õnnetusele, kus tuleb teostada päästetöid.

Huvi teema vastu on näidanud üles Päästeameti Ida päästkeskuse töötajad: teema lõputöö raames analüüsimiseks on pakutud välja Jõhvi vanemoperatiivkorrapidaja Rainer Asuküla ja Ida-Virumaa päästepiirkonna juhi Tarmo Anton poolt.

Teadaolevalt ei ole Eestis läbi viidud uuringuid, kuidas tuulegeneraatorites peaks päästetöid läbi viima. Põhiliseks probleemiks on teadmiste, mis toetaksid päästetööde teostamist, puudumine.

Antud lõputöö eesmärk on välja selgitada ja seejärel anda ülevaade tuulegeneraatorite ehitusest tulenevatest ohtudes ja seal kasutusel olevatest ohutusmeetmetest ning esitada omapoolsed juhiseid tegevusteks tuulegeneraatorites toimuvatel päästetöödel.

Eesmärgi saavutamiseks analüüsitakse tuulegeneraatoritega seonduvaid ohte, võimalikke õnnetusi, nende lahendamise vajalikkust, nende lahendamiseks tehtavaid toiminguid, koostöö võimalikkust ja vajalikkust omanikuga. Empiirilise uuringuga analüüsitakse, millega on vaja päästetöödel tuulegeneraatorites arvestada, millised meetmed on vastu võetud ohutuse tagamiseks. Selle põhjal esitatakse juhised tegevusteks tuulegeneraatorites toimuvatel päästetöödel.

Lõputöö teoreetilises osas on plaanis kasutada olemasoleva teabe analüüsi ja sünteesi meetodit: analüüsitakse tuulegeneraatoritega seotud kirjandust ja statistikat. Algandmeid palutakse ka Eesti Energiast, et saada teada Narva tuulepargi tuulikute erisusi ja neis valitsevaid ohte, et hinnata nende kustutuse otstarbekust ja võimalikkust ning et teada neis kasutusel olevaid ohutusmeetmeid.

Lõputöös kasutatakse empiirilist uuringut, kus kasutatakse andmete kogumise meetodina vaatlust, mis viiakse läbi koostöös Eesti Energia ja Päästeameti Ida päästekeskusega. Külastatakse Eesti Energia Narva tuuleparki, kaasates külastusse Eesti Energia esindajat, Ida päästekeskusest meeskonnavanemat, vanemoperatiivkorrapidajat ning Ida-Virumaa päästepiirkonna juhti. Uuringu esimeses etapis tehakse vaatlus ja sellele järgneb tagasiside ja arvamuse saamine kaasatud isikutelt.

Antud lõputööd saab kasutada koostöö vajalikkuse põhjendamiseks tuulikute omanike ja päästekomandode vahel, väljaõppe läbiviimisel komandodes ja taktikaliste juhendite väljatöötamisel päästetöödeks tuulegeneraatorites.

Töö esimeses peatükis analüüsitakse tuulegeneraatori ehitust, selle hooldust, olemasolevaid ohutusmeetmeid, välismaal toimunud õnnetuste statistikat. Teises peatükis kirjeldatakse uuringu läbiviimist ja selle tulemusi. Kolmandas peatükis

tuuakse välja uurimuse põhjal tehtud järeldused ning tehakse omapoolsed ettepanekud.

Autor tänab lõputöö juhendajaid Feliks Angelstoki ja Taavi Teetsi, Päästeameti Ida päästkeskuse ametnike Tarmo Antonit, Rainer Asuküla, Ivan Egorovit ja Erkki Põldu ning Eesti Energis töötajat Leo Karafini, kes kõik abistasid autorit selle töö valmimisel.

1. TUULEGENERAATORID

Selles peatükis uuritakse ja antakse ülevaade tuulegeneraatorite (edaspidi ka tuulik) ehitusest, nende hooldusest, olemasolevatest ohutusmeetmetest ja välismaal toimunud õnnetuste statistikast.

Ehitusseaduse (EhS) mõistes on tuulegeneraatorid rajatised.

Kuna tuulegeneraator on elektriseade, siis teostab järelevalvet nende üle Tehnilise Järelevalve Amet, lähtudes Elektriohutusseadusest (EIOS) ja majandus- ja kommunikatsiooniministri 10.04.2007 määrusest nr 24 "Nõuded elektriseadmele ja paigaldisele, nende elektromagnetilisele ühilduvusele, märgistuse ja teabega varustamisele ning vastavushindamise kord".

Tuulegeneraator muundab tuule kineetilise energia mehaaniliseks pöörlemisenergiaks. (Risthein 2007: 75)

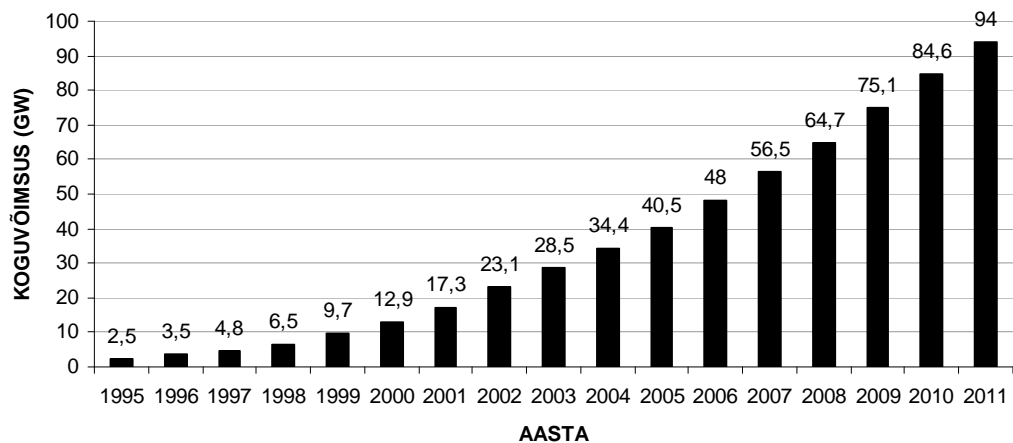
Tuulikuid on erinevaid, alates eraelamu toitmiseks mõeldud väikestest tuulegeneraatoritest kuni suurte tööstuslike tuulegeneraatoriteni. Nende ehitus võib tööpõhimõtte järgi samuti erineda. Antud töös käsitletakse tööstuslike tuulegeneraatoreid, mis on sarnased Narva tuulegeneraatorite pargis paigaldatutele.

Tehniliselt loetakse võimalikuks püstitada soodsatele aladele tuulelektrijaamu, mille koguvõimsus oleks kolm korda suurem, kui maailma elektritarbimine 2007. aastal. (Risthein 2007: 157)

Tuuleenergia leiab maailmas aina enam kasutamist ja on loetud üheks kõige konkurentsivõimelisemaks taastuvenergia liigiks. Eestis ehitatakse tuulegeneraatoreid juurde nii optimistliku kui ka konservatiivse prognoosi järgi. Taotlusi esitatakse palju, soovijaid sellesse valdkonda investeerida on palju. (Toom, Kuusik, Annuk ja Lepa 2009: 131-132)

2011. aastal Euroopa Liidus paigaldatud elektrienergia tööstuspaigaldistest oli 21% tuulegeneraatorid. Euroopa Liidu arengusuund on eemaldumine õli-, süsi- ja tuumaenergiast ning gaasi-, tuule ja päikeseenergia osakaalu tõstmine. 2011. aasta lõpu seisuga paigaldatud tuulegeneraatorid kataksid normaalsel tuule aastal 6,3% Euroopa Liidu elektrivajadusest. (Wind in power 2011 European statistics 16.12.2012)

Järgneval joonisel on kujutatud Euroopa liidu tuulegeneraatorite koguvõimsuse kasv aastast 1995 kuni aastani 2011.



Joonis 1. Tuulegeneraatorite koguarv Euroopa Liidus väljendatuna võimsuses (GW) (Wind in power 2011 European statistics 16.12.2012)

Tuulikud paiknevad tavaliselt gruppidena, mida kutsutakse farmideks või parkideks. Need paiknevad aladel, kus on ühtlane tuul vähemuutuva suuna ja tugevusega. (Potter 2011)

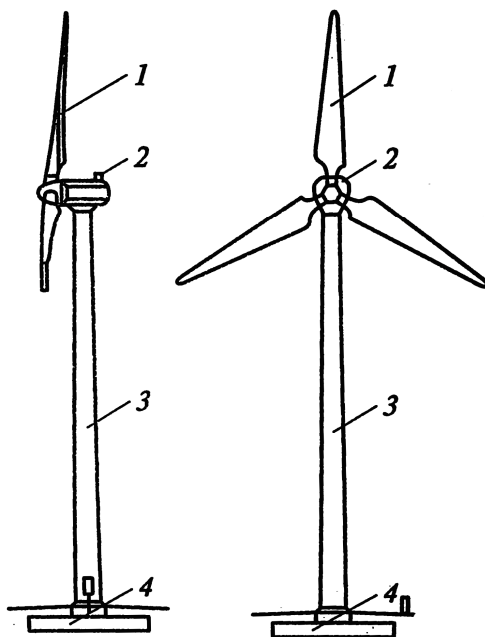
1.1. Tuulegeneraatorite ehitus

Tuuleelektrijaamade tuulegeneraatorid koosnevad järgmistest põhiosadest (Risthein 2007: 75; Redlinger, Andresen & Morthorst 2001: 52-55; Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend):

1. tiivik (samuti rootor), mis omakorda koosneb rootoripeast, rootorilabadest, völliist ja sageli ka rootorilabade pöörämismehhanismist;
2. gondel, mille koosseisu kuuluvad tiiviku völli laagerdus ja gondli pöörämismehhanism; gondlis asuvad ka reduktor (kui see on olemas) ja elektrigeneraator koos selle abiseadmetega;
3. torn, mis enamasti on torutaoline ja mis valmistatakse terasest või terasbetoonist ning mille sisemusse nähakse ette trepp või redel; väiksemate tuulikute (võimsusega kuni 100 kW) korral võidakse kasutada ka sõrestikmaste.
4. vundament, mis on tavaliselt betoonist tehtav alus, millel torn seisab.

