

Tallinna Reaalkool

Äikesesageduse võrdlus Eestis maakonniti ning
meteoroloogilised põhjused aastatel 2010–2013

Uurimistöo

Marie Mari Maasik

11.B

Juhendaja: Piret Karu

Kooliväline juhendaja: Sven-Erik Enno

Tallinn 2015

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Äikese olemus.....	6
1.1. Mis on äike ja mis on välg?.....	6
1.2. Välgu tekkepõhjused.....	6
1.3. Äikesepilve elektriseerumine.....	7
1.4. Talvine äike.....	10
1.5. Välgu liigid.....	11
1.6. Välgu etapid.....	12
1.7. Müristamine.....	14
1.8. Põuavälg.....	15
2. Äikesepilved.....	16
2.1. Äikesepilve ehitus ja areng.....	16
3. Äikese registreerimine.....	18
3.1. Äikese registreerimine meteoroloogiajaamas.....	18
3.2. NORDLIS äikesedetektorite võrgustik.....	18
3.3. NORDLIS äikesedetektorid ja Eesti.....	20
3.4. Eesti Äikesevaatlejate Võrgustik.....	20
3.5. Äikese esinemise reeglipärasus Eestis.....	21
3.6. Põhilised äikest põhjustavad frondid.....	21
4. Äikesesageduse võrdlus ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastatel 2010–2013.....	23
4.1. Metoodika.....	23
4.2. Välgulöögid maakonniti ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastal 2010.....	24
4.3. Välgulöögid maakonniti ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastal 2011.....	26

4.4.	Välgulöögid maakonniti ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastal 2012.....	28
4.5.	Välgulöögid maakonniti ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastal 2013.....	30
4.6.	Välgulöögid Eestis maakonniti aastatel 2010–2013.....	32
4.7.	Välgusagedus Eestis maakonniti aastatel 2010–2013.....	34
4.8.	Välgulöögid Eestis kuude kaupa aastatel 2010–2013.....	36
4.9.	Äikeserohkuse põhjus Eestis aastatel 2010–2013.....	37
	Kokkuvõte.....	38
	Kasutatud kirjandus.....	40
	Lisa 1 Äikese põhivaatluse kuutabel.....	43
	Lisa 2 Täismahus äikesevaatluste leht.....	44
	Lisa 3 Andmetöötluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis maakonniti aastal 2010.....	45
	Lisa 4 Andmetöötluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis maakonniti aastal 2011.....	46
	Lisa 5 Andmetöötluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis maakonniti aastal 2012.....	47
	Lisa 6 Andmetöötluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis maakonniti aastal 2013.....	48
	Lisa 7 Andmetöötluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse ning välgulöökide sageduse kohta Eestis maakonniti aastatel 2010–2013.....	49
	Lisa 8 Andmetöötluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis kuude kaupa aastatel 2010–2013.....	50
	Lisa 9 Andmetöötluse läbinud tabel välgulööke põhjustavate frontaalsete protsesside kohta Eestis aastatel 2010–2013.....	51
	Lisa 10 Meteoroloogiliste tingmärkide selgitus.....	52
	Lisa 11 Met Office sünoptiline kaart (11.juuli 2011)	55
	Resümee.....	56
	Abstract.....	57

Sissejuhatus

Äike on ilmastikunähtus, mis mõjutab paljude inimeste elu igapäevaselt. Igal hetkel toimub üle kogu Maa paljusid välgulööke, kuid kõik nendest pole ohtlikud. Äike on keeruline ilmastikunähtus, mis koosneb mitmetest etappidest, millest inimesed tavaliselt teadlikud ei ole. Äikese teket mõjutavad paljud tegurid, kuid selles uurimistöös keskendutakse ainult frontaalsetele protsessidele.

Äikese uurimine on saanud aktuaalseks teemaks just viimastel kümnenditel, kui kasutusele on võetud äikesedetektorid, ning nendest on hakatud looma ulatuslikke võrgustikke, mis võimaldavad saada väga täpseid andmeid välgulöökide kohta. Nende andmete järgi on võimalik lähemalt tundma õppida äikesega seotud protsesse, nende protsesside peamiseid mõjupiirkondi ning seejärel proovida ära hoida õnnetusi, mida äike võib kaasa tuua.

Käesoleva uurimistöö teemaks on äike, selle sagedus eri maakondedes ning seos sünoptiliste protsessidega. Teema valikul lähtuti asjaolust, et äikeseteemalisi uurimistöid on Tallinna Reaalkoolis läbi viidud vaid üksikutel kordadel ja pole läbi viidud ka täpsemaid uurimistöid Eesti ala kohta. Käesoleva uurimistöö eesmärgiks on välja tuua regionaalsed erinevused äikese esinemisel Eestis ja regioonideks on valitud maakonnad. Lisaks pole inimesed teadlikud äikese ning sellega kaasnevate protsesside keerukusest. Antud uurimistööga üritatakse pakkuda lugejale ka võimalust avardada oma teadmisi äikesega seotud protsessidest.

Uurimistöö eesmärgiks on leida Eestis maakonnad, kus toimus aastatel 2010–2013 kõige rohkem välgulööke. Seejärel on vaja leida kuu, milles esines kõige rohkem välgulööke, ning viimasena on vaja leida andmetötluse põhjal ka meteoroloogiline põhjus, mis põhjustab Eesti mandrialal äikese esinemist.

Peamisteks hüpoteesideks püstitati väited, et äikese esinemises on aastate ja kuude vahel suured erinevused, kõige rohkem välku lööb kõrgustike lähiümbruses ja Pärnumaal, kõige vähem välku lööb saartel ning äikesega seotud protsessid on rohkem seotud külmade kui soojade frontidega.

Teoriaosa koosneb kolmest peatükist, kus selgitatakse äikese olemust, äikesepilvi ja äikese registreerimist. Analüüsiv peatükk jaguneb omakorda üheksaks alapeatükiks. Praktilises osas

kasutati Keskkonnaagentuurilt kaasjuhendaja Sven-Erik Enno vahendusel saadud NORDLIS äikesedetektorite andmeid Eesti mandrialala kohta maakonniti aastatel 2010–2013 ning Met Office sünoptilisi kaarte (Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg), mida kasutati äikeserohkuse põhjendamiseks frontaalsete tegevuste näol.

Andmete töötlemiseks kasutati Excel ja Libre Calc programme. Eri fronditüüpide sorteerimiseks kasutati esialgu ainult Libre Calc programmi. Hiljem täpsemate meteoroloogiliste põhjuste tuvastamiseks spetsiaalsete andmetöötlusprogrammide puudumise tõttu sorteeriti andmed käsitsi paberil ning vajalikud arvutused tehti kalkulaatori abil. Graafikute loomisel kasutati Libre Calc programmi ning Eesti kontuurkaardi loomisel kasutati programmi Paint, kust värviti maakonnad käsitsi andmetulemuste põhjal.

Uurimistöö autor soovib tänada oma koolisest juhendajat Piret Karu, Tartu Ülikooli loodusgeograafia teadurit Sven-Erik Ennot, Tartu Ülikooli geograafia osakonna teadur Mait Seppa ning Keskkonnaagentuuri, kust saadi NORDLIS äikesedetektorite võrgustiku andmeid Eesti ala kohta aastatel 2010–2013.

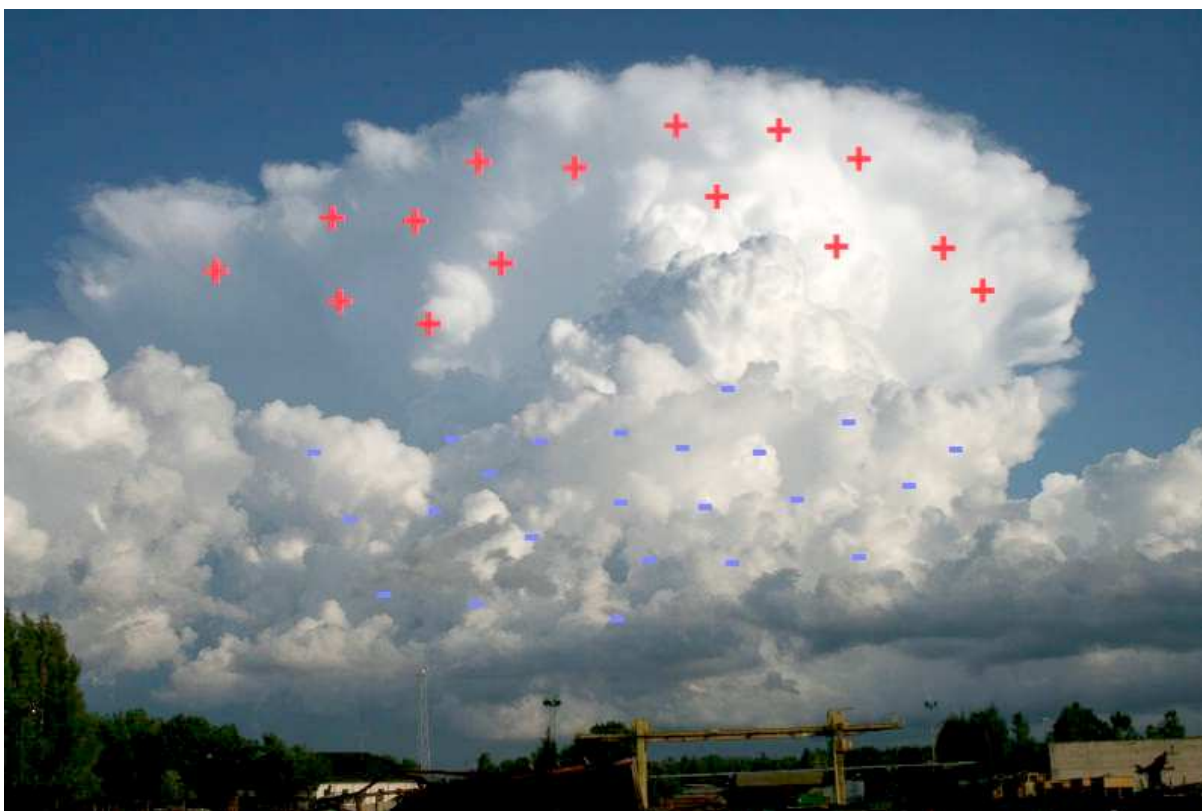
1. Äikese olemus

1.1. Mis on äike ja mis on välk?

Äike on rünksajupilvedes välgu ja sellega kaasneva müristamisena avalduv atmosfäärinähtus (EKSS s.v. äike), elektrilahendus pilvede või pilvede ja maa vahel. Tegelikult on äike mitmekomponendiline nähtus, mida on väga raske defineerida. Äike on elektriline atmosfäärinähtus, mis tekib tavaliselt tõusvate õhuvoolude ja konvektsioonipilvede intensiivse arengu tagajärjel. Äike koosneb mitmest komponendist nagu rünksajupilved, sajualad, õhuvoolude süsteemid, laengud, välgu ja müristamine (Kamenik 2011a). Välg on aga ereda valgussälvatusena nähtav võimas looduslik sädelahendus pilves, pilvede vahel või pilve ja maapinna vahel (EKSS s.v. välg). Järelikult äikeseks nimetatakse kogu ilmastikunähtust, välguks aga valguslahendust. Iga päev on maailmas üle 40 000 äikesetormi, millest vaid 1% on ohtlikud (Tammets 2008:22).

1.2. Välgu tekkepõhjused

Välg tekib võimsates rünksajupilvedes, mille eri osadel on erinimelised elektrilaengud. Pilvede üla- ning alaosas valitsevad erinevad tingimused, sest õhutemperatuur langeb iga kilomeetri tõusu kohta $6^{\circ}\dots 10^{\circ}\text{C}$ võrra. Eesti oludes jääb rünksajupilve alumine pind tüüpiliselt mõnesaja meetri kõrgusele maapinnast, tipp võib ulatuda 8–12, erandjuhtudel isegi 15 kilomeetri kõrgusele. Pilve alaosas on soojakraadid, vesi esineb vedelate piiskadena, mis omandavad negatiivse laengu. Pilve tippu samal ajal on õhutemperatuuriks aga $-50^{\circ}\dots -60^{\circ}\text{C}$ ja vesi esineb jääkristallide kujul, mis omandavad positiivse elektrilaengu (vt joonis 1). (Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg)



Joonis 1. Klassikalise äikesepilve elektrilaengute jaotumise skeem

Allikas: Sven-Erik Enno

Eri laenguga pilveosade vahel tekib elektriväli ning pilve arenemisel kogunevad eri pilveosadesse järjest suuremad erinimelised laengud. Elektrivälja tugevus hakkab kasvama, mis ühel hetkel ületab kriitilise piiri ning välg saab alguse. Esimene välgulöök ongi arenevas äikesepilves tüüpiliselt tipu ja alaosa vaheline välg. Hiljem võivad tekkida ka pilv-maa välgud juhul, kui äikesepilve negatiivselt laetud alaosa indutseerib maapinnalt piisavalt suure positiivse laengu. (Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg)

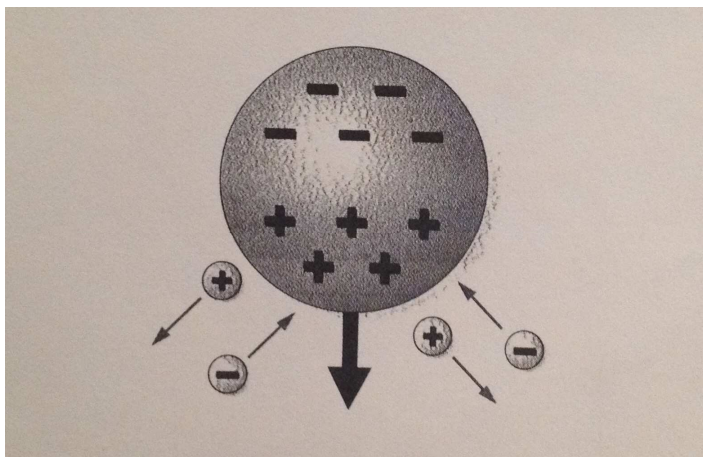
1.3. Äikesepilve elektriseerumine

Välgud näitavad pilvede suurt elektriseeritust. Olulist rolli mängivad laetud osakesed ehk ioonid, kui õhuvoolude ja pilveosakeste vahel toimuvad protsessid. Pilvest saab äikesepilv siis, kui toimub laengute eraldumine, mille täpne mehhanism pole teada.

Ühe teooria järgi on äikesepilve teke seotud õhuvoolude ja pilves olevate osakestega. Väga tugevad tõusvad õhuvoolud kannavad pilvepiisakesed kõrgustesse, kus need jahtuvad alla 0°C. Selline ala jääb rünksajupilve keskossa, kus valitsevaks temperatuuriks on -15°...-20°C.

Pilve keskosas on veel ka jääkristalle ning teralist lund. Turbulentse ehk keerilise keskkonna tõttu hakkavad osakeste vahel toimuma kokkupõrked, mille käigus toimub positiivse laengu ülekandumine jääkristallidele ning negatiivse laengu ülekandumine teralisele lumele. Kergemad jääkristallid kanduvad pilve ülaossa, sinna koguneb positiivne laeng. Raskemad pilveosakesed ehk teraline lumi langeb gravitatsiooni tõttu pilve kesk- ja alaossa, kuhu seejärel koguneb negatiivne laeng. Piisavalt suure väljatugevuse korral tekibki välg. Pilvedes olevast väljatugevusest, milleks on umbes 200 000 volti meetri kohta, ei piisa tegelikult läbilöögiks, milleks oleks vaja 3 000 000 volti meetri kohta. Arvatavasti saab läbilööki võimalikuks kosmiliste kiirte ja kulgevate elektronide tõttu, mis saavad ioniseeritud gaasis olevast väljalt rohkem energiat, kui seda kokkupõrgetel ära annavad. Välguga kaasneb ka röntgeni- ja gammakiirgus, mis seda teooriat ka tõestab. (Kamenik 2011a)

Teise laengute eraldumist seletava teooria järgi omab väga suurt tähtsust Maad ümbritsev elektriväli, mille tõttu selles liikuvad sademed polariseeruvad. Veepiisa alumine osa omandab positiivse laengu ja ülemine osa negatiivse laengu (vt joonis 2). (Ibid.: 2011a)



Joonis 2. Polariseeritud veetilk

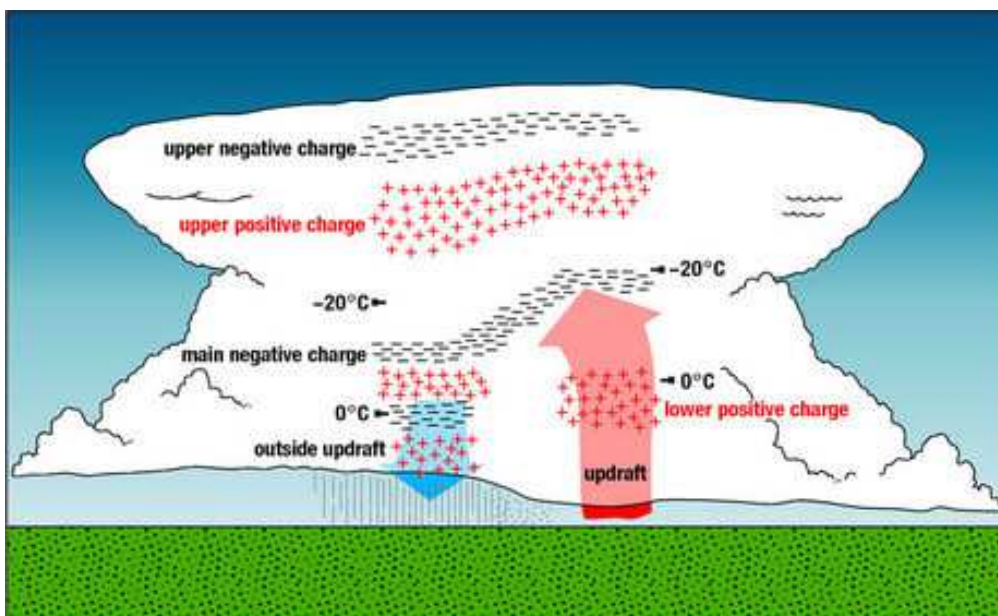
Allikas: Horisont 2003

Selline polariseeritud veetilk kohtab oma trajektooriga ioone, millest osa on positiivsed ja osa on negatiivsed. Langev veetilk tõukab positiivseid ioone endast eemale, sest tilga alaosas on positiivne laeng, negatiivseid ioone tõmbab aga enda poole ja seetõttu muutub veetilk ka tervikuna negatiivseks. Eemale tõugatud positiivsed laengud haaratakse ülespoole suunduva õhuga kaasa, pilve ülaosa laadub positiivselt. Tegemist on lihtsustatud teooriaga, mille

saavutatud efekt jääb liiga nõrgaks. (Kuurme 2003)

Põhilist rolli mängib äikesepilve elektriseerumises termoelektriline emissioon ehk osakeste väljapaiskumine. Iga keha pinna läheduses leidub vabu elektrone, mille soojusliikumise energia on osutunud piisavaks, et rebida end aatomitest vabaks ja moodustada teiste vabade elektronidega keha lähedale elektronpilv. Kui lähedusse satub teine elektronpilvega ümbritsetud keha, mis tõmbab elektrone tugevamini kui eelmine, omandab uus keha negatiivse, vana keha positiivse laengu. Selline protsess toimub ka pilvedes, jääkristallid tõmbavad elektrone tugevamini kui veepiisad. Pilve ülaosas on külm ja palju jääd, sinna koguneb positiivne laeng, pilve alaosas on aga veepiisad, sinna koguneb negatiivne laeng. (Kuurme 2003)

Kokkuvõttes on pilve laengujaotus veelgi keerukam. Pilve ülaosa on suuremas osas positiivne ja keskmine osa negatiivne, aga ühes ja samas pilves on palju erinevate polaarsustega laengutaskuid (vt joonis 3). (Kamenik 2011a)



Joonis 3. Kaasaegne mudel äikesepilve laengujaotusest

Allikas: NOAA kodulehekül

Tavaliselt, kui räägitakse äikesepilve laengujaotusest, tuuakse selline skeem, kus pilve ülemine osa on laetud positiivselt, keskmine ning alumine osa negatiivselt, kusjuures alumisse ossa jääb veel üks positiivselt laetud piirkond. Pilve päris alumine osa on ka veel positiivse

laenguga, sest laboriuuringud on näidanud, et laengute ülekandumine sõltub pilve veesisaldusest ja temperatuurist. Kui temperatuur on $-10^{\circ}\dots-20^{\circ}\text{C}$, kantakse teralisele lumele negatiivne laeng, kuid kõrgema temperatuuri puhul positiivne laeng. Kaasaegse mudeli järgi on tüüpilises äikesepilves üksteise kohal mitu olulist laengupiirkonda, kusjuures vertikaalses läbilõikes on positiivselt ja negatiivselt laetud kohad vaheldumisi. (Kamenik 2011a)

1.4. Talvine äike

Äike on tavaliselt suvine nähtus, kuid esineb ka talvist äikest. Talvise äikese tekkeprotsess on vägagi sarnane suvisele äikesele. Talvine äikeseilm on tüüpiliselt tuuline ning kiiresti muutuv, esineb lume või lörtsi sajuhooge, kuid sajuhoogude vahel võib mõnikord paista ka päikest. Rünksajupilvedele, mis on nõrgemini arenenud kui suvised rünksajupilved ning mis ka täpselt samamoodi sisaldavad veepiisku, lumekruupe ja jääkristalle, viitavad tugevad lühiajalised sajuhood. Võimsaid tõusvaid õhuvoole talvel ei arene, kuid neid võib asendada tugev tuul. Talvises rünksajupilves võib toimuda sarnane pilveosade laadumine nagu suvises äikesepilves, kuid talvel on laadumine nõrgem. Talvised rünksajupilved on üldiselt suvistest väiksemad. Mikroskoopilised pilvepiisad jäävad sageli vedelasse olekusse ning laengute ülekandumine vedelatelt piiskadelt tahketele lumekruupidele ja jääkristallidele saab toimuda. (Eesti Äikesevaatlajate Võrgu kodulehekülg)

Talvine äike võib tekkida kahel viisil: kiiresti liikuv külm front lükkab enda ees oleva õhu kiiresti üles, tekivad rünksajupilved ja isegi äike või juhul, kui õhumasside omadused, eriti temperatuur, on väga erinevad, sest tekivad tõusvad õhuvoolud. Teisel juhul soodustab äikese teket ka soe ja niiske aluspind, nagu näiteks meri, mille kohal on väga külm õhumass. Õhu ja veekogu temperatuur erinevad üksteisest väga palju, tekivad tõusvad õhuvoolud ja arenevad rünksajupilved. Äikese tekkeks peab veekogu olema vähemalt 80-100 kilomeetrit lai, et õhumass saaks piisavalt niiskust. Pilvede arenguks, koospüsümiseks ning kasvamiseks peab tuule suund olema suhteliselt püsiv. Lisades nendele tingimustele ka madalama rõhu, võibki tekkida äike. (Kamenik 2011b)

Talvist äikest võib näha ka sulailmaga, siis on see on seotud tavaliselt mõne ühineva läänetsükloni keskme ja selle lähiümbrusega, kus lähenemise ja väga madala õhurõhu tõttu arenevad õhu püstsuunalise liikumise tagajärjel pilved. (Ibid.: 2011b)

Viimaks võib talvist äikest ette tulla ka lumetormides. Lumetormis tekkivad välgu ei pärine rüncasajupilvedest, vaid tuule ja jääkristallide omavahelisest hõõrdumisest. Sobivad tingimused toob sageli lõunatsüklon, selle lääne- ja põhjaosas on talvel ilm väga tuisune. Äike võib tekkida ka tsükloni keskme läheduses, kui erinevate omadustega õhumassid omavahel segunevad, tekitades õhu vertikaalse liikumise. (Kamenik 2011b)

1.5. Välgu liigid

Välk tekib äikesepilve erinimeliste laengutega osade vahel, kuid ka erinevate äikesepilvede, äikesepilve ja maapinna ning ka äikesepilve ja ümbritseva õhu vahel. Pilvesisesed välguvormid moodustavad 75-80%, pilvede ja maa vahelised 20-25% kõikidest välgulöökidest. (Eesti Äikesevaatlajate Võrgu kodulehekülj)

Pilv-maa välku (vt joonis 4 nr 1) nimetatakse ka negatiivseks pilv-maa välguks või tavaliseks pilv-maa välguks. Negatiivseks seetõttu, et välgulöögi hetkel kandub maapinnale pilve alaosast negatiivset laengut ja tavaliseks seepärast, et just 90-95% kõikidest pilv-maa välkudest on just sellised. Negatiivne pilv-maa välk on harilikult kahe kuni kolme kilomeetri pikkune ning lööb äikesepilve alla tugeva vihmajuu piirkonda. Pilv-maa välkude puhul on ka maani ulatuv välgukanal nähtav. (Ibid.)

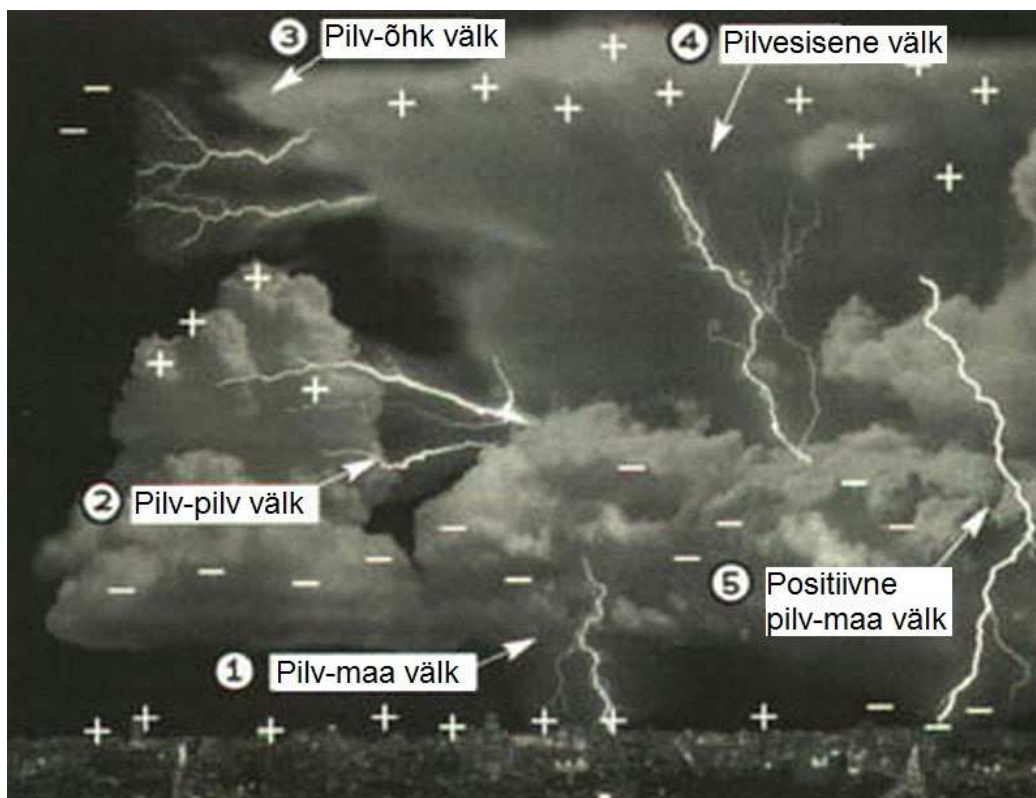
Pilv-pilv välk (vt joonis 4 nr 2) tekib lähestikku asuvate äikesepilvede vahel ja saab alguse ühest pilvest, liigub läbi pilvedevahelise õhu ning tabab teise pilve vastandmargilise elektrilaenguga piirkonda. (Ibid.)

Pilv-õhk välk (vt joonis 4 nr 3) tekib kõige sagedamini äikesepilve tipuosast vaid juhul, kui seda ümbritsevas õhus on piisavalt tugev negatiivne laeng. (Ibid.)

Pilvesisene välk (vt joonis 4 nr 4) on kõige levinum välguvorm. See tekib ühe pilve sees erineva elektrilaenguga piirkondade vahel, kõige sagedamini just pilve tipuosas oleva positiivse ning alaosas oleva negatiivse laengu vahel. (Ibid.)

Positiivne pilv-maa välk (vt joonis 4 nr 5) on kõige haruldasem pilv-maa välgu vorm, moodustades pilv-maa välkudest umbes 5-10%. Positiivne viitab sellele, et välgulöögi hetkel kantakse pilve tipuosast positiivset laengut maapinnale, seetõttu on tegemist palju pikema ning võimsama välguvormiga kui tavaline negatiivne pilv-maa välk. Selle välgutüübi välgukanalis püsib tugev elektrivool ja kuumus palju kauem, tekitades palju tulekahjusid.

Selline välg võib lüüa ka äikesepilvest palju kaugemale, kus vihma ei saja ja ilm on hea. Positiivsete pilv-maa välkudega seostatakse ka mitmesuguseid haruldasi ning väheuuritud elektrinähtusi nagu näiteks keravälg. (Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülj)



Joonis 4. Tavalised välgutüübid

Allikas: The Cloudspotter's Guide: The Science, History, and Culture of Clouds 2006

1.6. Välgu etapid

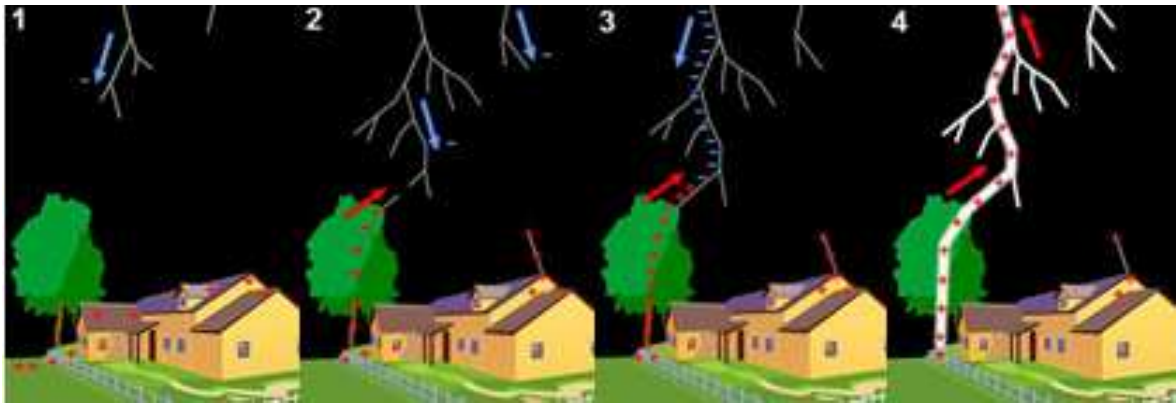
Sel hetkel, kui väljatugevus äikesepilve alaosa ja maapinna vahel ületab õhu takistuse, hakkab pilvest maapinna suunas liikuma negatiivne liidervälg (vt joonis 5 nr 1). Tegemist on justkui elektronide pilvega, mis suurel kiirusel läbi õhu liikudes valmistab ette välgukanali. Liidervälg liigub hüppeliselt – miljondiku sekundiga läbib see kuni 50 meetrit, seejärel peatub umbes 50 sekundi miljondikuks, üritab leida lähiümbruses objekti, mida tabada. Kui lähiümbruses sobivaid objekte ei leidu, teeb liidervälg järgmise hüppe, peale seda peatub taas ning kordab sama protsessi. See elektronpilv võib laskumisel hakata jagunema osadeks ja tekitada välgu harusid. Umbes 0,05 sekundiga jõuab liidervälg pilve alaosast maapinna

lähedale, olles selle ajaga teinud kuni 10 000 hüpet. Lähenenud maapinnale, hajutab see tulevase löögikoha ümbrusest negatiivse laengu ning hakkab ligi tõmbama tugevat positiivset laengut. Eriti hästi sobivad sellisteks kohtadeks maapinnast kõrgemad elektrit juhtivad objektid, näiteks piksevardad, metallmastid, elektripostid, puud, seisev inimene. Nende objektide kohal muutub elektriväli kiiresti väga tugevaks. (Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg)

Elektrilise mõju tõttu liiguvad maapinnalt üles positiivse laenguga kanalid, mida nimetatakse striimeriteks (vt joonis 5 nr 2). Striimerid on umbes mõnikümmend meetrit pikad ja neid võib pilve poolt laskuvale liidervälgule vastu tõusta kümneid. Negatiivse liidriga kohtub vaid üks positiivne striimer, ülejäänud hajuvad (vt joonis 5 nr 3). See kohtumine avab negatiivse liidervälgu poolt tekitatud pilvest maapinnani ulatuva hästi elektrit juhtuva välgukanali ning liidri negatiivne laeng hakkab maapinda voolama. (Ibid.)