Erinevate osade olemasolu sõltub konkreetsest tuulikust.

Tuulegeneraatori põhiosad on näidatud järgneval joonisel, kus number ühega on märgitud rootor, number kahega on märgitud gondel, number kolmega on märgitud torn ning number neljaga on märgitud vundament.



Joonis 2. Tuulegeneraatori põhiosad (Сибикин и Сибикин 2009:120)

Tiivik ehk rootor koosneb rootorilabadest ja rootoripeast, millele rootorilabad kinnituvad. See võib pöörelda kas fikseeritud kiirusega või muutuva kiirusega sõltuvalt tuulegeneraatorist. Rotorilabad võivad olla rootoripea külge ühendatud kindla nurga all või pööreldavatena. Kõige sagedamini kasutatakse tiivikut kolme

rootorilabaga. Rootorilabade kuju valitakse selliselt, et tuuliku kasutegur oleks maksimaalne. Muudetava nurgaga rootorilabad muudavad pööreldes oma nurka nii, et kasutada ära maksimaalselt tuule energiat. Rootoripea ühendab omavahel rootorilabasid ja põhivõlli ning sellel võivad olla rootorilabade reguleerimismehhanism ja hädaolukorra aerodünaamiline pidur. (Redlinger, Andresen & Morthorst 2001: 52-55)

Gondel on kastikujuline struktuur, mis asub rootori taga. Selles asuvad käigukast, generaatorid ning mitmesugune kontrollimise ja monitooringu seadmestik. Käigukast muudab peavõlli pöörlemiskiirust generaatorite jaoks sobivaks. Peavõlli pöörlemist võidakse kanda edasi kordades suuremana, et saada elektrivõrgule sobiva kvaliteediga voolu. Kasutatakse erinevat tüüpi generaatoreid. (Redlinger, Andresen & Morthorst 2001: 52-55)

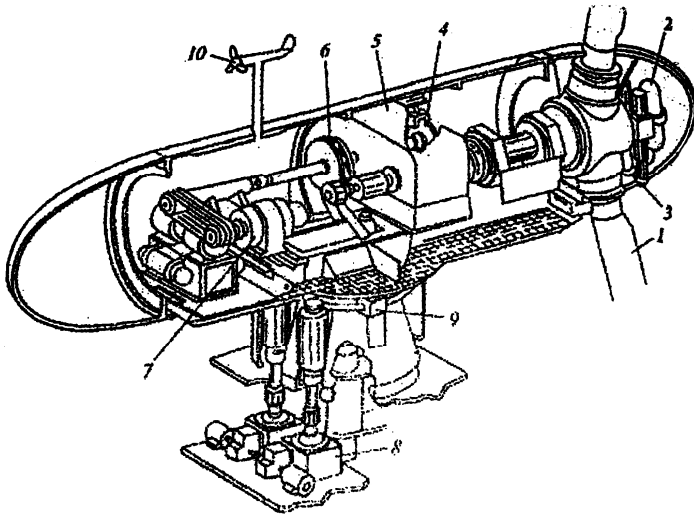
Generaatorite abil muudetakse võlli pöörlemise energia elektrienergiaks.

Gondli alumises osas, kus gondel on ühenduses torniga, asub gondli pööramise mehhanism, mille abil pööratakse gondel nii, et rootor oleks suunatud tuule liikumise suunale vastupidises suunas või tuule liikumise suunas, sõltuvalt tuulegeneraatorist. See mehhanism võib olla nii automaatselt kui ka käsitsi juhitud. (Redlinger, Andresen & Morthorst 2001: 52-55)

Järgneval joonisel on näha näidet tuulegeneraatori gondli ehitusest. See võib sõltuvalt generaatori mudelist erineda. Joonisel on kujutatud järgmised osad:

1. rootorilabad;
2. rootorilabade pööramissüsteem;
3. võll;
4. ketaspidur;
5. multiplikaator;
6. hüdroksidur;
7. generaator;
8. pööramissüsteemi mehhanism;
9. pööramissüsteemi pidur;

10. pööramissüsteemi andur.



Joonis 3. Gondli ehitus (Сибикин и Сибикин 2009:120)

Tööstuslikel tuulegeneraatoritel on gondlitel samuti olemas pääs gondlisse ja julgestuspunktid gondlis ja gondli peal viibijate jaoks.

Erinevate tootjate gondlid on erinevad, kuid nendes kõigis on üsna kitsas. (Potter 2011)

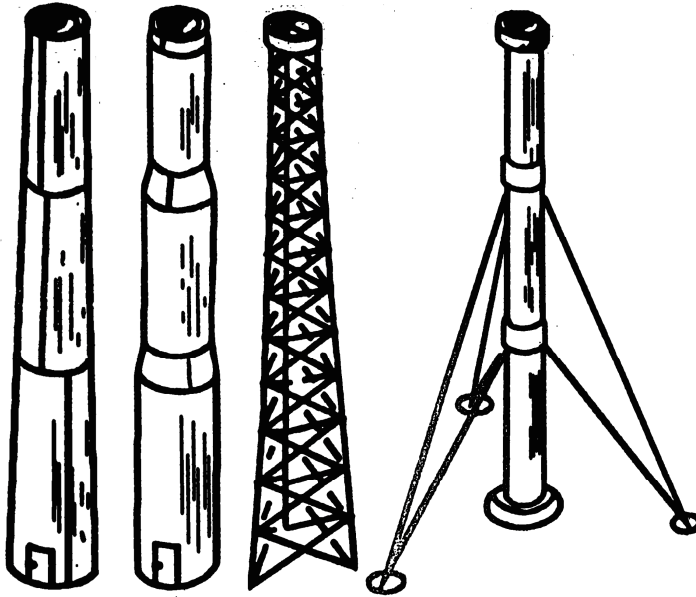
Tuulegeneraatori kontrollsüsteem asub tavaliselt tornis. Kontrollsüsteemi ülesanne on jälgida mitmeid näitajaid: käigukasti temperatuur, generaatori temperatuur, tuule kiirus, vibratsioon jm. Näiteks väga suure tuule kiiruse puhul võib olla vajalik ohutuse mõttes tuulegeneraatori töö peatamine. Tuuleparkides võivad tuulegeneraatorid olla ühendatud ühisesse tsentraalsesse monitooringu süsteemi. (Redlinger, Andresen & Morthorst 2001: 52-55)

Torni kõrgus peab olema piisavalt suur selleks, et rootor oleks soodsal kõrgusel, st kõrgusel, kus on tuule kineetiline energia suurem. Väiksematel tuulegeneraatoritel on torni kõrguse suhe rootori diameetrisse suurem. (Lynette & Gipe 1994: 152)

Torn on enamasti ringikujulise ristlõikega ning kõige sagedamini on see tehtud terasest ja betoonist. (Redlinger, Andresen & Morthorst 2001: 52-55)

Torni sees on redel, vahel ka lift, liikumiseks üles ja alla. Tornidel võivad olla vahetasemed, kus asuvad platvormid.

Järgneval joonisel on näha erinevaid kasutatavaid tornide liike, mis on vasakult paremale loetledes järgmised: karkasstorn; astmeline karkasstorn; võretorn, vanditud karkasstorn (või vanditud tala).