Seejärel alustab positiivne laeng väga kiiret liikumist mööda välgukanalit pilve suunas (vt joonis 5 nr 4), kiirusega mitukümmend kuni paarsada tuhat kilomeetrit sekundis. Miljondiku sekundi jooksul tõuseb voolutugevus kuni kümnete tuhandete ampriteni. Välgukanalis tõuseb õhutemperatuur ka kuni 30 000 kraadini õhku läbistava elektrivoolu tõttu. Selle etapi käigus vabaneb enamik soojusest ning valgusest, see etapp on ka inimsilmale nähtav. Lühiajalisuse tõttu ei ole inimsilm suuteline fikseerima vastulöögi liikumissuunda, mis on alt üles. Seega on välgulöögi harilik suund maapinnalt pilve. Kirjeldatud nelja etappi nimetatakse kokku välgu impulsiks. (Ibid.)

Negatiivne pilv-maa välk võib koosneda mitmest impulsist. Mitmeimpulsiline välk tekib siis, kui pärast esimest impulssi on elektrilaengud veel piisavalt tugevad. Sellisel juhul laskub pilvest uus liidervälg, sellele tõuseb maapinnalt vastu uus positiivne striimer ning kogu protsess algab otsast peale. Iga järgnev välgu impulss on eelmisest nõrgem ning protsess kestab sinnamaani, kuni pilves pole enam piisavalt laengut uue välguimpulsi tekkeks. Seejärel välgukanal jahtub, välgulöök loetakse lõppenuks. Eestis koosneb tavaline välk keskmiselt ühest kuni kahest impulsist, kuid troopilistel aladel võib võimastel välkudel vahel olla isegi mitukümmend impulssi. (Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg)



Joonis 5. Negatiivse pilv-maa välgu etapid: 1) negatiivne liidervälg, 2) positiivne striimer, 3) liidri ja striimeri kohtumine, 4) positiivne vastulöök.

Allikas: National Weather Service

1.7. Müristamine

Müristamine sõltub välgu tugevusest, kaugusest, välgukanali pikkusest ning ka välgutüübist. Müristamine kandub helilainetena, mis on tugevad vaid välgulöögi lähiümbruses. Helilained saavad alguse välgukanalist ja tulenevad õhu soojuspaisumisest. (Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg)

Tavalises pilv-maa välgu toimub müristamine positiivse vastulöögi ajal, sest õhk kuumeneb väga kiiresti. Nii äkiline temperatuuritõus toob kaasa õhu plahvatusliku paisumise kogu välgukanalis. Tekkiv lööklaine ongi kuuldav müristamisena. Heli levib kiirusega 340 meetrit sekundis, valgus aga 300 000 kilomeetrit sekundis, seetõttu ongi müristamist kuulda alles pärast välgulööki. Lähedane pilv-maa välg tekitab lühikese plahvatust meenutava raksatuse. Lähedale löönud välg toob endaga kaasa sähvatuse ja mõnikord võib kärgatuse vahele jääva sekundimurdosa jooksul kuulda mõnikord ka nõrka särinat, plaksatust, sisinat või vilinat. Sellist heli tekitavad striimerid, sest liidervälgule tõuseb vastu mitmeid striimereid ja mõnikord võib mõni nendest asuda vaatlejale palju lähemal kui tegelik välgulöök. (Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg)

Pilv-maa välgu löömisel kõrgesse objekti kärgatust maapinnal löögi lähiümbruses kuulda ei ole. Välgukanal lõppeb maapinnast kõrgemal, helilaine alustab levimist kõrgemalt ning jõuab maani alles parkümmend meetrit eemal. (Ibid.)

Löögikohast kaugenedes muutub müristamine pikemaks ja madalamaks, sest välgukanal on kilomeetreid pikk ja selle eri osadest jõuab heli kohale erinevatel aegadel, lühikese lainepikkusega helid sumbuvad kiiremini. Seetõttu ongi kaugel äike harilikult kuuldav sekunditepikkuse madala kõminana. Müristamise kuuldavuse maksimaalne kaugus sõltub kohalikust müratasemest ja atmosfääri seisundist. Segava müra puudumisel võib kuuldavus ulatuda 20–30 kilomeetrini. Müristamine levib paremini, kui maapinna lähedal asuva jahedama õhukihi kohal paikneb soojem õhukiht. Selline situatsioon tekib just öösiti ja siis on äikest kuulda erandkorraliselt isegi 100 kilomeetri kaugusele. (Eesti Äikesevaatlajate Võrgu kodulehekülg)

1.8. Põuaväik

Mõnikord võib ilusatel suveöödel märgata kauguses välku, kuid müristamist kuulda pole. Tegemist on tavalise äikesega, mis asub vaatlejast lihtsalt väga kaugel (vt joonis 6). Välgusähvatusi võib öösiti näha 300–400 kilomeetri kaugusele, kui samas müristamine võib kostuda maksimaalselt 50–100 kilomeetri kaugusele. Väik paistab pimedal ajal nii kaugelt oma suure heleduse kui ka äikesepilve kõrguse tõttu, sest 12 kilomeetri kõrgusele ulatuvat äikesepilve tippu võib horisondi kohal näha veel ka 300 kilomeetri kaugusele. (Ibid.)



Joonis 6. Põuaväik

Allikas: Taavi Foto 2011

2. Äikesepilved

2.1. Äikesepilve ehitus ja areng

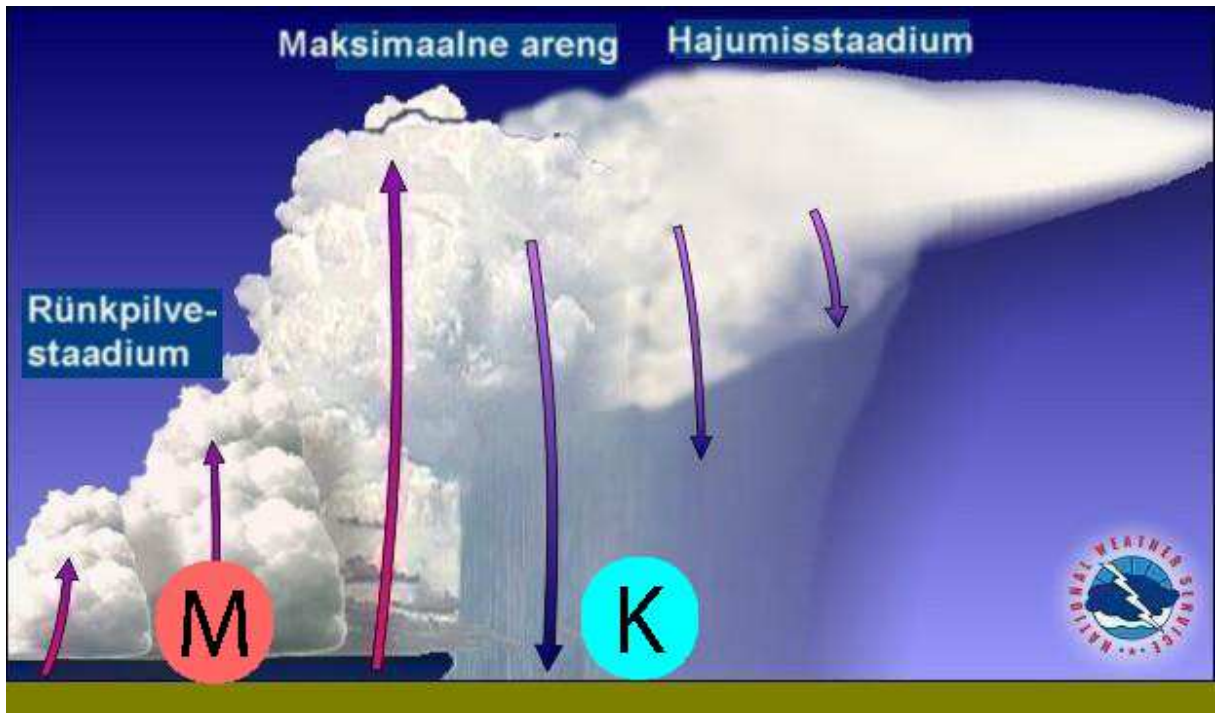
Tüüpilist suvist äikesepilve võib vaadelda kui liitsüsteemi, mis koosneb eraldiseisvatest pilveelementidest. Need pilved ei moodusta harilikult ühtset tervikut. Iga äikesepilv läbib kolme staadiumit: rünpilvestaadium, maksimaalne arengu staadium ja hajumisstaadium. (Eesti Äikesevaatlajate Võrgu kodulehekül. Äikesepilvede ehitus, areng ja tuultsesüsteem)

Esimeses, rünpilve staadiumis, esinevad tugevad tõusvad õhuvoolud, mille kiirus enamasti ulatub 20–30 meetrini sekundis. Tõusev õhk põhjustab selle pilveosa all õhurõhu languse ning tekib väike madalrõhuala. Ümbritsevatelt kõrgema rõhuga aladelt hakkab õhk liikuma rünpilve alla madalama rõhuga alale, mistõttu tekib nõrk, harva ka mõõdukas soe tuul. Selline tuul puhub maksimaalselt kuni mõne kilomeetri kaugusel rünsajupilvest. (Ibid.)

Maksimaalse arengu staadiumis kujuneb pilveelementide alla äikese- ja sajutsoon. Sajutsoonis on valdavateks laskuvad õhuvoolud kiirusega 20–30 kilomeetrit tunnis. Selline laskuv õhk põhjustab sajutsooni all õhurõhu tõusu ning sinna moodustub väike kõrgrõhuala. Kõrgema rõhuga alalt hakkab õhk liikuma ümbritsevatele madalama rõhuga aladele, mistõttu tekib sageli puhanguline mõõdukas või tugev tuul, mis puhub äikesepilve vihmatoonni suunast. Sellised tuuled toovad kaasa järsu õhutemperatuuri languse ning võivad levida enam kui 10 kilomeetri kaugusele pilvest endast. (Ibid.)

Hästi arenenud äikesepilves on ideaalis süsteemi esiosas koondunud arenevad rünpilve staadiumis pilveelemendid, keskosas on maksimaalselt arenenud ning tagaosas on juba hajumisstaadiumis pilveelemendid (vt joonis 7). Pilve esiosas järelikult toimub kiire õhu tõusmine, õhurõhk langeb ja esiosas liigub kõrgema rõhuga aladelt soe õhk, mis hiljem ka tõusma hakkab. Kesk- ja tagaosas toimub õhu langemine, alguse saab õhurõhu tõus, kus omakorda toimub aga jaheda laskuva õhu hajumine ehk liikumine ümbritsevatele piirkondadele. (Ibid.)

Kõige võimsam on äike maksimaalse arengu staadiumis, süsteem on saavutanud suurimad vertikaalsed mõõtmed. Hajumisstaadiumis äike hakkab nõrgenema, pilv või selle süsteem alustab hajumist ja lõpuks jääb alles vaid kiudpilvisus, mõnikord ka kõrgrünkpilve tükid. (Kamenik 2011a)



Joonis 7. Tüüpilise äikesepilve erineva arengustaadiumi pilvelemendid

Allikas: EÄV kodulehekül

3. Äikese registreerimine

3.1. Äikese registreerimine meteoroloogiajaamas

Meteoroloogiajaamades kirjutatakse äikese registreerimisel üles selle algus- ning lõpuaeg, tugevust hinnatakse kriteetiumide „nõrk, keskmine või tugev“ alusel. Äikese tugevust hinnatakse kas löökide tugevuse, sageduse või selle järgi, mitut kohta välk tabab. Äikest registreeritakse ka äikesedetektoritega. (Tammets 2008:25)

Välgudetektorid registreerivad välgulöögi poolt tekitatud raadiolaineid, mis kannavad endas teavet välgu tüübi, tugevuse, toimumispaiga ja aja kohta. Suurem osa nüüdisdetektoritest registreerib just pilv-maa välke, sest need on ohtlikumad ja vastavaid raadiolaineid on lihtsam üles märkida. Täpsete asukohamäärangute jaoks peab uuritav ala olema kaetud äikesedetektorite võrgustikuga. Detektorite hulk oleneb piirkonna suuruselt ja detektori tööraadiusest. Pilv-maa lööke registreerides on detektori tööraadius mõnisada kilomeetrit. (Enno 2009)

Välke on proovitud loetleda ka satelliitidelt ehk kaugseirega. Kaugseiret viiakse läbi eeskätt Aasia, Aafrika ning ka ookeanide kohal, sest antud kohtades pole äikesedetektorite võrgustikku. Satelliidil põhinevad detektorid registreerivad peale pilv-maa välkude ka pilvesiseseid lööke, mida on tunduvalt rohkem, seetõttu pole tulemused võrreldavad maapealsetest detektorivõrgustikest saadavate pilv-maa löökide tihedusega. (Ibid.: 2009)

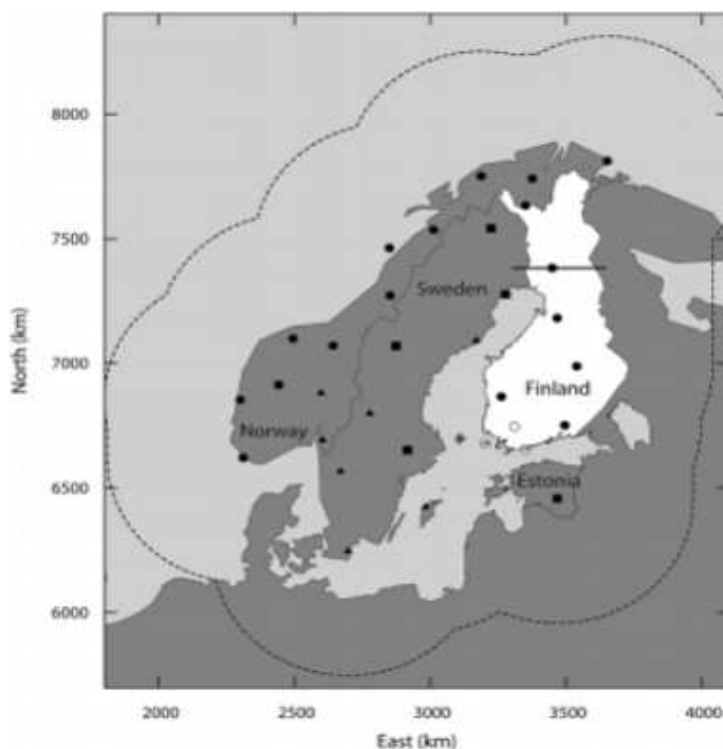
3.2. NORDLIS äikesedetektorite võrgustik

Põhjamaade välkusid loendab NORDLIS (Nordic Lightning Information System) võrgustik, mis paikneb peamiselt Soome, Rootsi ja Norra alal (vt joonis 8). Alates 2004. aasta lõpust töötab Tõraveres NORDLIS võrgustiku kõige kagupoolsem detektor (vt joonis 9). Selle välgudetektori paigaldamine võimaldas 2005. aasta algusest alates saada täpset teavet välkude kohta ka Eestis. (Enno 2009)

Võrgustiku tööpõhimõte on lihtne: pilv-maa välgulöögi ajal registreerivad selle löögi ümbruskonna NORDLIS detektorid, mida enamasti on vähemalt kolm. Detektor võtab vastu

välgu poolt tekitatud raadiolained ning alustab nende kontrollimist eelnevalt seatud kriteeriumide alusel. Kontrolli läbinud raadiolainete signaalide puhul määratakse täpne kellaaeg, suund ja tugevus. Iga detektor omab teiste detektoritega sünkroniseeritud kella, mistõttu löögi aeg määratakse mikrosekundi täpsusega. Suund tehakse kindlaks magnetantennide abil. (Enno 2009)