Joonis 4. Kasutatavad tornide liigid (Lynette & Gipe 1994: 153)

Eelistatakse karkasstorne, vaatamata nende suuremale hinnale, kuna need pakuvad ohutumat ja mugavamat töökeskkonda. (Ragheb 2012: 15)

Tuulegeneraatori madalpingeline elektriväljund generaatorist ühendatakse elektrivõrku kõrgpingekaabliga läbi transformatori, mis asub üldjuhul tuulegeneraatorist väljas. (Redlinger, Andresen & Morthorst 2001: 52-55)

Tuulegeneraatorite keskmine kõrgus võib olla 100 meetrit keskmise rootorilaba pikkusega 30 meetrit. Enimlevinud on tuulegeneraatorid kolme rootorilabaga. Torni diameeter võib olla maa juures umbes viis meetrit, keskel umbes neli meetrit, üleval umbes kaks kuni kolm meetrit. (Potter 2011)

1.2. Tuulegeneraatorite hooldus

Analüüsid hoolduste läbiviimisel on näidanud, et tuulikute liikuvad osad kuluvad ja konstruktsiooniosad niioelda väsivad ning vajavad selle tõttu pidevat hooldust ja kontrolli. (Lynette & Gipe 1994: 198)

Põhiliselt nõuab tuulikute hooldus tornides ronimist või kraanide ja tõstukite kasutamist ning seepärast kasutatakse ohutuse mõttes enamasti vähemalt kahemehelist hooldusmeeskonda. (Lynette & Gipe 1994: 198)

Hoolduse võib jagada tähtajaliseks ja vajadusepõhiseks hoolduseks. Tähtajalised hooldused viiakse läbi iga mingi ettenähtud ajaperioodi möödudes. Vajadusepõhised hooldused viiakse läbi siis, kui monitooringusüsteemide näitude järgi või muu signaali järgi (visuaalne hinnang, tähtajalise hoolduse käigus saadud info) hinnatakse, et see on vajalik. Tavalised tähtajalise hoolduse toimingud on näiteks õlitamine, õlivahetus, puhastus, detailide ja ühenduste kontroll pidurisüsteemide ja rihmade kontroll; neid toiminguid võib olla veel: nt värvimine, detailide vahetus ja muud toimingud. Vajadusepõhine hooldus võib sisaldada vigastatud või riknenud detailide vahetust või remonti, tekkinud vigade parandamist (andurisüsteemid, juhtimissüsteemid). (Lynette & Gipe 1994: 199)

Lynette ja Gipe (1994: 199) toodud statistika järgi California erinevate tuulegeneraatori mudelite kohta on vajadusepõhise hoolduse peamised põhjused järgmised (loetelus on toodud juhtumid ja nende esinemise arvu protsent):

1. sensorid, andurid - 23%;
2. elektriseadmed - 21%;
3. gondli pöörämismehhanism (hammasrattad) - 17%;
4. ülekandevõllid - 12%;
5. juhtsüsteemid (*controls*) - 10%;
6. rootorid - 8%;
7. muu varustus ja seadmestik - 6%;
8. tornid - 3%.

1.3. Statistika toimunud õnnetuste kohta

Caithness Windfarm Information Forum on leidnud 1292 õnnetusjuhtumit, millele on leitud kinnitus. Nad märgivad oma uurimuses, et Suurbritannia ettevõtte RenewableUK on teatanud, et Inglismaal oli 5 aastaga juhtunud 1500 tuulikuga seotud õnnetusjuhtumit, mis tähendab, et kogutud andmed võivad olla vaid väike osa tegelikult aset leidnud õnnetuste arvust. Mitmed õnnetused on lõppenud inimkannatutega või hukkunutega. Enamik kannatanutest on statistika järgi tuulikutega seotud töölised: ehitustöölised või hooldustöölised. (Summary of Wind Turbine Accident data to 30 Sept 2012 31.10.2012)

RenewableUK andmetel on Suurbritannias 4366 toimivat tuulikut, millest 3570 on maapealsed. (Figures 30.01.2013)

Ameerika Ühendriikides teatas tööamet 75 tööõnnetusest inimkannatanutega millest kaheksa juhtus 2007. aastal. Peamised õnnetuste põhjused on rootorilabade purunemine, õlilekked, tulekahjud ja tornide varisemised. (Ragheb 2012: 3)

Õnnetuse põhjust ei ole alati võimalik üheselt kindlaks teha. Näiteks 2012. aasta mai kuus sai tehnik tuulegeneraatoris elektrilöögi. Sellise juhtumi puhul on raske kindlat põhjust määrata, tegemist võib olla ebapiisavate ohutusreeglitega, ohutusreeglite vastu eksimisega või tuulegeneraatori süsteemiveaga. (Wind turbine safety rules 04.10.2012)

1.4. Ohud tuulegeneraatorites

Caithness Windfarm Information Forum on statistika koostamisel õnnetusjuhtumite kohta jaganud juhtumid järgmistesse enimlevinud õnnetuste liikide kategooriatesse: inimvigastused, tiiva purunemine, tulekahju, konstruktsiooni purunemine, jää lendumine (tiibadele külmunud jää tükkide

lendumine) ja muud õnnetused. (Summary of Wind Turbine Accident data to 30 Sept 2012 31.10.2012)

Suuremad riskiallikad on tuulegeneraatoris järgmised (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012):

1. suur gondlis sisalduva väärtus;
2. suur arv süüteallikaid gondlis ja suurendatud pikse tabamise tõenäosus;
3. mehitamata operatsioonid;
4. päästemeeskondade võimetus teostada päästetöid suure kõrguse tõttu.

Tulekahjud võivad toimuda tuulegeneraatoris erinevates kohtades, erinevate kütuste ja süüteallikatega. Süüteallikad ja kütused on olemas kõigil kõrgustel. Kütusteks võivad olla kaablid, plastik, riie ja vedelikud (õlid, määrded, hüdrovedelik) koguses, mis võib ületada 500 liitrit. (Potter 2011)

Tuulegeneraatorid võivad halva nähtavuse korral olla ohtlikud ka lennutranspordile ja langevarjuritele. Lennutranspordile on nad ohtlikud halva paigutuse ja nähtavuse korral, kui need asuvad maandumis- või tõusmisjoonel või selle läheduses. Langevarjuritele ja liuglejatele on nad ohtlikud ka seepärast, et tuulegeneraatorist läbi minnes muutub õhu liikumise iseloom. (Ragheb 2012: 12)

1.5. Ohutusnõuded ja –meetmed ning päästetööd tuulegeneraatorites

Tuulikute tulekahjudega võib kaasneda suur varaline kahju tuuliku suure väärtuse ja selle töö katkemise tõttu. Tuuliku tulekahjuga võivad kaasneda kõikide ühte võrku kuuluvate tuulikute lahtiühendamine ja parandustööd ning metsa- või maastikutulekahju. Maastiku- ja metsatulekahju võivad põhjustada põlevate detailide ja konstruktsiooniosade kukkumine. (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012)

Põhiliste tulekahju põhjustena on toodud välja järgmised põhjused (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012; Potter 2011):

1. pikne;
2. tehnilised rikked (elektrilised seadmed, ülekuumenemine);
3. kuumad pinnad (pidurdussüsteemid, sädemed, kehv õlitus);
4. tuletööd (parandustööd);
5. suur põlemiskoormus (õlid, plastik, juhtmestik, kaablid);
6. päästemeeskondade raskendatud juurdepääs koldele (elekter, redel- ja tõstukautode ebapiisav pikkus; osade kukkumisoht).

1.5.1. Ohutusnõuded ja meetmed

Tuulikute ehitamisel ja võrkuühendamisel tuleb järgida paljusid nõudeid, sh nõuded väljastatavale voolule, rikketaluvusele, ühendusele võrguga. (Toom, Kuusik, Annuk ja Lepa 2009: 134-135)

Ehitusseadus (EhS) § 3 lg 1 järgi tuleb igasugune ehitis projekteerida ja ehitada kooskõlas aktidega ja nii, et see ei tekitaks ohtu inimese elule, tervisele või varale või keskkonnale. (Ehitusseadus, 15.05.2002)

Euroopa tuleohutusorganisatsioonid on töötanud välja ühtsed aktsepteeritavad tuleohutusnõuded ja lahendused tuulegeneraatorite jaoks. (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012)

Tulekahju korral võib hävida tuulegeneraatoril kogu gondel. (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012)

Tulekahju ärahoidmise ja tõkestamise meetmed on (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012):

1. mittesüttivate või raskestisüttivate materjalide kasutamine;
2. varajase avastamise ja alarmeerimise seadmestik;
3. sagedane ja professionaalne hooldus;
4. automaatne ja täielik võrgust lahtiühendamine tulekahju tuvastamisel;
5. töötajate väljaõpetamine hädaolukorras tegutsemiseks ja hädaolukorraplaani koostamine;

6. tulekustutussüsteemide paigaldamine.

Nende meetmete vajalikkus sõltub tuulegeneraatori suurusest, ehitusest ja võimsusest. Lisaks eelpool nimetatud meetmetele on soovitatav hoida 25 m raadiuses ümber torni maa puhta, et vältida maastiku- ja metsatulekahjude teket. (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012)

Samuti ei tohiks tuulegeneraatorite läheduses elada inimesi ja asuda puhkekohti, kuna külmal ajal on jää lendumise oht rootorilabadelt, mille kiirus tippudes võib ulatuda 300 km/h. (Ragheb 2012: 2)

On oluline, et reageerivad teenistused suhtleksid ja teeksid koostööd tuulikute valdajatega, et luua plaan reageerimiseks ja olla tuttavad objektiga. On soovitatav viia läbi harjutusi tuulikutes. (Potter 2011)

Päästesündmustel tuuleparkides võib olla suureks probleemiks see, et pargis pole kohal pidevat mehitatust tehnikutega: tihti on olemas vastutav isik, kes aga ei ole pidevalt kohal, vaid on reageeriv mujalt. Seetõttu sõltub tulekahju avastamine ja tõrjumine olemasolevatest ohutussüsteemidest. Alarmerimissüsteemi juures peaks olema ööpäevaringne valve, et saaks võtta vastu andmeid ja edastada neid reageerivatele operatiivressurssidele võimalikult kiiresti. (Potter 2011)

Tulekustutussüsteem on otstarbekas, kuna päästjate tulekustutusvõimekus on tuulikutes tugevasti piiratud. Arvestades tööliste ohutust peab kustutusagent olema inimesele ohutu: parimad on gaas ja vesi või tingimustega sobiv vaht. Samuti võiks igasse tuuliku osasse paigaldada sobiva agendiga tulekustuti tulekahju kustutamiseks algstaadiumis.