Kogutud andmed saadetakse NORDLIS võrkustiku keskjaama Soomes. Keskjaamas toimub eri detektoritelt saabunud andmete võrdlemine ja analüüsimine. Kui leitakse piisavalt üheaegseid vaatlusi, peetakse seda välgulöögiks. Järgmiseks arvutatakse eri detektorite suunamäärangu löikumise põhjal välgulöögi asukoht, üldjuhul ühe-kahekilomeetrise täpsusega. Lõpuks, kui on teada löögi kaugus ja registreeritud signaali tugevus, arvutatakse maksimaalne voolugevus löögis. Kogu protsess võtab aega mõned minutid ja saadud andmed väljastatakse arvutikaardil. (Ibid.: 2009)



Joonis 8. NORDLIS äikesedetektorit asukohtade kaart aastal 2007

Allikas: Wiley Online Library 2010



Joonis 9. Äikesedetektor Tõraveres

Allikas: Riigi Ilmateenistus

3.3. NORDLIS äikesedetektorid ja Eesti

Eesti kohta on NORDLIS võrgustiku andmed saadud Soome Meteoroloogia Instituudist (FMI) Riigi Ilmateenistuse kaudu. Andmed hõlmavad piirkonda 57,5–59,8° põhjalaiust ning 21,0–28,5° idapikkust. Andmekogust eemaldatakse esmalt kõik pilvesisesed välgud, sest neist suudetakse registreerida vaid väike osa. Edasi määratakse kindlaks uurimispiirkond. Saadakse kindlate mõõtmetega ala ning selle piiresse jäävate pilv-maa välkude arv ongi uuringu valim. (Enno 2009)

3.4. Eesti Äikesevaatlejate Võrgustik

2005. aastast tegutseb ka Eesti Äikesevaatlejate Võrgustik. Vaatlusvõrgu abil kogutakse andmeid äikese, äikesega kaasnevate ohtlike nähtuste ning kahjustuste esinemise kohta Eesti alal. Äikesevaatlejate Võrguga saavad ühineda kõik huvilised sõltumata vanusest ja tegevusalast. (Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg. EÄV)

Lihtsamad põhivaatlused viiakse läbi kuutabelitega (vt lisa 1), kuhu märgitakse vaid põhiandmed esinenud äikese ja äikesenähtuste kohta. Põhivaatlust teostavad vähese vaba ajaga äikesehuvilised ja need on loodud võimalikult lihtsateks. Enamasti tuleb kuutabelis teha ristid õigetes kohtadesse. Äikeseiga kaasnevaid ohtlikke nähtusi või kahjustusi tuleb vaatluslehe taga pikemalt kirjeldada. (EÄV kodulehekülj. Põhivaatuste meetoodika)

Täismahus vaatlust teostavad need, kellel on võimalik vaatluse ajal vaadata ka kella. Täismahus vaatluste korral täidetakse iga esinenud äikese kohta eraldi vaatlusleht (vt lisa 2), mistõttu välgurohketel päevadel võib kuluda kolm kuni neli vaatluslehte. (EÄV kodulehekülj. Täisvaatluste meetoodika)

3.5. Äikese esinemise reeglipärasus Eestis

Seniste NORDLIS andmete põhjal on selgunud, et suur äikeseaktiivsus on sisemaal Pärnu- ja Viljandimaa piiril Sakala kõrgustiku jalamil. Rohkelt on esinenud äikest ka mujal Sakala kõrgustikust läänes. Ka Haanja kõrgustiku läänenõlvadel on olnud palju pikset. Teatav äikesemaksimum on vaadeldav ka Pandivere kõrgustikust loodes, läänes ja edelas, samuti ka Jõhvi kõrgustiku piirkonnas. See, et pikselised piirkonnad paiknevad kõrgustikest läänes, näitab seda, et Eesti aladel on valitsevaks läänevool. Kõrgustike ületamiseks peab see tõusma, soodustades konvektsioonivoolude, rünksajupilvede ning omakorda ka äikese arengut. (Enno 2009)

Välgulöövide jaotus kuude kaupa on olnud väga erinev. Aastatel 2005–2008 kõigest pilv-maa löökidest leidis 99,7% aset aprillist oktoobrini ja nendest 94% maist septembrini. Eesti alal langes 34,8% kõikidest löökidest augustisse ja 28,3% maisse. Kuust kuusse varieerus ka välgulöövide territoriaalne jaotus – aprillis oli välku vähe ning needki olid koondunud sisemaa kohale. Eriti selgelt tuli andmetest välja ka välkude koondumine soojenenud sisemaa kohale juba mais. Juunis-juulis esines ka palju välku maismaa kohal just Ida- ning Kagu-Eestis. Augusti puhul oli olukord aga muutunud ja äikeseaktiivsus oli suur just suve jooksul soojenenud mere kohal. (Ibid.: 2009)

3.6. Põhilised äikest põhjustavad frondid

Äikest põhjustavad põhiliselt frontaalsed protsessid, kuid on ka teisi õhumassisiseseid tegureid, mida selles uurimistöös ei käsitleta. Frontaalsete protsessidega seoses muutuvad

ilmastikutingimused ning võib tekkida sobiv olukord äikese arenguks.

Õhumassisisesed ehk kohalikud äikesed tekivad konvektsioonivoolude tagajärjel õhumassi sees. Kohaliku äikese tekkeks peab maapind olema tugevasti soojenenud ja õhumassi alumistes kihtides peab olema soe ning niiske. Ülemistes õhukihtides on õhk aga kuiv ning jahe. Arenemist alustavad tugevad tõusvad õhuvoolud. Kui tõusev niiske õhk kondenseerub, hakkavad arenema pilved. Sellist tüüpi äike areneb tavaliselt suvel. Suvisel ajal areneb äike ka siis, kui soojale aluspinnale satub jahe ning niiske õhumass. Tõustes õhumassi temperatuur langeb, algab kondensatsiooni teke ja arenevad võimsad rünsajupilved. Sellised äikesed on seotud kõrgrõhuharjaga, mis tekib külma frondi taga jahedas õhumassis. (Tammets 2008:23)

Frontaaläikesed on tavaliselt seotud piirkonnast üleliikuvate frontidega. Frondiäikesed esinevad tavaliselt suvel, kuid vahel ka varakevadel, hilissügisel ning ka südatalvel. Äikese teke külmal frondil on seotud sooja õhu tõusuga külma survele. Sooja frondi äike on võrdlemisi harv, kuid väga ohtlik. Sooja frondi äikest esineb öösel, kui pilvede ülemine pind jahtub, hakkab muutuma temperatuur ühe pikkusühiku kohta vertikaalsuunas, kujunevad vertikaalvoolud ning arenevad äikesepilved. Mida rohkem erineb frondiga eraldatud õhumasside temperatuur ning mida suurem on tõusvas õhumassis niiskussisaldus, seda tugevam on frontaaläike. (Tammets 2008:24)

Mõnikord ulatub kõrgrõhualale või kahe kõrgrõhkkonna vahelisele alale pikem madalama õhurõhuga piirkond, mida nimetatakse madalrõhulohuks. Madalrõhkkondades on tavaliselt suur sademeterohke pilvisus ja tugevad tuuled. Talvel on madalrõhulohus soe ja suvel on jahe. (Tõllassepp 1960:191)

Madalrõhualadele puhub ümbritsevatest kõrgema rõhuga aladelt õhk, mis tsüklonis hakkab ülespoole liikuma. Need tõusuvoolud ulatuvad mitme kilomeetri kõrgusele, temperatuuri langemisel toimub veeauru kondenseerumine veepiiskadeks ning tekivad suured pilved. Kaasneb veel ka suur sademete hulk. (Tõllassepp 1960:189) Seetõttu põhjustabki madalrõhulohu saabumine äikeselist ilma (Tõllassepp 1960:191).

4. Äikesesageduse võrdlus ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastatel 2010–2013

4.1. Metoodika

Keskonnaagentuurist taotleti infopäringuga NORDLIS äikesedetektorite võrgu andmed maakonniti Eesti ala kohta aastatel 2010–2013. Riigi Ilmateenistuses sorteeriti andmetest välja välguvabad päevad ja seejärel ka välguvabad kuud. Ülejäänud toorandmed töödeldi uurimistöö autori poolt ning ühildati ühisesse formaati. Seejärel oli võimalik rühmitada välgulöökide andmed kuupäevade ja kuude kaupa suurtesse tabelitesse.

Maakondade igakuiste välgulöökide sorteeritud andmed ühendati suurtesse tabelitesse aastate kaupa, kus seejärel oli võimalik leida kõikide aastate välgulöökide summa igas maakonnas (vt lisa 3–6). Saadud tulemuste põhjal oli võimalik koostada toimunud välgulöökide tabel, kust selgusid kõige rohkemate välgulöökidega maakonnad aastatel 2010–2013 (vt lisa 7). Eestis olevad maakonnad on eri suurustega ning see tegur mõjutab äikesesageduse tulemusi Eesti alal maakonniti. Võimalikult täpse esineva äikesesageduse leidmiseks maakondades aastatel 2010–2013 tuli jagada välgulöökide kogusumma igas maakonnas maakonna pindalaga (vt lisa 7).

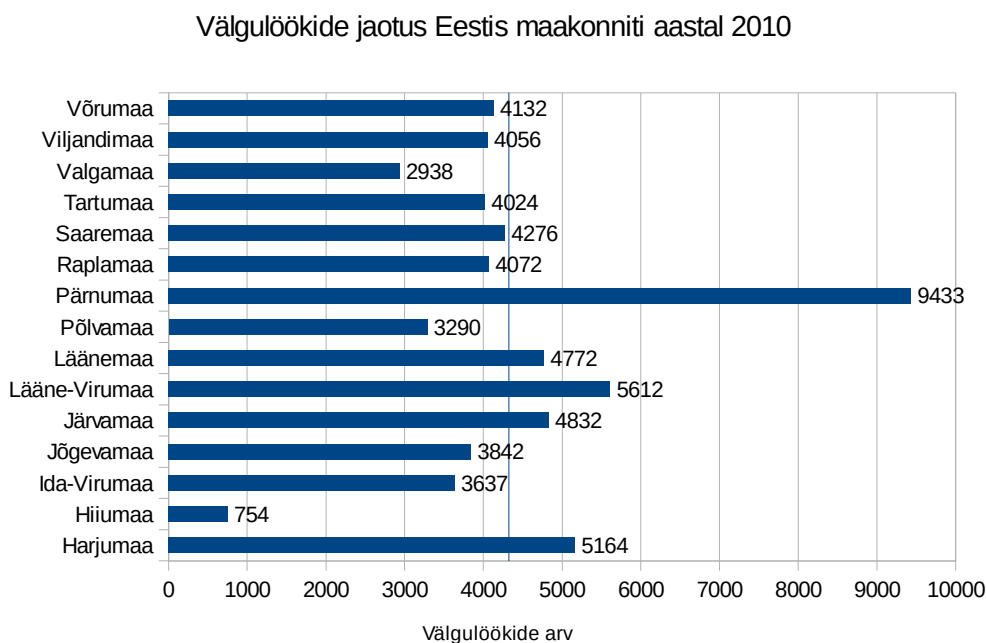
Kuu leidmiseks, kus esines kõige rohkem välgulööke, oli vaja sorteerida kõikide aastate välgulöögid kuude kaupa ning seejärel leida nelja aasta vältel toimunud välgulöökide summa igas kuus (vt lisa 8). Seejärel koostati diagramm, kust selgusid kõige rohkemate välgulöökidega kuud aastatel 2010–2013.

Põhilise frondi leidmiseks, mis põhjustab Eestis äikest, tuli ühildada äikesepäevad frontide liikumistega. Seda tehti ilmakaartide abil. Sünoptiliste kaartide (vt lisa 11) ehk ilmakaartide arhiivis (Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg) on iga päeva kohta neli frontide asukoha kaarti: kell 12 öösel, kell 6 hommikul, kell 12 päeval ja kell 6 õhtul. Frontaalse põhjuse leidmiseks tuli üle vaadata aastate 2010–2013 äikesepäevade kaardid ning märkida üles igal äikesepäeval Eesti alal esinenud frondid. Ülesmärkimisel kasutati üldistatud nimetusi: soe-, külm- ja liitfront ning madalrõhulohk. Seejärel spetsiifiliste programmide puudumise tõttu

loetleti eri frontide põhjustatud välgulöögid kokku käsitsi, kanti paberil olevatesse tabelitesse ning hiljem leiti iga fronti poolt põhjustatud välgulöökkide summa (vt lisa 9). Kui ühel äikesepäeval oli esinenud mitu fronti, jagati toimunud välgulöökkide arv esinenud frontide arvuga. Sellist meetodit korrati iga aasta puhul. Lõpptulemusena saadi iga fronti põhjustatud välgulöökkide summa ja oli võimalik koostada diagramm, kus eristus Eestis kõige rohkem äikesepäevi põhjustanud frontide osakaal.

4.2. Välgulöögid maakonniti ja meteoroloogiline põhjus Eestis aastal 2010

Analüüsisist selgus, et 2010. aastal esines välgulööke kõige rohkem Pärnumaal, kus toimus 15% kõikidest välgulöökkidest (vt joonis 10). Kõige vähem esines äikest Hiiumaal, kus toimus 1,2% kõikidest Eestis toimunud välgulöökkidest. Keskmiselt toimus 2010. aastal igas maakonnas 4322 välgulööki, mille arvvaartus on joonisele märgitud tumedama vertikaalse joonena. Keskmisest enam oli välgulööke Pärnu-, Lääne-, Lääne-Viru-, Järva- ja Harjumaa maakonnas.

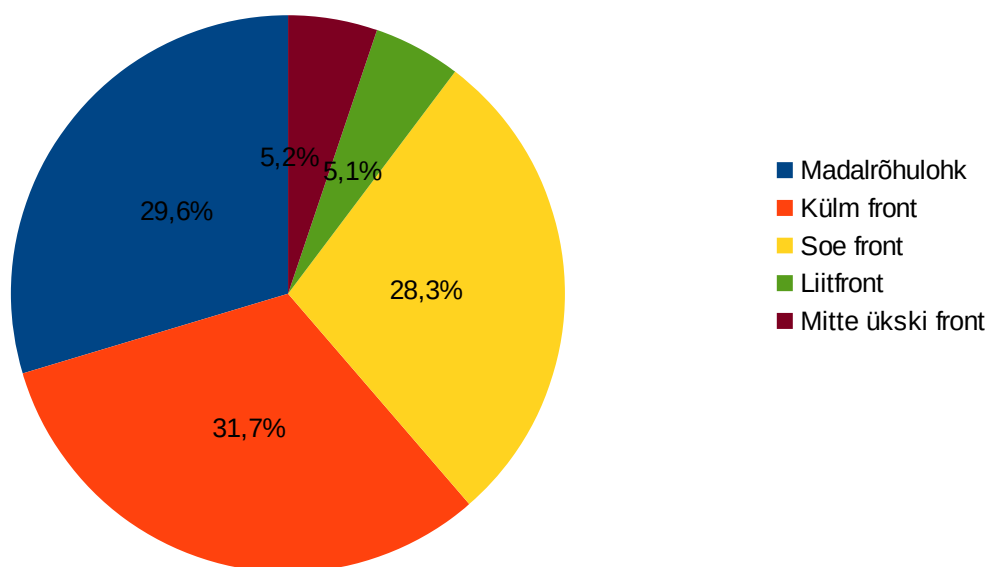


Joonis 10. Välgulöökkide jaotus Eestis maakonniti aastal 2010

Allikas: Keskkonnaagentuur

2010. aastal toimus Eesti mandrialal 64 834 välgulööki. Nendest välgulöökidest 31,7% olid põhjustatud külma frondi, 29,6% madalrõhulohu ja 28,3% sooja frondi poolt Eesti ala ületades või sellest lähedalt möödudes (vt joonis 11). Jooniselt selgub, et 5% välgulöökidest ei olnud põhjustatud frontidest. Järelikult on välgu tekkel ka mitmesuguseid teisi õhumassisiseseid põhjuseid, mida antud uurimistöös lähemalt ei käsitleta.

Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus aastal 2010



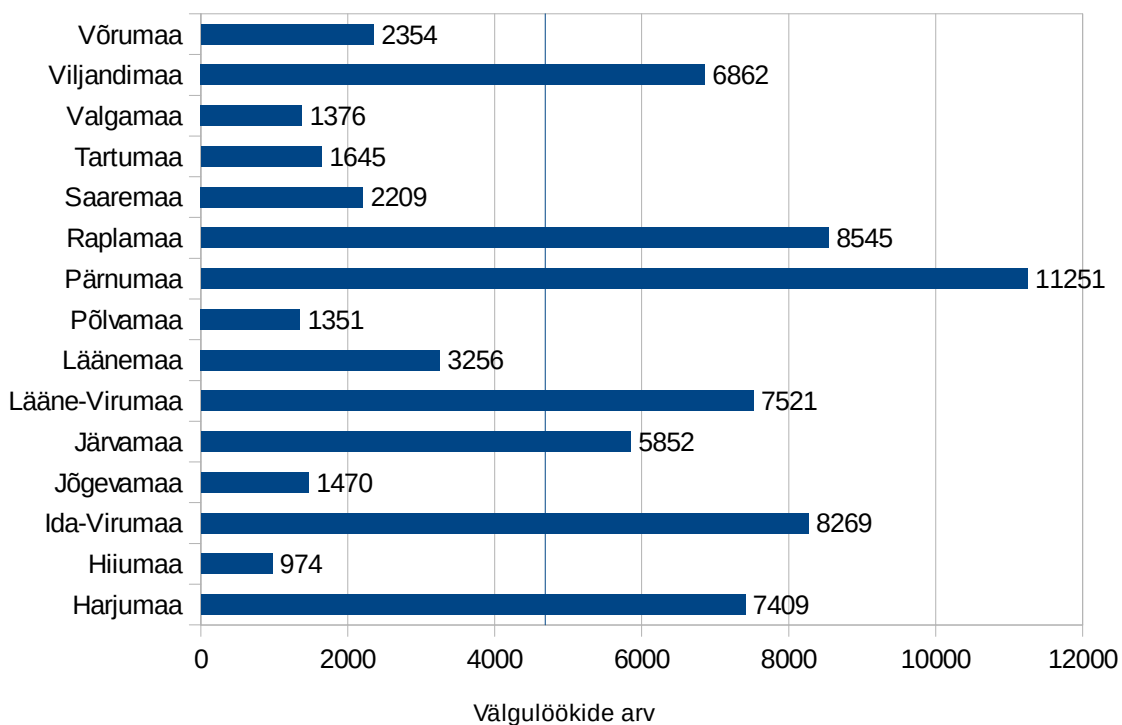
Joonis 11. Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus aastal 2010

Allikas: Met Office kaardiarhiivi kodulehekül

4.3. Välgulöögid maakonniti ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastal 2011

NORDLIS äikesedetektoritelt saadud andmete töötlemisel selgus, et 2011. aastal esines välgulööke kõige rohkem Pärnumaal (11 251 välgulööki) (vt joonis 12). Pärnumaal toimunud välgulöögid moodustasid 16% kogu Eestis toimunud välgulöökidest. Keskmiselt toimus igas maakonnas 2011. aastal 4670 välgulööki. Välgulöökide 2011. aasta keskmine arvvaartus on joonisel kujutatud tumedama vertikaalse joonena. Kõige vähem esines äikest nii Hiiu-, Jõgeva- kui ka Põlvamaal ja nii Valga- kui ka Tartumaal. Nendes maakondades toimunud välgulöögid moodustasid kokku 9,7% kogu Eestis toimunud välgulöökidest. Keskmisest enam lõi 2011. aastal välku Viljandi-, Rapla-, Pärnu-, Lääne-Viru-, Järva-, Ida-Viru- ja Harjumaa maakonnas.

Välgulöökide jaotus Eestis maakonniti aastal 2011

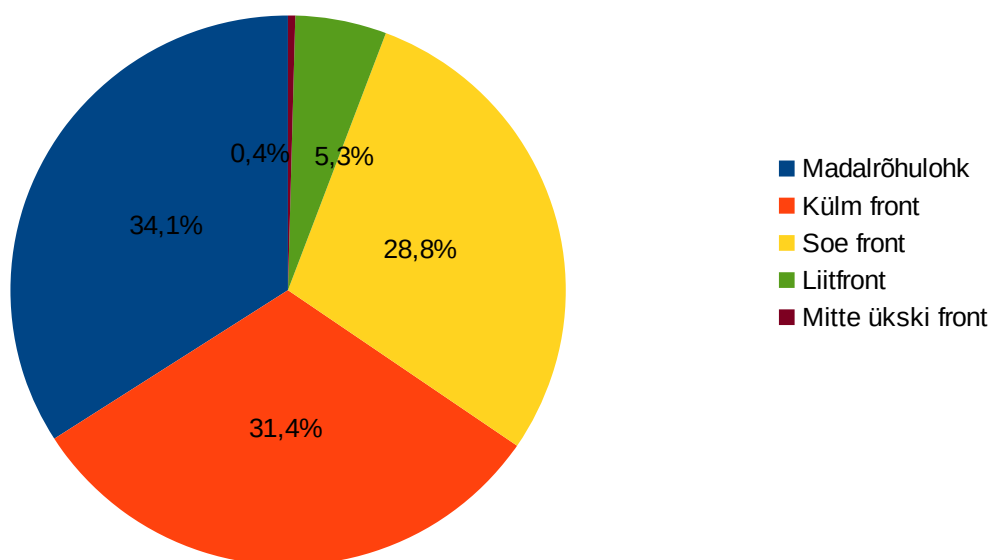


Joonis 12. Välgulöökide jaotus Eestis maakonniti aastal 2011

Allikas: Keskkonnaagentuur

2011. aastal toimus Eesti alal kokku 70 344 välgulööki ning 34,1% nendest välgulöökidest põhjustasid madalrõhulohud, 31,4% külmad frondid ja 28,8% soojad frondid (vt joonis 13). Liitfrontide osakaal äikeselise ilma põhjustamises oli võrdlemisi madal (5,3%). Alla 0,5% välgulöökide ei seostu frontaalse tegevusega. 2011. aastal olid äikese tekkepõhjusteks peamiselt frontaalsed protsessid.

Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus aastal 2011



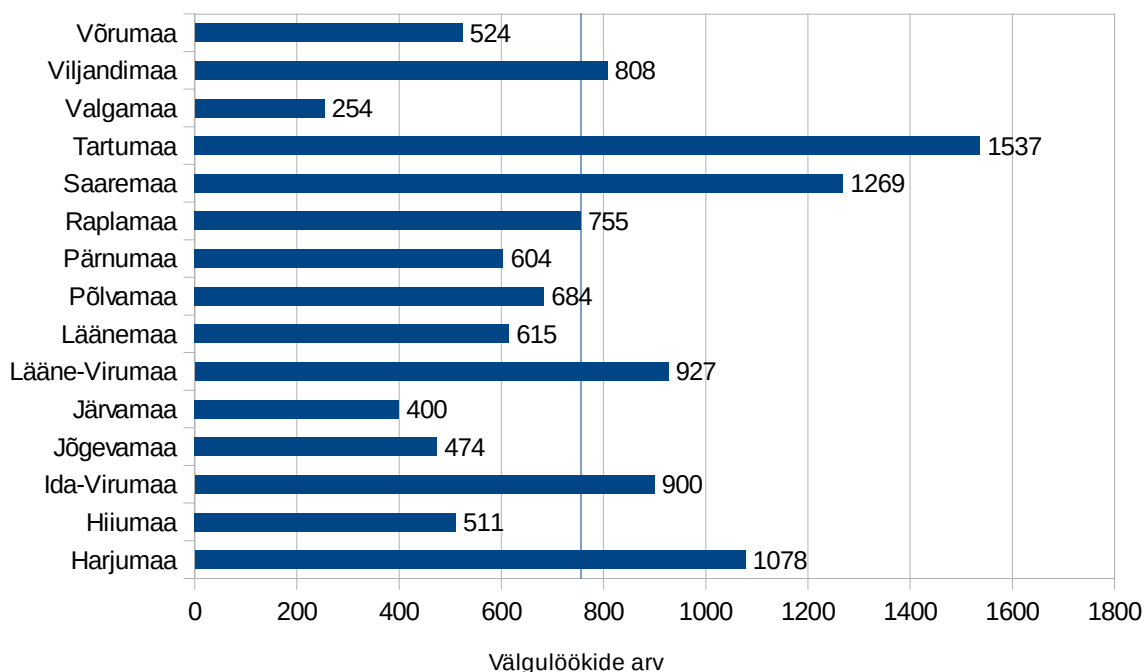
Joonis 13. Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus aastal 2011

Allikas: Met Office kaardiarhiivi kodulehekül

4.4. Vägulöögid maakonniti ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastal 2012

2012. aastal lõi Eestis kõige rohkem välku Tartumaal (1537 välgulööki) ning Saaremaal (1269 välgulööki) (vt joonis 14). Tartumaal toimus 13,6% ja Saaremaal 11,2% kõikidest Eestis toimunud välgulöökidest. Kõige vähem esines äikest Valgamaal, kus toimus 2,2% 2011. aastal Eestis toimunud välgulöökidest. Keskmiselt lõi Eesti igas maakonnas välku 756 korda. Vägulöökide arvväärtus on esitatud joonisel tumedama vertikaalse joonena. Eestis toimunud välgulöökide keskmist 2011. aastal ületasid Viljandi-, Tartu-, Saare-, Lääne-Viru-, Ida-Viru- ja Harjumaa maakond. Võrreldes ülejäänud aastatega, lõi 2012. aastal Pärnumaal Eesti keskmisest vähem välku.

Vägulöökide jaotus Eestis maakonniti aastal 2012

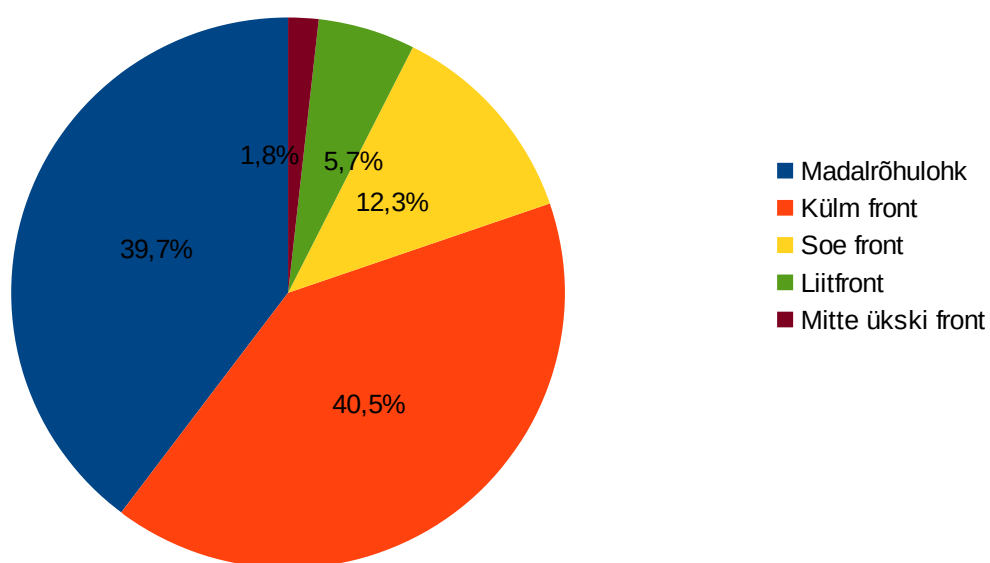


Joonis 14. Vägulöökide jaotus Eestis maakonniti aastal 2012

Allikas: Keskkonnaagentuur

2012. aastal toimus Eestis 11 340 välgulööki, neist 40,5% põhjustasid külmad frondid ja 39,7% madalrõhulohud (vt joonis 15). Võrreldes varasemate aastatega, oli 2012. aastal välgulöökide seos soojade frontidega (12,3%) väiksem. 2010. ja 2011. aastaga võrreldes oli 2012. aastal liitfrontide osatähtsus välgulöökide põhjustamises suurem (5,7%). 2012. aasta välgulöögid moodustasid ülejäänud kolme aasta keskmisest vaid 18,3%. 2012. aasta oli Eestis suhteliselt äikesevaene aasta.

Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus aastal 2012



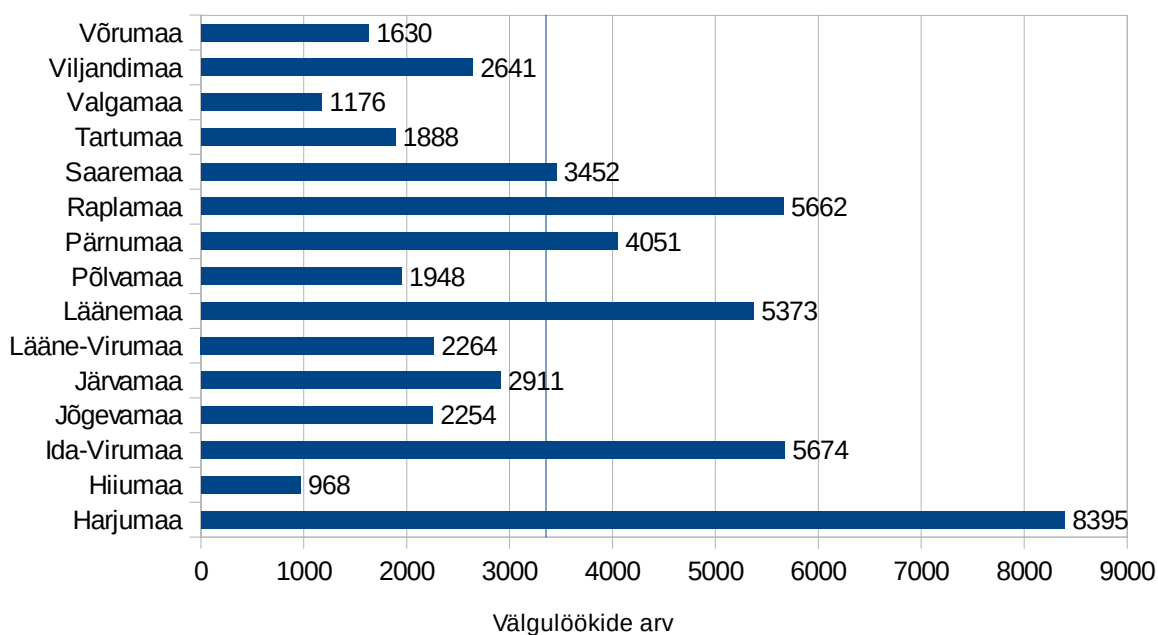
Joonis 15. Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus 2012

Allikas: Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg

4.5. Vägulöögid maakonniti ja meteoroloogilised põhjused Eestis aastal 2013

2013. aastal lõi kõige rohkem välku Harjumaal (8395 vägüloöki) (vt joonis 16). Harjumaa vägüloögid moodustasid 16,7% kõikidest Eestis toimunud vägüloökidest. Üle keskmise lõi välku ka Ida-Virumaal, Lääne- ja Raplamaal. Ida-Virumaal toimus 11,3%, Läänemaal 10,7% ning Raplamaal 11,3% kogu Eestis toimunud vägüloökidest. Keskmiselt toimus 2013. aastal igas maakonnas 3352 vägüloöki. Vägüloökide keskmine arvvaärtus on joonisele kantud tumedama vertikaalse noonena. Aasta keskmist vägüloökide hulka ületasid Saare-, Rapla-, Pärnu- ja Läänemaa, lisaks ka Harju- ning Ida-Virumaa. Eriti vägüvaesed olid Hiiu- ja Valgamaa, kus toimus kokku 4,6% kõikidest Eestis toimunud vägüloökidest.