Tuulepark peaks olema tööstuslik ala ja see peaks olema suletud jahtimiseks, sõitmiseks või muuks vaba aja viitmiseks. Sellega väheneks nii oht inimestele kui ka sabotaaži- ja vandalismioht. (Ragheb 2012:14)

Ameerika Ühendriikides on 11 õnnetusjuhtumit 15-st põhjustatud pikselöögist. Tuulikute rootorilabad ja põhiosad peavad olema maandatud ja gondli sisu varjestatud. (Ragheb 2012:6-9)

Äärmiselt oluline on töötaja ohutuse tagamine. Selleks peab olema töötamise tõttu kõrguses kukkumise kaitse. Redelid peavad olema paigaldatud nii, et töötaja saaks vajadusel ronides puhata. Töötaja peab ronimise ajal olema julgestusega kinnitatud redeli sihis mineva trossi külge. See peab tagama julgestuse nii üles kui alla ronides ning pehmemdama lööki kukkumisel. Liikuvad osad peaks olema fikseeritud asendis ja ilmastikuolud peaksid olema head hoolduse või remonditöö ajal. (Ragheb 2012: 16)

1.5.2. Päästetööd

Et päästetöid oleks võimalik efektiivselt teostada, peavad tegema tööd nii tuulegeneraatorite omanik või hooldaja kui ka päästeorganisatsioon.

Enamik õnnetusi juhtub kõrgel. Selleks et seal oleks võimalik abi osutada peab olema vastav väljaõpe ja varustus. Selliseid juhtumeid võimaldab vähendada hästi läbimõeldud kukkumise eest kaitsmise programm. Selle aluseks on korralik isiklik varustus (kiiver, kindad, rakmed) ja gondli korrashoid (sinna tööriistade ja varuosade mitte kuhjamine). Samuti tuleks õpetada töölised välja kõrgusest laskuma juhaks, kui torni redelit laskumiseks kasutada ei saa. (Getting staff on board with wind turbine safety 29.11.2012)

USA ettevõtte Duke Energy viib läbi õppusi kõrgustes esmaabi osutamise osas. Ühel esimestest õppustest selgus, et mõned töötajad hindasid oma teadmisi esmaabi osutamise osas ebapiisavateks. Võib tekkida olukordi, kus on vajalik osutada esmaabi enne kui kannatanud võib alla lasta. Abi osutamisel üleval gondlist väljas, gondlis või tornis, peab olema tagatud nii abistaja kui abivajaja ohutus. Abi osutajal peavad olema oskused tuvastada kõige tõenäolisemaid vigastusi: põletused, suured verejooksud, elektrilöögid, amputatsioonid. Samuti peavad olema oskused paigaldada lahaseid, pakkida kannatanuid, stabiliseerida kannatanuid. Üleval võib meedikute abi olla praktiliselt võimatu, kuna meedikud võivad mitte olla suutlikud seda tegema või keelduda sellest ohu tõttu. Seega peaks iga üleval töötaja ja päästja omama neid oskusi. (Getting staff on board with wind turbine safety 29.11.2012)

Torn võib olla 100 meetri kõrgune, kitsa tõusu ja juurdepääsuga, vertikaalsete redelite ja kitsaste liftidega. Sellepärast peab päästmise taktika ja tehnika olema läbi mõeldud. Aluseks sobib kõige paremini kõrgustest päästmise tehnika. Seejuures tuleb arvestada tuulikute erisustega. (Potter 2011)

Tulekustutus on kõrguse, raske juurdepääsu tõttu ja detailide kukkumise ohu tõttu ohtlik ja vahel võimatu. Seepärast loetakse enamusel juhtudel kõige otstarbekamaks tulekahju korral päästjatel turvata ja takistada tulekahju levikut. (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012)

Omanik saab omalt poolt kahjude vähendamiseks õnnetuse korral teha ära järgmised tegevused (Wind turbines fire protection guideline 10.12.2012):

1. personali väljaõpetamine hädaolukorras toimimiseks ja plaani koostamine hädaolukorraks;
2. koostöö tegemine päästeorganisatsiooniga (infovahetus, suhtlemine, õppused);
3. ümbruskonna elanikkonna teavitamine;
4. automaatne tuulegeneraatori võrgust lahtiühendamine ja väljalülitamine õnnetuse korral;
5. efektiivne õnnetusest teavitamise süsteem;
6. informatsiooni, mis mõjutab päästetöid (tuulegeneraatori ehitus, juurdepääs, elektriõht ja muu), kättesaadavaks tegemine päästeorganisatsioonile.

Hispaania on maailma tuuleenergia tootmises neljandal kohal. Navarra regioon on suurima tuulikute arvuga regioon. Navarra Emergency Response Agency töötab välja standardtegevuste juhised reageerimiseks tuulegeneraatoritega seotud õnnetusjuhtumitele, mis on seotud kõrgustest inimeste päästmisega. Nende standardtegevuste juhised on toodud järgnevas tabelis. (Potter 2011)

Tabel 1. Navarra tuulikute kõrgustest päästmise standardtegevuste juhised (Potter 2011)

Etapp	Märkused
1. Tuuliku asukohta määramine	Kaardid Tuulikute nummerdus GPS koordinaatide olemasolu
Kontakti saavutamine tuuliku tehnikuga	Varustuse saamine omanikult Kinnituse saamine ohutuse kohta (elektri väljalülitatus, mehaaniliste osade blokeeritus)
Juurdepääs kannatanute juurde	Eluliini kasutamine (selle olemasolul tuulikus) Päästeorganisatsiooni kõrgustest päästevarustuse kasutamine
Kanderaami ja laskumismehhanismi moodustamine	Tuuliku vintsi kasutamine (selle olemasolul) Päästeorganisatsiooni kõrgustest päästevarustuse kasutamine
Kannatanu evakuatsioon	Tavaliselt on vaja kolme nööri: laskumisnöör, julgestusnöör ja suunamise nöör

Eraldi etapid ja nende osad on põhjalikumalt lahti kirjutatud ning ära toodud järgmises tabelis.

Tabel 2. Navarra tuulegeneraatorist kõrgustest päästmise etappide täitmise nõuded (Potter 2011)

Etapp	Märkused
Tuuliku seiskamine	Hädaväljalülitust ei tohi teostada kannatanu asukohta tuvastamiseni Seiskamise peab teostama tuuliku operaator
Meeskondade juurdepääs	Päästjad lähevad torni/gondlisse/rootorile torni seest kasutades täielikku julgestust Kiirabitöölised lähenevad torni/gondlisse päästjate abiga pidevalt täielikult julgestatuna
Sündmuse ulatuse suurenemise ärahoidmine	

Tabeli 2. Navarra tuulegeneraatorist kõrgustest päästmise etappide täitmise nõuded (Potter 2011) järg

Varustuse kohaletoomine	Võimalusel torni sees tõustes, et see ei jääks kuskile kinni ega vigastaks tuulikut Väljaspool tuulikut vintsi või nõõripääste varustuse abil
Kannatanu stabiliseerimine	Päästja otsustab, kas kannatanu on vaja toimetada platvormile või gondlisse, et stabiliseerida, sõltuvalt ruumi piisavusest
Evakueerimine	Gondlist eemal tornis, kui kannatanu on platvormil, laskumise ja julgestusnõõr kinnitatakse platvormist kõrgemale; julgestusel kannatanu korral kinnitatakse kannatanu ja seejärel lastakse alla päästja või kandraamiga Gondlis või gondli lähedal tuleb kannatanu võimalusel viia platvormile; luuakse kolm liini (laskumise, julgestamise, suunamise) ja kannatanuga laskub päästja
Transport meditsiinasutusse	Lisaks kiirabi juurdepääsule võib tuulepargis olla helikopteri maandumiskoht

Teostades päästetöid tuulikutes tuleb arvestada pidevalt suure kõrguse, mehaaniliste seadmete liikuvate osade rohkusega, kukkumise, elektrilöövide ja lõksujäämise ohtudega. (Potter 2011)

Päästja isiklik varustus päästetöödel tuulikus on järgmine (Potter 2011): sobivad rakmed julgestusmehhanismiga, sobiv kiiver ja kindad.

Meeskonna varustus päästetöödel tuulikus on järgmine (Potter 2011):

- kott nõõripäästevarustusega (laskumisseadmed, nõõriklambrid, karabiinid, o-rihmad jm);
- sobiv kukkumisvastane julgestus, mis peaks olema saadud generaatori hooldajalt või omanikult või dünaamiline nõõr oma julgestuse loomiseks;

- piisava pikkusega staatiline ja dünaamiline nöör;
- Kandraam, rakmed või muu kannatanud horisontaalset ja vertikaalset liigutamist võimaldav varustus.

Lisaks eelpool nimetatule võivad olla vajalikud kandelambid ja raadiojaamad, mis sobivad suletud metallkonstruktsioonides töötamiseks. Tornide suure kõrguse tõttu võib tekkida olukord, kus tuleb nööre omavahel siduda; sellises olukorras tuleb jälgida seda, et see ei takistaks laskumist ning et nöör kuskile kinni ei jääks. (Potter 2011)

Igasuguse töö korral peab kohal viibima tuuliku operaator ja peavad olema täidetud järgmised põhitingimused (Potter 2011):

- peab olema veendunud, et seade on välja lülitatud ning et see ei taaskäivitu;
- tuulik peab olema võrgust lahti ühendatud;
- töö toimub pidevalt julgestatuna vähimagi kukumisohu olemasolul, ka gondlis.