Vägüloökide jaotus Eestis maakonniti aastal 2013

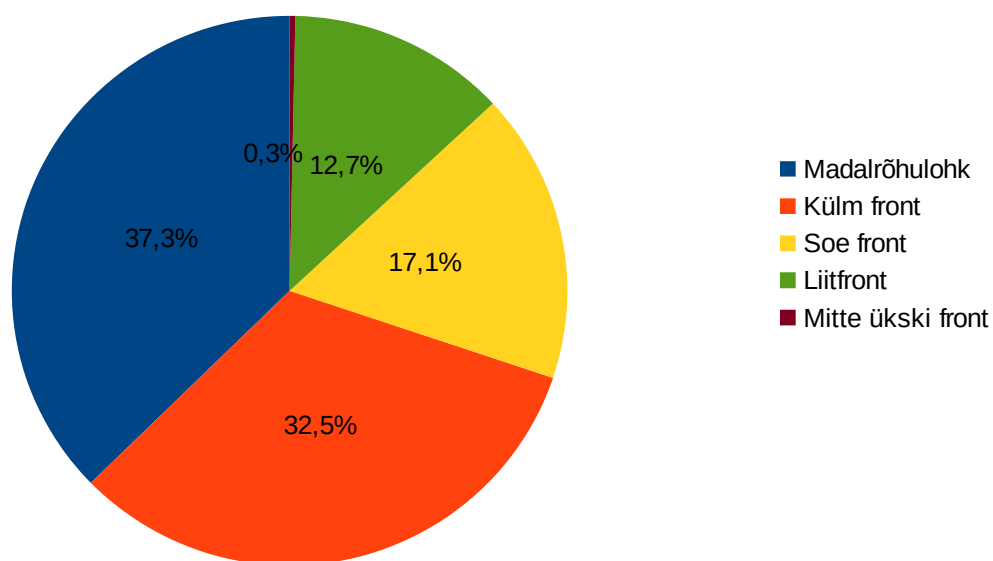


Joonis 16. Vägüloökide jaotus Eestis maakonniti aastal 2013

Allikas: Keskkonnaagentuur

2013. aastal toimus Eesti maakondades kokku 50 287 välgulööki. Välgulööke põhjustasid suuremas osas madalrõhulohud (37,7%) ning külmad frondid (32,5%) (vt joonis 17). Võrreldes eelnevate aastatega, kasvas 2012. aastal liitfrontide osatähtsus (12,7%) välgulöökide põhjustamises umbes kaks korda. 2013. aastal olid frondid äikese tekkepõhjustena hästi tuvastatavad (vt joonis 17).

Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus aastal 2013



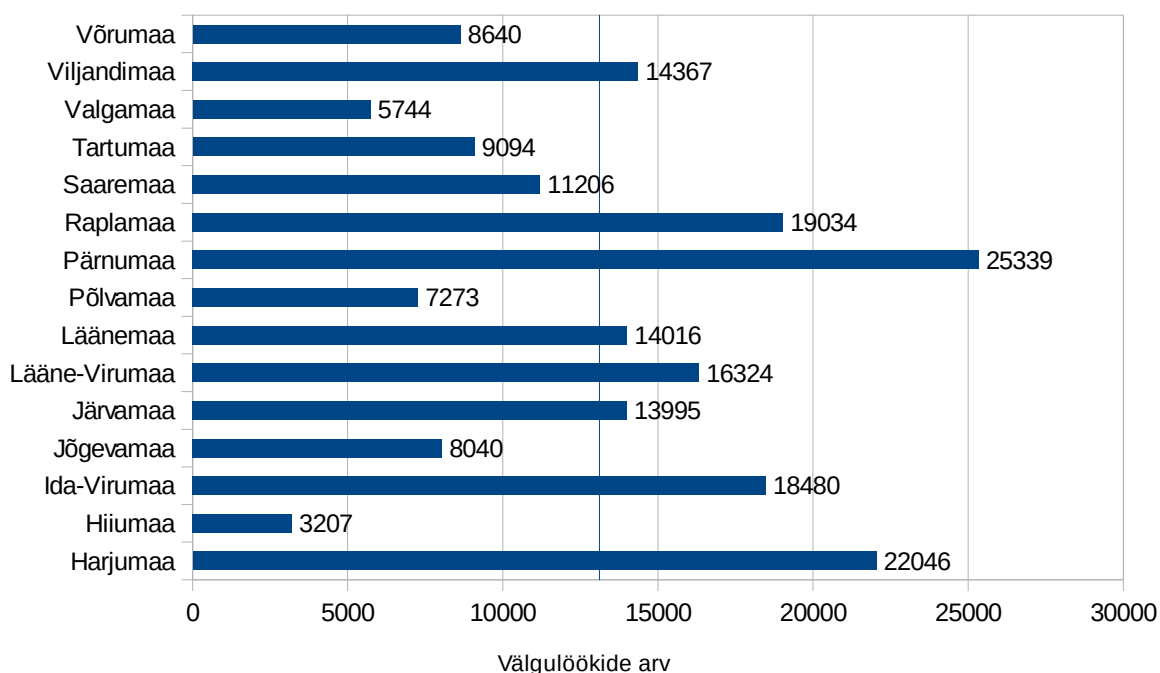
Joonis 17. Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus aastal 2013

Allikas: Met Office kaardiarhiivi kodulehekül

4.6. Välgulöögid Eestis maakonniti aastatel 2010–2013

Kõige rohkem lõi aastatel 2010–2013 välku Pärnumaal (25 339 välgulööki) ja Harjumaal (22 046 välgulööki) (vt joonis 18). Pärnumaal toimus nendel aastatel 12,9% kõikidest Eestis toimunud välgulöökidest, Harjumaal 11,2% kõikidest välgulöökidest. Kõige vähem lõi välku Hiiumaal (3207 välgulööki), kus toimus 1,6% välgulöökidest, ning Valgamaal (5744 välgulööki), kus toimus 2,9% aastatel 2010–2013 Eestis toimunud välgulöökidest. Keskmiselt toimus aastatel 2010–2013 igas Eesti maakonnas kokku 13 120 välgulööki, mille arvvaartus on joonisel kujutatud tumedama vertikaalse joonena. Aastatel 2010–2013 lõi Eesti keskmisest välku Viljandi-, Rapla-, Pärnu- ja Läänemaa, Ida-Viru-, Järva-, Ida-Viru- ja Harjumaa maakonnas.

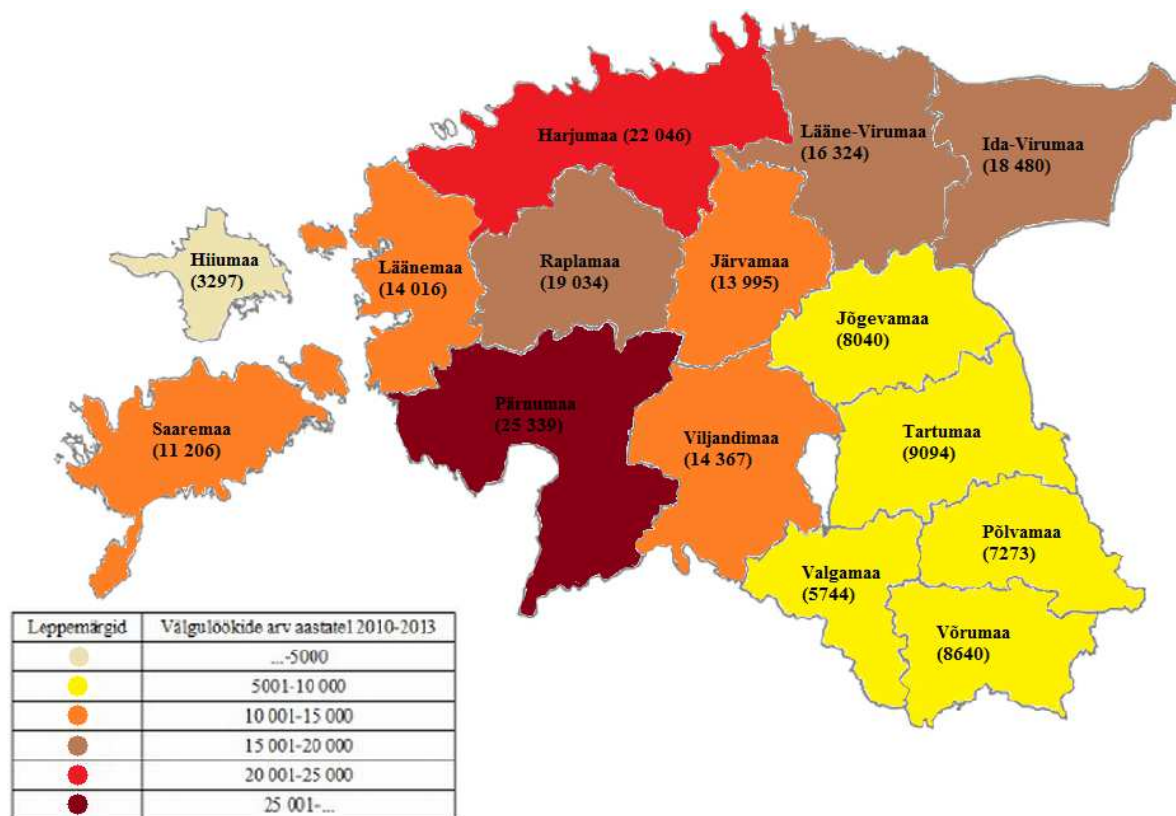
Välgulöökide jaotus Eestis maakonniti aastatel 2010-2013



Joonis 18. Välgulöökide rohkus Eestis maakonniti aastatel 2010–2013

Allikas: Keskkonnaagentuur

Andmete põhjal koostatud kaardilt on näha, et välgulööke esines kõige rohkem Põhja-, Lääne ja Edela-Eestis. Kõige vähem esines välgulööke Hiiumaal ning Kagu-Eestis (vt joonis 19).

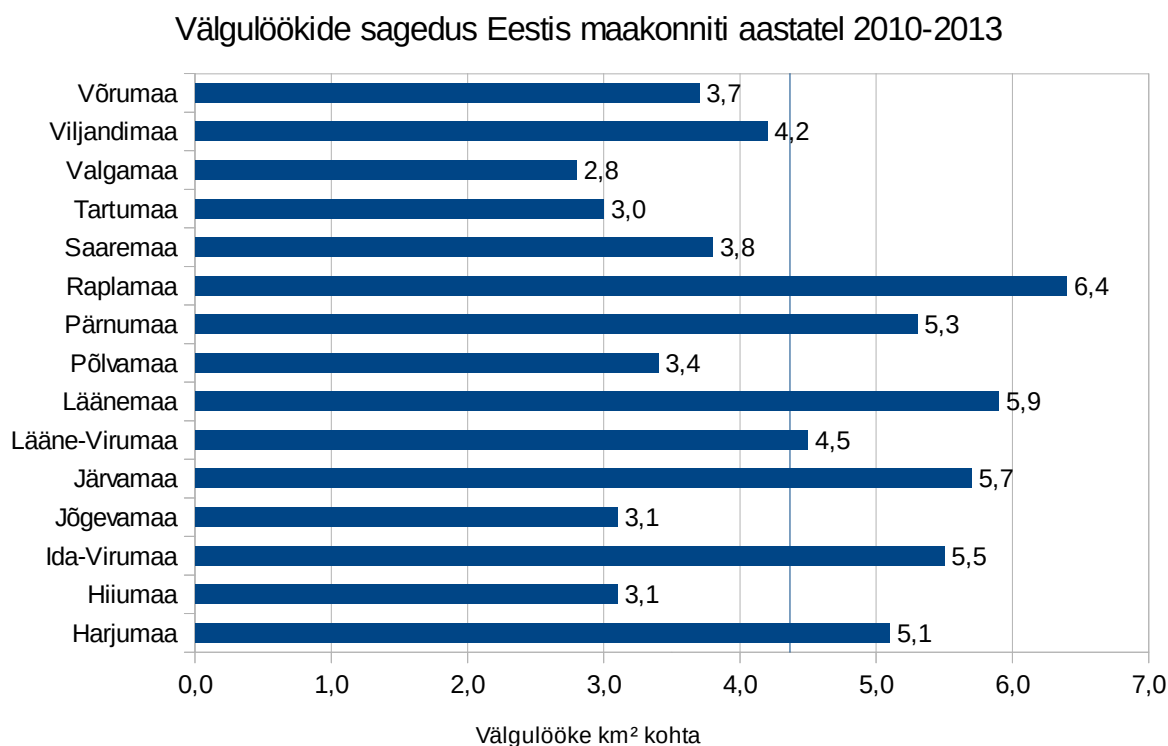


Joonis 19. Kaart välgulöökide rohkuse kohta Eestis maakonniti aastatel 2010–2013

Allikas: Keskkonnaagentuur

4.7. Väljusagedus Eestis maakonniti aastatel 2010–2013

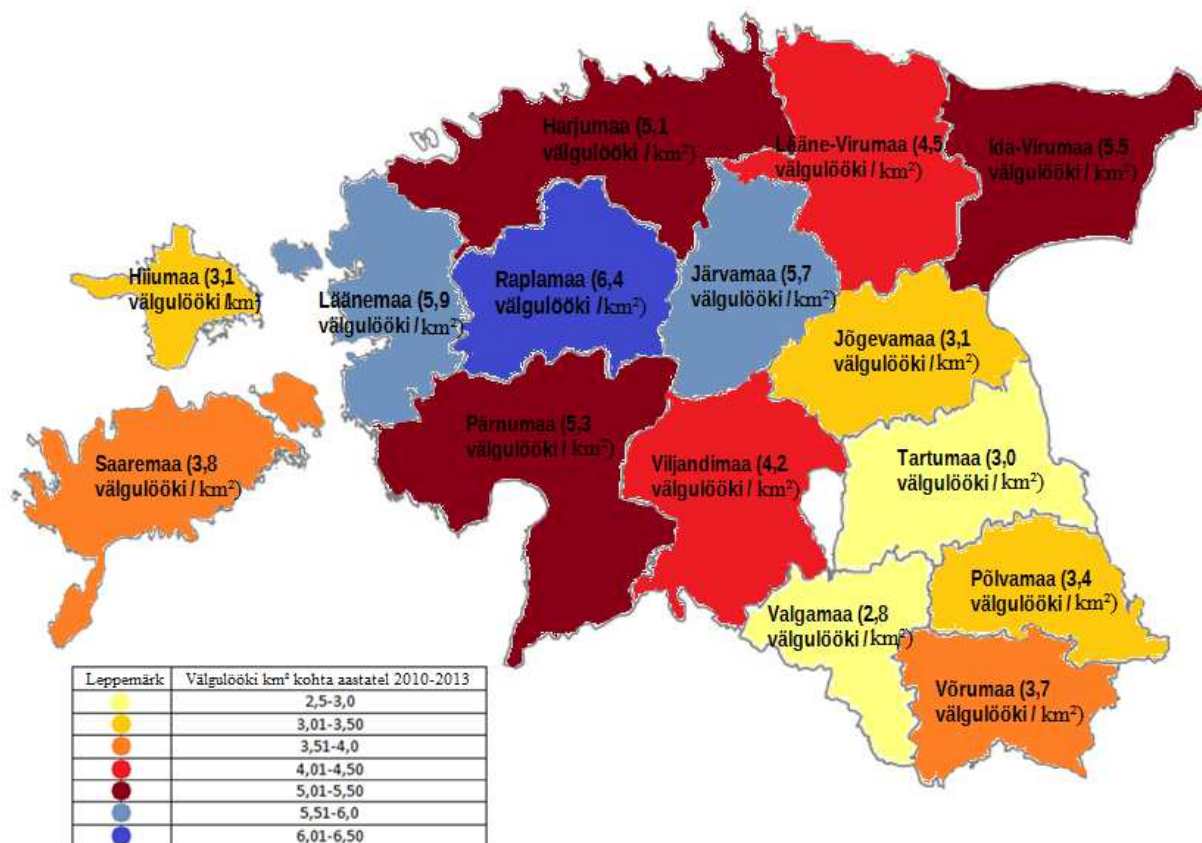
Tähelepanu tuleks juhtida sellele, et maakonnad on eri suurustega. Selleks, et leida maakond, kus esines aastatel 2010–2013 Eestis kõige rohkem äikest, tuleb jagada välgulöökide arv maakonna pindalaga. Saadud tulemustest järeldus (vt joonis 20), et väljusagedus valitud ajavahemikus oli suurim Raplamaal (6,4 välgulööki km² kohta). Suur väljusagedus oli ka Läänemaal (5,9 välgulööki km² kohta), Järvamaal (5,7 välgulööki km² kohta), Ida-Virumaal (5,5 välgulööki km² kohta), Pärnumaal (5,3 välgulööki km² kohta) ja Harjumaal (5,1 välgulööki km² kohta). Keskmiselt lõi aastatel 2010–2013 Eestis igas maakonnas 4,4 välgulööki km² kohta, mis on joonisel märgitud tumedama sinise vertikaalse joonena. Eesti keskmisest lõi rohkem välku Lääne-Virumaal ning ka kuues eelnevalt nimetatud maakonnas.