Navarra standardtegevuste juhised tulekahjude korral tuulikutes on järgmised (Potter 2011):

1. tagada, et tuulik on võrgust lahti ühendatud, ja veenduda selles;
2. tagada ohutusperimeeter raadiusega 230 meetrit tuuliku ümber osade kukumise ohu tõttu;
3. piirata tulekahju levik.

Tulekahju korral on oht, et tulekahju levib maastikule ja sündmuse ulatus suureneb. On teada tulekahjusid, kus tuuliku konstruktsioonid on purunenud ja toimusid varingud. (Potter 2011)

Tuulikuteni jõudmiseks võib sõltuvalt juurdesõidust vaja minna täisveolisi sõidukeid. (Potter 2011)

Tulekustutuse teostamise võimalust piiravad tingimused on tulekahju väga suur kõrgus, kitsas juurdepääs tulekahju kohta. Juhtumid, kus operatiivteenistus suudab

teostada aktiivset rünnakut ja saada tulekahju kontrolli alla, on väga haruldased. Standardtegevuste juhiste põhireegli järgi ei peaks üritama tulekahju kustutada tuld tornis aktiivselt rünnates, vaid tuginema tulekustutuspaigaldistele. Samal ajal on tarvis korraldada kaitse ümbritsevatele ohustatud hoonetele, taimestikule ja muule. (Potter 2011)

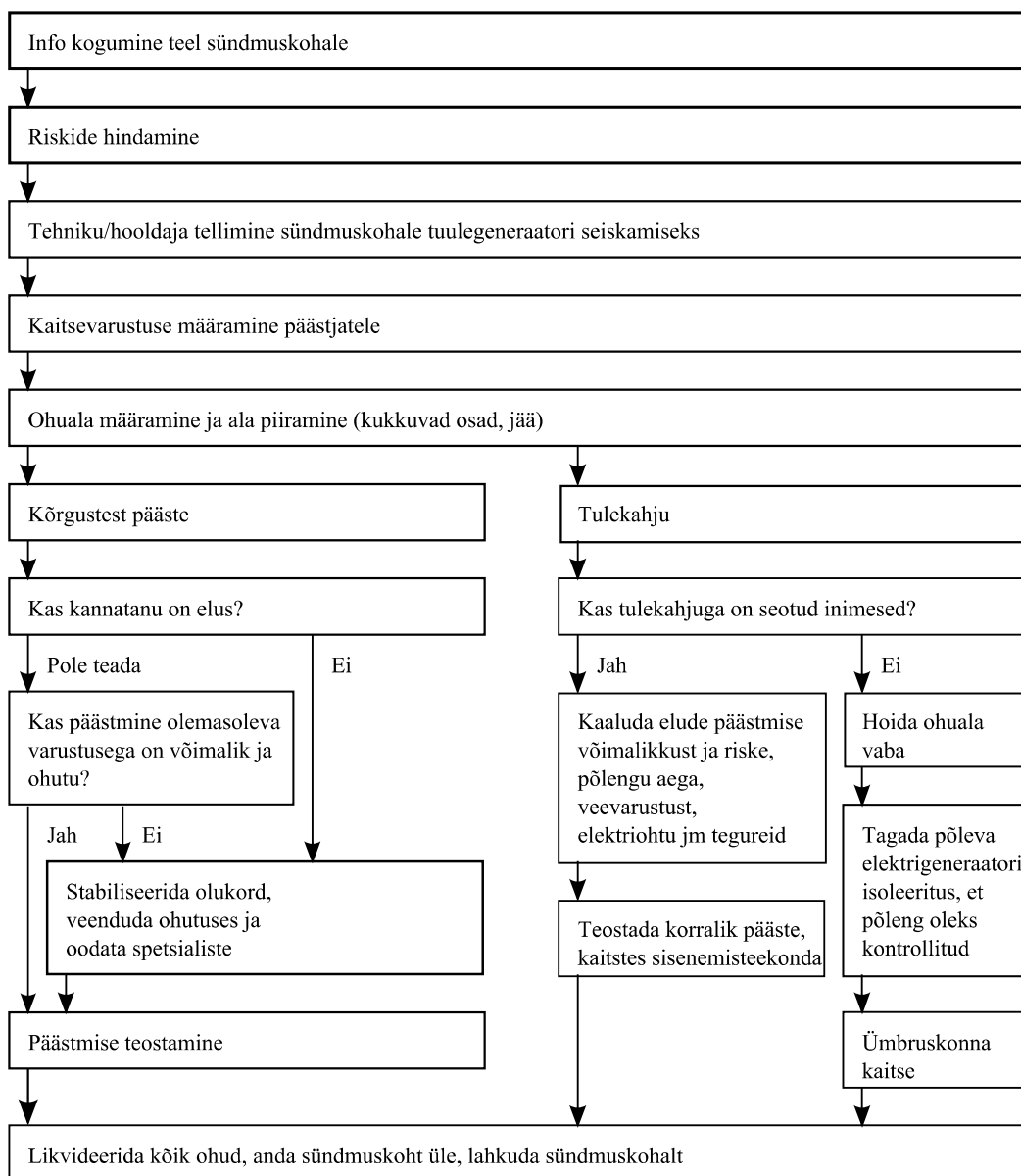
Et sündmuse lahendamine oleks võimalikult kiire, peab häire vastuvõtja pärast ressursside alarmeerimist saama teatajalt järgmised andmed (Potter 2011):

- sündmuse liik (kukkumine, tulekahju, lõksujäämine);
- sündmuse asukoht (pargi asukoht, tuuliku number);
- kannatanute arv, asukoht ja seisund;
- juurdepääs parki ja tuuliku juurde;
- ilmastikuolud;
- muu lisainfo.

Nottinghamshire on koostanud standardtegevuste juhised. Nendejärgi on vaja tuulegeneraatoris toimunud õnnetusele reageerides arvestada järgmiste ohtudega (Wind turbines standard operating procedure 18.11.2009):

- kitsad ruumid;
- kukkumine;
- tuli;
- elekter;
- sissepääs ja väljumine;
- kukuvad osad, varustus ja muu;
- konstruktsiooni varing;
- ilmastikuolud;
- sidepidamise keerukus;
- liikuvad masinaosad.

Järgneval joonisel on näha standardtegevuste juhised Nottinghamshire koostatud juhendist.



Joonis 5. Standardtegevuste juhised õnnetustel tuulikutes (Wind turbines standard operating procedure 18.11.2009)

Samuti on Nottinghamshire standardtegevuste juhised toodud ära soovitusel, kuidas ohtudest ja riskidest lähtuvalt võiks tegutseda. Ohu puudumisel inimese elule on soovitatav oodata ära spetsialist. Kui inimese elu on ohus tuleb tegutsemise otsuse tegemisel uurida, kui kaua läheks aega spetsialistil kohale saabumiseks ning kas nendega saab juba varem konsulteerida. Enne tööde alustamist tuleb teada torni kõrgust ja tuuliku seisundit. Tulekahju korral tuleb teada tulekahju ulatust. Võimalusel peaks gondel ja rootor olema lukustatud. Tulekahjudel tuleks võimalusel rakendada tulekahju kontrolli ja kaitsvat taktikat,

määrates ohuala ja piirates selle, ning läheneda ülevalt poolt tuult. Päästetööde läbiviimisel kaasata võimalusel alati hooldaja päästemeeskonda. Alati tuleks tagada elektri väljalülitus ja personali evakuatsioon. Enne töid tuleb viia läbi instruktiaž ohtude kohta ja tagada toimiv sidepidamine ning kaitsevarustuse kasutus. Kogu tegevuse juures ei tohi unustada muudest juhenditest tulenevaid nõudeid (näiteks suitsusukeldus, kõrgustest pääste). (Wind turbines standard operating procedure 18.11.2009)

1.6. Narva tuulepark

Narva tuulepargiga tutvumiseks teostati lõputöö koostamise käigus külastus parki ja ühte tuulepargi tuulikute ning tutvuti tuuliku juhendiga. Tuulepargis olevate ENERCON tuulikute juhendis (edaspidi juhend) on antud ülevaade tuuliku ehitusest, ohutusest, käitamisest, juhtimisest, kasutamisest, riketest, hooldusest, parandustöödest ja lõplikust seiskamisest.