Joonis 20. Välgulöökide sagedus Eestis maakonniti aastatel 2010–2013

Allikas: Keskkonnaagentuur

Andmete põhjal koostatud kaardilt on näha, et välgulöökide sageduse järgi esines Eestis äikest kõige rohkem Põhja-, Lääne- ja Edela-Eestis. Vähem esines äikest Hiiumaal ning Kagu-Eestis (vt joonis 21).



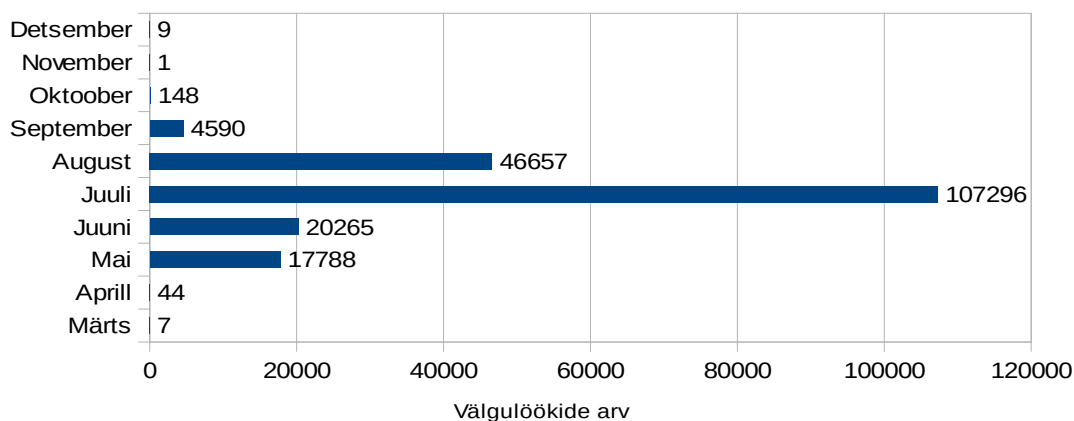
Joonis 21. Kaart välgulöökide sageduse kohta Eestis maakonniti aastatel 2010–2013

Allikas: Keskkonnaagentuur

4.8. Välgulöögid Eestis kuude kaupa aastatel 2010–2013

Kõige rohkem välku kokku lõi valitud ajavahemikus juulikuus, kus toimus 54,5% kõikidest välgulöökidest (vt joonis 22). Augustikuus, mille välgulöögid moodustasid 23,7% kõikidest Eestis toimunud välgulöökidest aastatel 2010–2013, lõi välku peaaegu 2,5 korda vähem, kui lõi välku juulikuus. Mais toimunud välgulöögid moodustasid 9% kõikidest välgulöökidest. Kõige vähem lõi välku Eestis märtsis, novembris ja detsembris. Kokku toimus nendes kuudes 0,009% kõikidest Eestis toimunud välgulöökidest. Juuni, juuli ja augusti välgulöögid moodustasid kokku 88,5% kogu Eestis aset leidnud välgulöökidest. Andmetest järeldub, et kõige rohkem lõi Eestis aastatel 2010–2013 välku suvekuudel.

Välgulöökide jaotus Eestis kuude kaupa aastatel 2010-2013



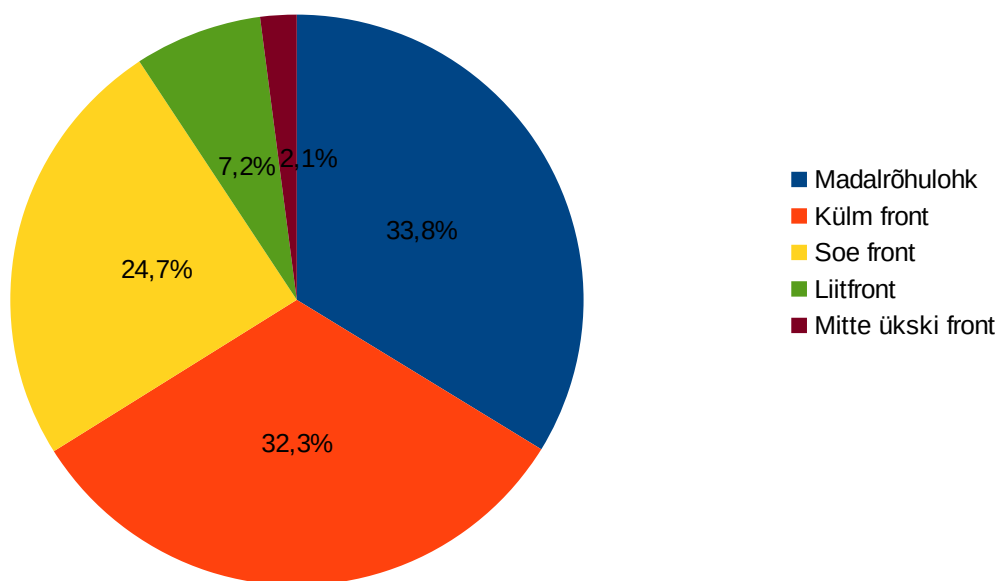
Joonis 22. Välgulöökide jaotus Eestis kuude kaupa aastatel 2010–2013

Allikas: Keskkonnaagentuur

4.9. Äikeserohkuse põhjus Eestis aastatel 2010–2013

Aastatel 2010–2013 toimus Eesti mandrialal kokku 196 805 välgulööki. Uurimusest selgus, et antud ajavahemikus põhjustasid 33,8% nendest välgulöökidest madalrõhulohud, 32,3% külmad frondid ja 24,7% soojad frondid (vt joonis 23). 7,2% välgulöökidest põhjustasid liitfrondid ning 2,1% välgulöökidest puudus frontaalne põhjus, järelikult oli nendel välgulöökidel teine õhumassisisene tekkepõhjus. Ilmakaartide vaatlemisel ilmnes, et tihti oli välgulöökide rohkus seotud ka lähestikku asetsevate külmade ja soojade frontide kiire vahetumisega. Sünoptiliste kaartide uurimisel ilmnes, et mõned kaartidel ilmnevad leppemärgid jäid tundmatuks. Seetõttu konsulteeriti Riigi Ilmateenistusest Ülle Jõemaaga (vt lisa 10).

Eestis välgulööke põhjustavate frontide jaotus aastatel 2010-2013



Joonis 23. Äikest põhjustanud frondid Eestis aastatel 2010–2013

Allikas: Met Office kaardiarhiivi kodulehekül

Kokkuvõte

Äike on elektrilahendus pilvede või pilvede ja maa vahel, välk on ereda valgussähhvatusena nähtav võimas looduslik sädelahendus pilves, pilvede vahel või pilve ja maapinna vahel. Välk tekib rüncasajupilvedes eri laengutega pilveosade vahel ja äikesepilvede elektriseerumise täpne mehhanism pole teada. Arvatavasti mängib äikesepilve elektriseerumises kõige suuremat rolli termoelektriline emissioon ehk osakeste väljapaiskumine. Välguliike on kokku viis: pilv-pilv välk, negatiivne pilv-maa välk, positiivne pilv-maa välk ja pilv-õhk välk ja pilvesisene välk.

Põhjamaades registreerib välgulööke NORDLIS äikesedetektorite võrgustik ning Eestis paikneb üks detektor alates 2005. aastast Tõraveres. Eestis tegutseb 2005. aastast ka Eesti Äikesevaatlejate Võrgustik, millega saavad liituda kõik huvilised.

Uurimistöös kasutati NORDLIS äikesedetektorite võrgustiku andmeid Eesti ala kohta maakonniti aastatel 2010–2013, mis taotleti Keskkonnaagentuurist. Saadud toorandmed ühildati koondtabelitesse ja töödeldi. Seejärel koostati vajalikud graafikud, mille põhjal sai koostada põhjaliku andmeanalüüsi.

Aastatel 2010–2013 oli välgulöövide arv Eestis aastati väga erinev. 2012. aasta oli suhteliselt äikesevaene aasta, moodustades aastatel 2010–2013 toimunud äikeselöövidest kõigest 5,8%. Seevastu 2011. aasta oli väga äikeserohke aasta, moodustades 35,7% kõikidest toimunud välgulöövidest aastatel 2010–2013. Kõige rohkem lõi värku Pärnumaal (25 339 välgulööki) ja Harjumaal (22 046 välgulööki). Arvestatavalt palju lõi antud ajavahemikus värku ka Raplumaal (19 034 välgulööki), Ida-Virumaal (18 480 välgulööki) ja Lääne- Virumaal (16 324 välgulööki).

Arvestades maakondade suuruste erinevuseid, tuli leida iga maakonna välgulöövide sagedus Eestis aastatel 2010–2013. Järeldus, et kõige sagedamalt esines äikest Raplumaal (6,5 välgulööki km² kohta), Läänemaal (5,9 välgulööki km² kohta), Järvemaal (5,7 välgulööki km² kohta), Ida-Virumaal (5,5 välgulööki km² kohta), Pärnumaal (5,3 välgulööki km² kohta) ja Harjumaal (5,1 välgulööki km² kohta).

Uurimusest tulenes, et Eestis esines värku nii välgulöövide arvu kui ka välgusageduse poolest

rohkem Põhja-, Lääne- ja Edela-Eestis. See, et pikselised piirkonnad paiknevad kõrgustikest läänes näitab seda, et Eesti aladel on valitsevaks läänevool. Kõrgustikke ületades peab läänevool tõusma ning seejärel soodustub konvektsioonivoolude, rünksajupilvede ja ka äikese areng.

Uurimusest selgus, et aastatel 2010–2013 lõi Eestis kõige rohkem välku suvekuudel, mis kokku moodustasid 88,5% kõikidest toimunud välgulöökidest. Kõige rohkem esines välku aga juulikuus, kus toimus 54,5% kõikidest välgulöökidest.

Aastatel 2010–2013 põhjustasid Eestis välgulööke peamiselt frontaalsed protsessid. Kõige rohkem põhjustasid äikest madalrõhulohud (33,8%), külmad frondid (32,3%) ja ka soojad frondid (24,7%). Ilmakaartide analüüsimisel ilmnas, et tihti oli välgulöökide rohkus seotud ka lähestikku asetsevate külmade ja soojade frontide kiire vahetumisega.

Käesoleva uurimistöö sissejuhatuses püstitati neli hüpoteesi:

- Äikese esinemises on aastate ja kuude vahel suured erinevused.
- Kõige rohkem välku lööb kõrgustike lähiümbruses ja Pärnumaal.
- Kõige vähem välku lööb saartel.
- Äikesega seotud protsessid on rohkem põhjustatud külmade kui soojade frontide poolt.

Püstitatud neljast hüpoteesist leidsid täielikult tõestust kaks: Äikese esinemisel aastatel 2010–2013 oli aastate ja kuude vahel suuri erinevusi ning äikesega seotud protsessid olid rohkem põhjustatud külmade kui soojade frontide poolt. Uurimistööst järeldus, et välku esines välgulöökide summa poolest kõige rohkem Pärnumaal, kuid välgusageduse poolest esines välku kõige rohkem Raplamaal. Kõige vähem esines kokkuvõttes aastatel 2010–2013 Eestis äikest Hiiu- ja Valgamaal.

Kasutatud kirjandus

Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg. EÄV. Loetud: <http://web.zone.ee/eav/>,
10.02.2015.

Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg. Loetud: <http://web.zone.ee/eav/01onv2lk.htm>,
31.10.2014.

Eesti Äikesevaatlejate Võrgu kodulehekülg. Äikesevilvede ehitus, areng ja tuultsesüsteem.
Loetud: http://web.zone.ee/eav/globe_aike_index.htm, 02.11.2014.

Eesti Äikesevaatlejate Võrk [Lisa 1] Loetud: <http://web.zone.ee/eav/metoodika1.htm>,
10.02.2015.

Eesti Äikesevaatlejate Võrk [Lisa 2] Loetud: <http://web.zone.ee/eav/metoodika2.htm>,
10.02.2015.

EKSS kodulehekülg. Loetud: <http://www.eki.ee/dict/ekss/>, 10.11.2014.

Enno, S-E. (2009) Nüüdisaegsed pikseuuringud. Välgulöökide ajalis-ruumiline jaotus Eestis
2005–2008. Loetud: http://www.eestiloodus.ee/artikkel2875_2873.html, 31.10.2014.

Enno, S-E. [joonis 1] Loetud: <http://web.zone.ee/eav/01onv2lk.htm>, 10.02.2015.

EÄV kodulehekülg [joonis 7] Loetud: http://web.zone.ee/eav/globe_aike_index.htm,
11.02.2015.

EÄV kodulehekülg. Põhivaatuste metoodika. Loetud: <http://web.zone.ee/eav/metoodika1.htm>,
10.02.2015.

EÄV kodulehekülg. Täisvaatluste metoodika. Loetud:
<http://web.zone.ee/eav/metoodika2.htm>, 10.02.2015.

Jõemaa, Ü. (Riigi Ilmateenistus) [Lisa 10]. Marie Mari Maasik. [e-kiri] Tallinn: 27.02.2015.

Kamenik, J. (2011a) Kuidas tekib äike? Loetud: <http://www.ilm.ee/index.php?48456>,
10.11.2014.

Kamenik, J. (2011b) Talvine äike. Loetud: <http://www.horison.ee/node/1591>, 01.11.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 10] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 12] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 14] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 16] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 18] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 19] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 20] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 21] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [joonis 22] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [Lisa 3] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [Lisa 4] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [Lisa 5] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [Lisa 6] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [Lisa 7] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [Lisa 8] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Keskkonnaagentuur [Lisa 9] Loetud: <http://www.keskkonnaagentuur.ee/>, 13.08.2014.

Kuurme, M. (2003) Miks välku lööb ja müristab? Loetud: http://www.loodusajakiri.ee/horisont/artikkel124_95.html, 31.10.2014.

Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg [joonis 11] Loetud: http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html, 21.03.2015.

Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg [joonis 13] Loetud: http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html, 21.03.2015.

Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg [joonis 15] Loetud: http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html, 21.03.2015.

Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg [joonis 17] Loetud:

http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html, 21.03.2015.

Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg [joonis 23] Loetud:

http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html, 21.03.2015.

Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg [Lisa 11] Loetud:

http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html, 11.02.2015.

Met Office kaardiarhiivi kodulehekülg. Loetud:

http://www1.wetter3.de/Archiv/archiv_ukmet.html, 21.03.2015.

National Weather Service [joonis 5] Loetud:

http://www.srh.noaa.gov/jetstream/lightning/lightning_max.htm , 11.02.2015.

NOAA kodulehekülg [joonis 3] Loetud: <http://ilm.ee/index.php?48456,10.11.2014>,
10.02.2015.

Polariseeritud veetilk [joonis 2] (2003) Horisont, juuli, nr 4, lk 53.

Rahvaarv, pindala ja asustustihedus maakonna järgi, 31. detsember 2011. (2012).

Statistikaameti kodulehekülg. Loetud: <http://www.stat.ee/67696>, 23.03.2015.

Riigi Ilmateenistus [joonis 9] Loetud: http://www.ilmateenistus.ee/wp-content/uploads/2013/02/aikesedetektor_001.jpg, 07.03.2015.

Taavi Foto [joonis 6] (2011) Loetud: http://taavofoto.blogspot.com/2011_09_01_archive.html,
11.02.2015.

Tammets, T. (2008) Eesti ilma riskid. Tallinn: Eesti Entsüklopeediakirjastus.

The Cloudspotter's Guide: The Science, History, and Culture of Clouds[joonis 4] (2006)

Loetud: <http://www.web-feats.com/chasing/books.htm>, 11.02.2015.

Tõllassepp, A. (1960) Meteoroloogia kõigile. Tallinn: Eesti Riiklik Kirjastus.

Wiley Online Library [joonis 8] (2010) Loetud:

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2009JD012183/pdf>, 07.03.2015.