Gondel ja rootorilabad on pöörlevad. Alaldi asub tuuliku gondlis, vaheldi ja transformaator asuvad tuuliku torni alaosas. Torni alaosas on juhtkilp, mis võimaldab tuuliku töö seisata ja selle näite jälgida, ja gondlis on gondli juhtkilp. Kilbist on võimalik teostada tuuliku käsitsijuhtimist. Kilpide vahel on eraldiseisev telefonside. Lisaks juhtimisvõimalustele on kilbis tähistatud hädapeatamise nupp, mis vajutusel lukustub vajutatud asendis, et tuulik ei taaskäivituks. Hädapeatamise nupp seiskab tuuliku aga elektrivool jääb sisse, selle väljalülituseks on vaja kasutada pealülitit, mis asub samuti kilbil. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Narva tuulepargis on 17 tuulikut, ühe tuuliku nimivõimsus on 2300 kW. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Tuulikutel on olemas siseküte, mis võimaldab soojendada rootorilabasid. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Tuuliku rootori läbimõõt on 82 meetrit, ühe rootorilaba pikkus on 38,8 meetrit, tuuliku kõrgus on 107 meetrit. Tuulikul on 3 rootorilaba, mis on toodetud klaaskiudplastist, epovaigust ja puidust. Ühe rootorilaba mass on umbes kaheksa tonni, gondli kogumass on umbes 136 tonni. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Tüübilt on rootor vastutuulerootor, mis tähendab, et rootor on tööasendis suunatud tuulesuunaga vastu.. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Tuulikul on kaks pidurdussüsteemi: aerodünaamiline pidurdamine laba pööramisega ja elektromehhaaniline pidur. Tavaolukorras kasutatakse aerodünaamilist pidurit, elektromehhaanilist pidurit kasutatakse hädaolukorras või hoolduse teostamisel. Samuti on olemas lukustus (3 teraspolti, mis võimaldavad rootorit lukustada iga 15 kraadi tagant). Rotoriosa juures tohib teha tööd ainult lukustatud rootori korral, sest pidurid ei garanteeri rootori mitteliikumist. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Käigukast ehk ülekanne Narva tuulepargi tuulikutel puudub. Jahutuseks kasutatakse õhkjahutust. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Tuulik saab töötada kahes režiimis: automaatrežiim ja käsitsirežiim. Automaatrežiimi korral töötab tuulik automaatselt anduritelt saadud näitude järgi kohandudes. Käsitsirežiim on ettenähtud hoolduste läbiviimiseks ja rikete kõrvaldamiseks. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Juhendi järgi on vaja tuulikut regulaarselt hooldada: kord aastas on vaja viia läbi vaatlushooldus, määrdehooldus, elektriline hooldus ja mehaaniline hooldus. Neid hooldusi soovitatakse jagada ühtlaselt aasta peale, et vigade avastus oleks võimalikult kiire. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Tuulikus toimub turbiinikomponentidel pidev temperatuuri jälgimine. Selle tõusmisel liiga kõrgeks tuuliku töö peatatakse ja see käivitatakse taas temperatuuri

langemisel. Temperatuuriandureid ennast kontrollitakse samuti. Kasutusel on ka dubleerivad andurid ja ületemperatuurilülitid. Kõiki kooste ja siseruume jahutatakse õhuga. Mõnesid osasid soojendatakse temperatuuri langemisel (labareguleerijate avariitoide, generaator). Tuulikutes on ka teisi süsteeme, mis tagavad rikete vältituse ja töökorra, näiteks niiskusevastased kuivatussüsteemid. Äärmiselt oluline on jää tuvastus ja eemaldus. Kõrvalekallete puhul töö seisatakse ning kas oodatakse, et jää sulab ise või sulatatakse see labakütte abil. Seejuures tuleb arvestada jääsajuga. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Narva tuulepargis kasutatakse seiresüsteemi, mille puhul tuulikud ühendatud SCADA süsteemi abil tuulikute tootja ENERCONI teeninduskeskusega. Teeninduskeskus saab igal ajal pärida iga tuuliku tööandmeid ning koheselt reageerida ebatavalistele näitudele või riketele. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Tuulikutesse paigaldatakse palju ohumärke, mis hoiatavad ohtudest (näiteks "oht elektrivoolu tõttu"). Ohutuspaigaldisena on olemas avarii-nupp. Pealülitist on võimalik kogu tuulikust vool välja lülitada. Oluline on teada, et avarii nupp lukustab rootori, aga ei lülita välja elektrit, pealüliti vastupidi lülitab elektri välja, aga rootorit ei peata. Tuuliku uks on seest alati avatav, ka siis, kui see väljast suletakse. Andurite näidud edastatakse tuuliku juhtseadmele, mis vajadusel reguleerib tuuliku tööd või peatab selle. Osad andurid on ohutuse mõttes dubleeritud. Juhendis on öeldud, et kasutatav piksekaitse süsteem tagab suure tõenäosusega normaalse töö pärast pikselööki. Gondlil on piksevardad ja gondel ise on varjestatud. Piksekaitse on ka rootorilabadetippudes ja servadel. Kõik olulised komponendid on varustatud ülepingekaitsetega. Kõiki mehaanilisi ja elektrilisi osi, mis võivad töö käigus kuumeneda, monitooritakse ja vajadusel peatatakse tuuliku töö. See on kõige olulisem tulekaitse osa. Tuulikus on kolm suitsuandurit ning gondlis on süsihappegaasikäsikustuti. Mitmed materjalid on valitud tulekindlatena (nt juhtmeisolatsioonid), et tuli ühest tuuliku osast teise ei leviks. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

Juhendis on toodud samuti ka tegevusjuhised erinevateks ohu- ja õnnetusolukordadeks töötajatele. Üldised nõuded on valmisolek ja koolitus õnnetuseks, töötamine vähemalt kahe-liikmelises meeskonnas, korras esmaabivahendite ja kustuti olemasolu, sidevarustuse ja päästevarustuse olemasolu ning päästesõidukite ligipääsuteede vabana hoidmine. Õnnetuse või tulekahju korral on töötajatel korraldus lahkuda ohutsoonist või leida võimalikult turvaline koht, osutada esmaabi ja võimalusel likvideerida ohuallikas, teavitada päästeasutust ja vastutavat isikut ning vabastada päästesõidukite juurdepääsuteed. (Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend)

2. UURING

Selles peatükis kirjeldatakse uuringut, selle läbiviimist ning tulemusi. Kasutati empiirilist uuringut, kus kasutatakse andmete kogumise meetodina dokumendianalüüsi ja vaatlust. Koostöös Eesti Energia ja Päästeameti Ida päästkeskusega külastati Narva tuuleparki, kaasates külastusse Eesti Energia esindaja, kes teab Eesti Energia võimekust ja vastuvõetud meetmeid ohutuse tagamiseks, Ida päästkeskusest meeskonnavanema, kes vaatab objekti esimese tasandi juhi ja esmareageerija pilguga, vanemoperatiivkorrapidaja, kes vaatab objekti teise tasandi juhina, ning Ida-Virumaa päästepiirkonna juhi, kes hindab võimekust ja koostööd laiemalt.

2.1. Uuringu kirjeldus

Vaatlus viidi läbi 12.02.2013 Narva tuulepargis. Vaatlusel viibisid lisaks töö autorile Kohtla-Järve päästekomando meeskonnavanem Erkki Põld, Narva korrapidamisgrupi vanemoperatiivkorrapidaja Ivan Egorov ja Ida-Virumaa päästepiikonna juht, kes täidab ka regiooni vastutava korrapidaja abi rolli, Tarmo Anton. Vaatlusel viibisid samuti Eesti energia esindaja Leo Karafin ning hooldust teostanud Enercon hooldusmeeskond.

Vaatluse käigus oli võimalus näha parki, pargi teid, tuulikuid. Ühte tuulikut oli võimalik vaadelda ka seest. Eesti Energia esindajad rääkisid tuulepargist, selle planeerimisest, ehitamisest, olemasolevatest meetmetest, hooldusest ja ehitusest. Samuti räägiti ohutusest. Eesti Energia oli huvitatud koostööst ja vaatlejate hinnangust ning ettepanekutest.

2.2. Uuringu tulemused

Narva tuulepargis on kahes ahelas 17 tuulikut. Tuulikute pikkus on 107 meetrit. Tuulikuteni viivad asfaltteed. Iga tuuliku vundament on tehtud 14 vaiale, mis ulatuvad kuni 30 meetri sügavusele läbi tuhakihi, millele on tuulepark rajatud.

Tuuleparki viib üks avatud valvatav sissesõit, mida valvab ettevõtte USS Security Eesti AS turvatöötaja. Tööajal on tuulepargis kaks, muidu üks inimene, kelleks on turvatöötaja, mitte spetsialist, kes tuulikuid tunneks. (Tarmo Anton Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Juurdesõiduteed tuulikuteni hoitakse puhtad aastaringselt, kasutades sisseostetavat teenust. (Tarmo Anton Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Veevõtukohtadest on sissesõidu juures kanal, tuulepargi asuvates veekogudes on vesi aluseline ja kasutamiseks kõlbmatu. Hüdrante ega tulekustutusvee mahuteid objektil ei ole. (Tarmo Anton Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Tuulikusse saab maapealsest uksest. Uks on alati suletud, ka hooldustööde läbiviimisel. Uks on alati abivahendita seest avatav. (Erkki Põld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Tuulikud on nummerdatud, aga nummerdus pole asukoha järgi süstematiseeritud ja nummerdus ei ole eemalt nähtav. (Tarmo Anton Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Elektri väljalülitus on võimalik teostada kohal või Saksamaalt ENERCON keskusest. Tuuliku alumises osas on nupud tuuliku seiskamiseks ja elektri väljalülituseks. Rikkel lülitub vool ise välja. Üldine pinge tuulikus on 20 kV. Elektri väljalülitusel langeb pinge umbes 0,2 sekundiga ehk peaaegu koheselt. (Tarmo Anton Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013; Erkki Põld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Tulekahju korral läheb häire Saksamaale ENERCON keskusesse, kust võetakse ühendust Eesti kontaktisikuga. Häire ei lähe otse Häirekeskusesse või Eesti esindusse. (Tarmo Anton Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Tuuliku ülemisse osasse saab tuuliku seest mööda redelit ronides või kasutades tuuliku sees asuvat korvlifti. Redelil ronimiseks on vajalik spetsiaalne julgestuskinnitus, millega kinnitatakse end redelile. See seade julgestab ronijat kukkumise korral. Julgestuseks sobib ainult konkreetse redeliga sobiv seade. (Erkki Pöld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Tulekahju või maavärina korral tuleb arvestada tuuliku puhul varingu toimumise ohuga. Suurimad ohud tulekahju korral on tuuliku kõrgus, veevõtukohta suur kaugus tuulikutest, tuuliku koonuseline kuju, elekter ja eraldivõetud konstruktsioonielementide vastupidavus tulele. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Narva tuulepark asub linnast väljas tööstusalal, kus kohapeal pole palju inimesi, seega võib tulekahju visuaalsel teel avastamine võtta palju aega. Tuulikutest on tulekahju avastamiseks automaatne tulekahjusignalisatsioon, aga selle signaal suunatakse Saksamaale, kust võetakse juba ühendust Eesti esindajaga. Viimasena kirjeldatud liini pidi võib signaal operatiivteenistusteni jõuda väga kaua. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Igasugune tulekahju tuulikus osutab suurt ohtu päästjatele mitmel põhjusel: palju erinevatest materjalidest konstruktsiooniosasid ja detaile, sees on elektriseadmestik, mis võib olla pingestatud. Tuuliku kuju tõttu võib tekkida nii-öelda "korstna" efekt, mis seisneb tõmbe tekkes tuuliku sees. Selle protsessiga kaasneb väga kiire, intensiivne põlemine ja kõrge temperatuur. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Erioht tulekahjul tuulikus on tehnikute-hooldajate viibimine tuulikus. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Tulekahju korral on inimeste ja vara päästmise seisukohalt oluline tulekahju võimalikult kiire avastamine ja kohalejõudmine. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Soovitav on teha nummerdus suuremana ja luua kaart, mille järgi jõuaks tuuliku juurde võimalikult lihtsalt ja kiiresti. Samuti võiks lisada teedele viidad, mille järgi saaks õnnetusega seotud generaatori leida võimalikult kiiresti. (Tarmo Anton Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013; Erkki Pöld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Hooldustööde läbiviimisel peaks hooldusmeeskond jätma alla julgestusvahendid redelil ronimiseks juhuks, kui päästjad peavad kasutama üles ronimiseks redelit, kuna tuulikutes asuvad redelid vajavad selle jaoks ettenähtud julgestusseadmeid. (Erkki Pöld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Hooldusmeeskonnas on alati vähemalt kaks meeskonnaliiget juhuks kui midagi peaks juhtuma. Juhul kui midagi juhtub ühega neist, peaks teine oskama osutada esmast abi ja edastada infot abi vajadustest. Juhuks, kui midagi juhtub mõlemaga neist, peaks omanik või hoolduse teostaja hoidma nendega sidet. Side katkemisel, tuleb selgitada välja olukord ja vajadusel teavitada operatiivteenistusi. Päästjad peavad kõrgustest päästmisel omama erioskusi. Taktika peab arvestama tuulikute eripärasid ning tuleb olla väga ettevaatlik. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Komandod, mille väljasõidupiirkonnas asuvad tuulegeneraatorid, peaks saama koolituse, mille käigus selgitatakse tuulikute ja neis aset leida võivate sündmuste eripärasid ning viiakse läbi õppus või tutvumiskäik tuulikusse. Samuti tuleks olla tutvunud juurdesõiduteedega ja avariitoimingutega (rootori seiskamine, voolu väljalülitus). Seda peaks tegema iga komando, mille väljasõidupiirkonnas asuvad tuulikud, kuna tuulepargiti on tuulikud erinevad. (Erkki Pöld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Sündmuskohal peaks tulekahju korral luure käigus tuvastama, kas tuulikus on inimesi. Tuleb arvestada sellega, et tuuliku seadmed võivad olla pinges all. (Erkki Põld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Gondlitulekahju korra tuleb hoida piisavat vahemaad (tuleb määrata ohuala) ning arvestada võimalike kukkuvate osadega. Võimalusel tuleks peatada tuulik ja tuulik vooluvõrgust lahti ühendada. Gondli kustutamist tuleb vältida, kuna see on ohtlik ja vähetulemuslik. (Erkki Põld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Tulekahju korral tuleb piirata tule levikut kõrvalhoonetele, teistele tuulikutele ja maastikule. (Erkki Põld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Tuuliku varingu vältimiseks tuleb jahutada tuuliku konstruktsiooniosi väljast poolt. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Kui tulekahju on tuuliku alumises osas, tuleb võimalusel lülitada välja elekter ja kasta konstruktsioone väljast. Sellisel juhul on eesmärk tulekahju kustutamine ja konstruktsiooni püsivuse säilitamine. Suurimateks ohtudeks sellisel juhul on elekter, kõrge temperatuur ja veevarustuse puudulikkus. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

Kui tulekahju on tuuliku ülemises osas, ei piisa põhiautost vee andmiseks tulekolde kõrgusele. Ülemises osas asuvad konstruktsioonid on vähempüsivatest materjalidest, sealhulgas näiteks alumiiniumist. Seetõttu on sündmuskohale vaja redelautot. Redelita võib ainult üritada lülitada välja elekter tuulikus ja jahutada konstruktsioone, mida on võimalik jahutada, et vältida konstruktsioonide nõrgenemist. Kuna ülemises osas olevad materjalid võivad olla temperatuuri suhtes tundlikud, tuleb all töid tehes olles olla äärmiselt ettevaatlik, jälgides olukorda ja hoides tuulikuga vahemaad. (Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013)

2.3. Järeldused ja ettepanekud

Arvestades läbiviidud kirjanduse analüüsi ja vaatlust ning tagasiside vaatluse kohta, on autoril ettepanekud tegevusteks tuulepargi omanikele, komandodele ning päästetöödejuhtidele. Samuti koostas autor skeemid, mis kirjeldavad üldiseid tegevusi päästetöödel tuulegeneraatorites.

Soovituslikud tegevused tuuleparkide või tuulegeneraatorite omanikele:

- võimalusel valida mudelid, milles on olemas tulekustutussüsteemid koos vajamineva kustutusaine varuga, kuna see on ainus efektiivne tulekustutusmeetod tuulikutes;
- tuulepargis võiks olla valves või reageerimisvalmiduses tehnik, kes suudab tuulikut opereerida ja konsulteerida päästetöödejuhti sündmuskohal;
- tuulepargis peaks tulekahju varajaseks avastamiseks olema automaatne tulekahjusignalisatsioon;
- tuulikud peaks olema nummerdatud ja kiiresti ning lihtsalt leitavad;
- tuulepark peaks olema suletud kõrvalistele isikutele;
- tuulikute omanik peaks tegema koostööd lähima reageeriva päästekomandoga, et suurendada viimase valmisolekut reageerida tuulikutes toimuvatele sündmustele ja teadmisi võimalustest ning ohtudest konkreetses tuulikus;
- peab jälgima hooldusmeeskonna olekut, et ei tekiks olukorda, kus meeskonnaga juhtub midagi, aga sellest ei tea keegi;
- hooldusmeeskond peab jätma tuuliku alla osasse varustuse (julgestus), mis võimaldab päästjatel tornis liikuda.

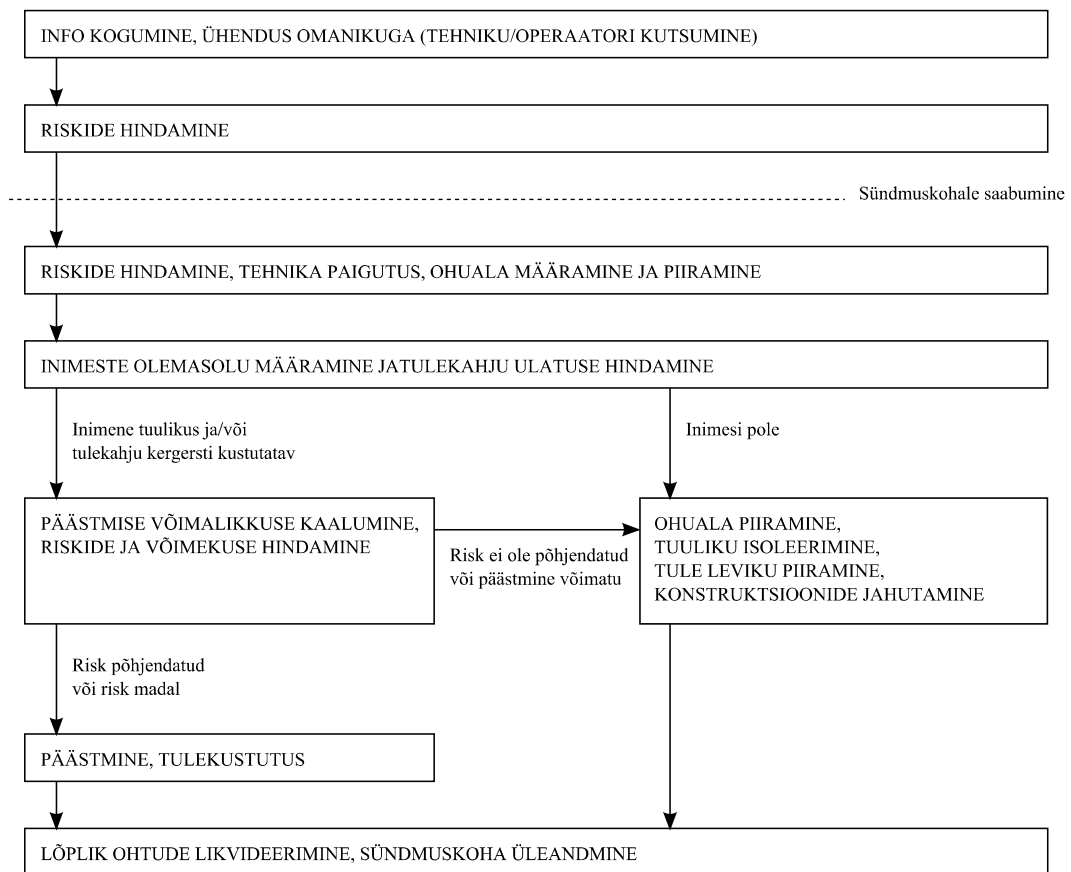
Soovituslikud tegevused päästekomandodele, mille väljasõidupiirkonnas asuvad tuulepargid:

- koostöös tuulikute omanikuga tutvumine tuulepargi, tuuliku, meetmete kasutamise võimaluste, töökorraga;

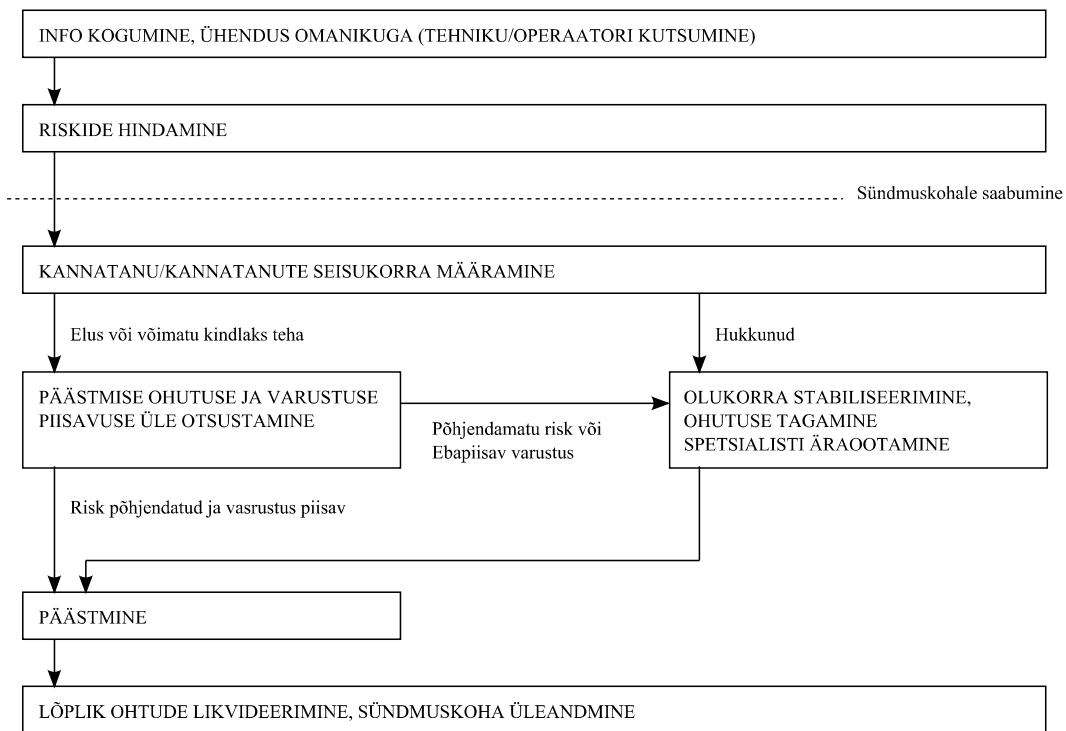
- õppuse korraldamine koostöös tuulikute omanikuga ja sidevahendite ning muu varustuse sobivuse kontroll tuulikus;
- teoreetilise õppuse läbiviimine komandos tutvustamaks tegevust sündmuskohal.

Tuulepargid ja tuulikud võivad erineda oluliselt, seepärast on oluline koostöö päästekomandode ja tuulikute omanike vahel.

Soovituslikud tegevused sündmuskohal ja faktorid, mida tuleb päästesündmusel tuulegeneraatoris arvestada on toodud järgnevatel skeemidel. Skeemid on üldised, kuna tuulepargid ja tuulikud võivad erineda olulisel määral.



Joonis 6. Tegevused tulekahjul tuulegeneraatoris



Joonis 7. Tegevused kõrgustest päästel tuulegeneraatorites

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö eesmärgiks oli anda ülevaade päästetöödest tuulegeneraatorites, nendes valitsevatest ohtudest ja kasutuselolevatest ohutusmeetmetest. Selleks tehti andmeanalüüs ja empiiriline uuring, mis seisnes vaatluse läbiviimises. Saadud andmed võrreldi ja analüüsiti ning tehti selle põhjal järeldused.

Tööst selgus, et oluline on komandode ja väljasõidupiirkonnas olevate tuulikute omanike vaheline koostöö. Samuti tuleb tööst välja, et päästetööd tuulegeneraatorites on seotud mitmete ohtudega, millega tuleb osata arvestada.

Seda arvesse võttes koostati üldised tegevusjuhised päästetöödeks tuulegeneraatorites ning koostati soovitusel tegevusteks tuulikute omanikele ja päästekomandodele, mille väljasõidupiirkonnas on tuulikud.

Lõppkokkuvõttes annab see töö ülevaate tuulikute, nendega seotud ohtudest ning seal kasutuselolevatest meetmetest, aitab planeerida päästetöid tuulikutes, ning aitab tõsta valmisolekut õnnetusteks tuulikutes.

РЕЗЮМЕ

Тема данной дипломной работы "Спасательные работы в ветряных генераторах на примере Нарвского ветропарка". Объем дипломной работы составляет 39 страниц. Дипломная работа написана на эстонском языке, используемый иностранный язык при написании резюме - русский.

Цель дипломной работы дать обзор о спасательных работах осуществляемых в ветряных генераторах.

Данная дипломная работа может быть использована для акцентирования важности сотрудничества владельцев ветряков и спасательными командами, для проведения обучения в командах и для разработки тактических руководств проведения спасательных работ в ветряных генераторах.

Результатом дипломной работы будут рекомендации владельцам ветряков, командам и другим реагирующим организациям на происшествия в ветряных генераторах. Также будут составлены общие руководства к действиям при реагировании на происшествия в ветряных генераторах.

VIIDATUD ALLIKATE LOETELU

Eesti taastuvenergia tegevuskava aastani 2020. Vabariigi Valitsuse 26.11.2010 korraldus nr 452

Ehitusseadus 15.05.2002, jõustunud 04.06.2012 – RT I 2002, 47, 297 ... RT I, 25.05.2012, 21

Enercon Tuuleturbiin E-82 E2 / 2300/2000 kW kasutusjuhend. Kättesaadav Eesti Energia arhiivist

Erkki Pöld Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013

Figures. RenewableUK kodulehelt <http://www.renewableuk.com> välja otsitud 30.01.2013

Getting staff on board with wind turbine safety. Windpower Monthly koduleheküljelt www.windpowermonthly.com välja otsitud 29.11.2012

Ivan Egorov Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013

Lynette, R., Gipe, P. 1994. Commercial wind turbine systems and applications. In D. Spera (Ed.), Wind turbine technology. (pp 139-214). New York, ASME Press

Potter, G. H. 2011. Response to Emergencies in Wind Turbines. Fire Engineering, 04, 93-98

Redlinger, R. Y., Andresen, P. D., Morthorst, P. E. 2001. Wind energy in the 21st century. England, Palgrave Macmillan

Risthein, E. 2007. Sissejuhatus energiatehnikasse. Tallinn, Elektri jaam

Ragheb, M. 2012. Safety of wind systems.

Summary of Wind Turbine Accident data to 30 Sept 2012. Caithness Windfarm Information Forum kodulehelt <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/> välja otsitud 31.10.2012

Tarmo Anton Narva tuulepargi külastuse kokkuvõte 12.02.2013

Toom, K., Kuusik, S., Annuk, A., Lepa, J. 2009. Tuuleenergia arengutest Eestis viimastel aastateltootja seisukohalt. Artiklite kogumikus "Taastuvate energiaalike uurimine ja kasutamine" (Toim. Elis, V., Normak, A.). (lk 131-137). Tartu, Maaülikool

Tuuleenergia Eestis. Eesti Tuuleenergia Assotsiatsiooni kodulehelt www.tuuleenergia.ee välja otsitud 03.04.2013

Wind in power 2011 European statistics. Euroopa Tuuleenergia Assotsiatsiooni koduleheküljelt www.ewea.org välja otsitud 16.12.2012

Wind turbine safety rules (WTSR) version 3. RenewableUK kodulehelt <http://www.renewableuk.com> välja otsitud 04.10.2012

Wind turbines fire protection guideline, European guideline CFPA-E No 22:2012 F. CFPA Europe kodulehelt www.cfpa-e.eu välja otsitud 10.12.2012

Wind turbines standard operating procedure 18.11.2009. Nottinghamshire fire and rescue service

Сибикин, Ю. Д., Сибикин, М. Ю. 2009. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. Москва, РадиоСофт