Lisa 1 Äikese põhivaatluse kuutabel

Äikesevaatluste kuutabel

Vaatluskoht: _____

Kuu: _____ 201__ a.

Vaatleja: _____

Kuupäev	Esimes äike	Äikest ei esinenud	Andmed puuduvad	Esimes pöuaväik	Ohtlikud nähtused								Äikese esinemiskellaeg					
					Pagi	Rahe	Paduvihm	Lehterpiiv	Tornaado	Vesipüks	Keraväik	Välgukahjustus	00:00-05:59	06:00-11:59	12:00-17:59	18:00-23:59	Esimene müristamine	Viimane müristamine
1.																		
2.																		
3.																		
4.																		
5.																		
6.																		
7.																		
8.																		
9.																		
10.																		
11.																		
12.																		
13.																		
14.																		
15.																		
16.																		
17.																		
18.																		
19.																		
20.																		
21.																		
22.																		
23.																		
24.																		
25.																		
26.																		
27.																		
28.																		
29.																		
30.																		
31.																		

Allikas: Eesti Äikesevaatlejate Võrk

Lisa 2 Täismahus äikesevaatluste leht

Äikesevaatluste leht

Vaatluskoht: _____

Kuupäev: _____ 201__ a.

Vaatleja: _____

Esimese müristamise kellaeg: _____ ilmakaar: _____

Viimase müristamise kellaeg: _____ ilmakaar: _____

Esimese müristamise kellaaja täpsus: +/- 1 / 5 / 10 / 15 / 30 / 60 min

Viimase müristamise kellaaja täpsus: +/- 1 / 5 / 10 / 15 / 30 / 60 min

Äikese intensiivskood: _____

Kas esines lähivälgulööke (kaugus kuni 3 km)? Jah / Ei / Ei tea

Kas müristas mitmes eraldi pilves? Jah / Ei / Ei tea

Valdav välguvorm: Pilv-maa / Pilvesisene / Ei tea

Kas äikesega kaasnes vaatluskohas sadu? Jah / Ei / Ei tea

Saju intensiivsus: Mõni piisk / Nõrk / Mõõdukas / Tugev / Väga tugev

Saju kestus: alla 5 / 5-10 / 10-30 / 30-60 min / 1-3 tundi / üle 3 tunni

Äikesega kaasnenud ohtlikud nähtused (alla kriipsutada):

Pagi	Rahe
Paduvihm	Lehterpilv
Tornaado	Vesipüks
Keravälk	Välgukahjustus

Ohtlikke nähtusi ja kahjustusi iseloomustada lähemalt vaatluslehe pöördel.

Lisa 3 Andmetöötuse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis maakonniti aastal 2010

	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	Detsember	Aasta
Harjumaa	0	1	755	2	3518	883	0	5	0	5164
Hiiumaa	0	1	118	0	313	322	0	0	0	754
Ida-Virumaa	0	1	1176	171	1115	1174	0	0	0	3637
Jõgevamaa	1	8	193	294	2462	884	0	0	0	3842
Järvamaa	0	6	526	106	3586	608	0	0	0	4832
Lääne-Virumaa	0	1	591	156	3630	1226	0	3	5	5612
Läänemaa	0	4	899	0	2818	1040	11	0	0	4772
Põlvamaa	1	0	201	65	1721	1302	0	0	0	3290
Pärnumaa	1	12	562	161	5331	3357	9	0	0	9433
Raplamaa	0	3	433	7	2392	1237	0	0	0	4072
Saaremaa	0	6	99	5	1088	3075	3	0	0	4276
Tartumaa	1	0	250	36	2482	1255	0	0	0	4024
Valgamaa	1	0	149	15	2391	382	0	0	0	2938
Viljandimaa	2	0	179	155	2361	1359	0	0	0	4056
Võrumaa	0	0	426	171	1543	1979	13	0	0	4132
Kokku	7	43	6557	1344	36751	20083	36	8	5	64834

Allikas: Keskkonnaagentuur

Lisa 4 Andmetööluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis maakonniti aastal 2011

	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	Detsember	Aasta
Harjumaa	91	263	6411	330	292	22	0	7409
Hiiumaa	79	45	551	244	46	9	0	974
Ida-Virumaa	9	356	7615	96	193	0	0	8269
Jõgevamaa	62	110	953	283	62	0	0	1470
Järvamaa	133	47	5438	200	32	2	0	5852
Lääne-Virumaa	80	331	6541	317	250	2	0	7521
Läänemaa	64	703	1727	613	132	14	3	3256
Põlvamaa	100	340	760	58	93	0	0	1351
Pärnumaa	181	510	9771	600	159	30	0	11251
Raplamaa	46	122	8020	280	72	5	0	8545
Saaremaa	184	110	1050	746	100	18	1	2209
Tartumaa	40	186	829	507	83	0	0	1645
Valgamaa	78	228	843	51	173	3	0	1376
Viljandimaa	133	199	6306	127	96	1	0	6862
Võrumaa	211	896	1174	3	68	2	0	2354
Kokku	1491	4446	57989	4455	1851	108	4	70344

Allikas: Keskkonnaagentuur

Lisa 5 Andmetööluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis maakonniti aastal 2012

	Juuli	August	September	Oktoober	November	Aasta
Harjumaa	344	655	69	10	0	1078
Hiiumaa	376	122	13	0	0	511
Ida-Virumaa	488	360	51	1	0	900
Jõgevamaa	241	211	22	0	0	474
Järvamaa	109	195	96	0	0	400
Lääne-Virumaa	169	630	126	2	0	927
Läänemaa	174	378	62	1	0	615
Põlvamaa	360	39	284	1	0	684
Pärnumaa	99	451	52	1	1	604
Raplamaa	33	679	43	0	0	755
Saaremaa	812	409	45	3	0	1269
Tartumaa	1350	92	94	1	0	1537
Valgamaa	124	81	48	1	0	254
Viljandimaa	547	223	38	0	0	808
Võrumaa	374	41	107	2	0	524
Kokku	5600	4566	1150	23	1	11340

Allikas: Keskkonnaagentuur

Lisa 6 Andmetööluse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis maakonniti aastal 2013

	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	September	Oktoober	Aasta
Harjumaa	0	1026	1176	151	5973	61	8	8395
Hiiumaa	0	273	18	23	635	19	0	968
Ida-Virumaa	0	925	2987	1182	304	276	0	5674
Jõgevamaa	0	295	1178	598	51	132	0	2254
Järvamaa	0	190	1359	1084	199	79	0	2911
Lääne-Virumaa	0	489	530	804	372	69	0	2264
Läänemaa	0	1071	679	124	3437	61	1	5373
Põlvamaa	0	451	1241	171	19	66	0	1948
Pärnumaa	0	1075	1745	332	767	132	0	4051
Raplamaa	1	852	997	333	3368	111	0	5662
Saaremaa	0	757	339	93	2177	86	0	3452
Tartumaa	0	701	688	350	71	78	0	1888
Valgamaa	0	478	211	347	16	124	0	1176
Viljandimaa	0	514	796	1109	127	95	0	2641
Võrumaa	0	643	531	255	37	164	0	1630
Kokku	1	9740	14475	6956	17553	1553	9	50287

Allikas: Keskkonnaagentuur

Lisa 7 Andmetöötuse läbinud tabel välgulöökide jaotuse ning välgulöökide sageduse kohta Eestis maakonniti aastatel 2010–2013

	2010	2011	2012	2013	Kokku	Maakonna pindala (m ²)	Välgulööki km ² kohta aastatel 2010-2013
Harjumaa	5164	7409	1078	8395	22046	4333	5,1
Hiiumaa	754	974	511	968	3207	1023	3,1
Ida-Virumaa	3637	8269	900	5674	18480	3364	5,5
Jõgevamaa	3842	1470	474	2254	8040	2604	3,1
Järvamaa	4832	5852	400	2911	13995	2460	5,7
Lääne-Virumaa	5612	7521	927	2264	16324	3628	4,5
Läänemaa	4772	3256	615	5373	14016	2383	5,9
Põlvamaa	3290	1351	684	1948	7273	2165	3,4
Pärnumaa	9433	11251	604	4051	25339	4807	5,3
Raplamaa	4072	8545	755	5662	19034	2980	6,4
Saaremaa	4276	2209	1269	3452	11206	2922	3,8
Tartumaa	4024	1645	1537	1888	9094	2993	3
Valgamaa	2938	1376	254	1176	5744	2044	2,8
Viljandimaa	4056	6862	808	2641	14367	3422	4,2
Võrumaa	4132	2354	524	1630	8640	2305	3,7

Allikas: Keskkonnaagentuur

Lisa 8 Andmetöötuse läbinud tabel välgulöökide jaotuse kohta Eestis kuude kaupa aastatel 2010–2013

	2010	2011	2012	2013	Kokku
Märts	7	0	0	0	7
Aprill	43	0	0	1	44
Mai	6557	1491	0	9740	17788
Juuni	1344	4446	0	14475	20265
Juuli	36751	57989	5600	6956	107296
August	20083	4455	4566	17553	46657
September	36	1851	1150	1553	4590
Oktoober	8	108	23	9	148
November	0	0	1	0	1
Detsember	5	4	0	0	9

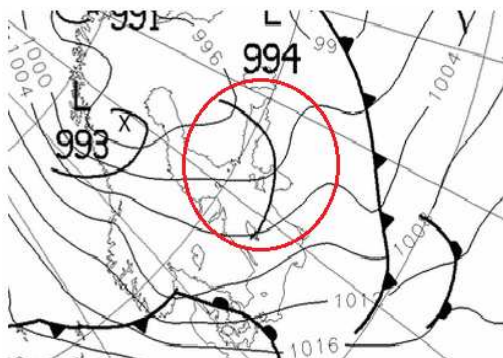
Allikas: Keskkonnaagentuur

Lisa 9 Andmetöötuse läbinud tabel välgulööke põhjustavate frontaalsete protsesside kohta Eestis aastatel 2010–2013

	2010	2011	2012	2013	Kokku
Madalrõhulohk	19201,9	23334,8	4503	18915,3	65955
Külm front	20569,9	21487,3	4597,8	16487,7	63142,7
Soe front	18361,4	19747,3	1393,3	8648,7	48150,7
Liitfront	3301,8	3641,5	644,8	6454,8	14042,9
Mitte ükski front	3376	284	201	171	4032
Kokku	64811	68494,9	11339,9	50677,5	195323,3

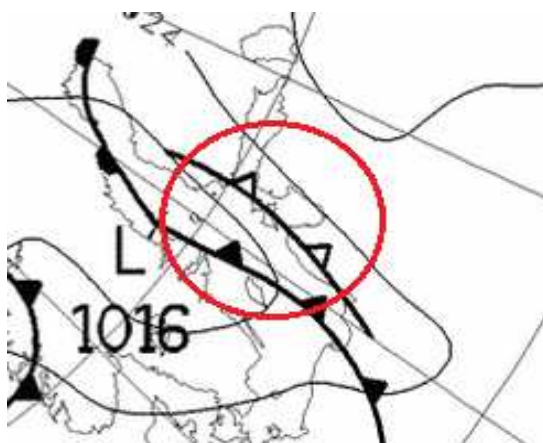
Allikas: Keskkonnaagentuur

Lisa 10 Meteoroloogiliste tingmärkide selgitus



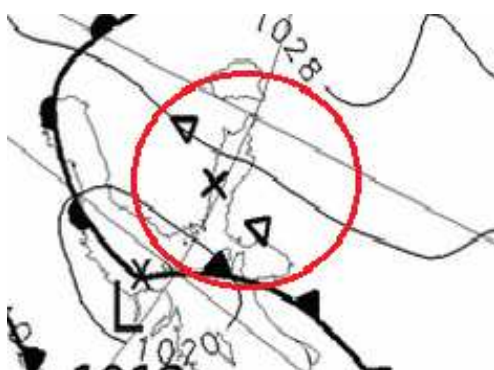
1. 13.03.2010 12UTC

Madalrõhulohk, millega on seotud pilvisuse tihenemine ja saju võimalus.



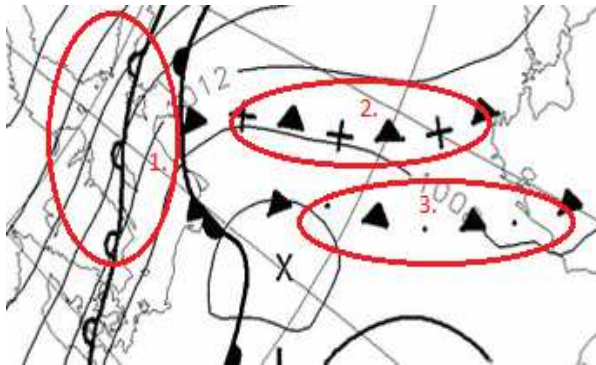
2. 09.04.2010 06UTC Mõlemad külmad fronid.

Seest tühi kolmnurk – maapinnalt kõrgemal oleva õhukihi eraldusjoon, s.t. külma fronti järel tulev külmem õhk ei jõua veel maapinnal. Must kolmnurk – samuti külma front, kuid maapinnal. Selle üleminekuga seotud pilved ja sadu, õhutemperatuuri langus.



3. 09.04.2010 2UTC

Nõrgenev külma front maapinnalt kõrgemal
Intensiivsust kaotav front.

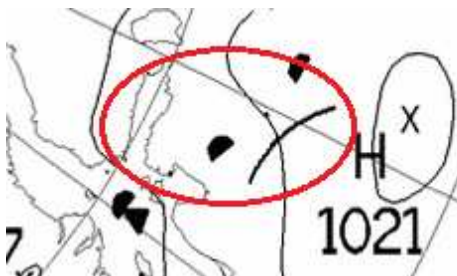


4. 07.05.2010 06UTC

1. Ülemine soe front ehk maapinnalt kõrgemal olev soe front. Maapinnal õhumass veel ei muutu.

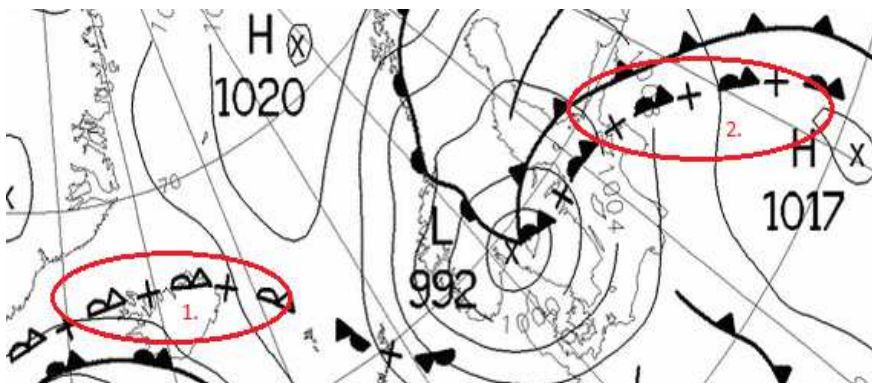
2. Nõrgenev külm front (frontolüüs). Harilikult seotud õhurõhu tõusuga. Nii pilved kui sademed harvenevad.

3. Arenev külm front (frontogenees). Maapinnal temperatuuri gradiendi suurenemine.



5. 06.06.2010 12UTC

Arenev soe front (frontogenees). Maapinnal temperatuuri gradiendi suurenemine.



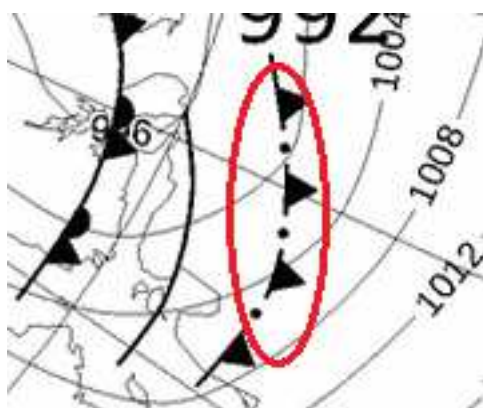
6. 30.07.2010 00 UTC

1. Nõrgenev oklusioon front kõrgemate õhukihtides
2. Nõrgenev oklusioon front maapinnal



7. 23.05.2011 06UTC

Soe sektor. Frontaalanalüüsis tehtud korrektuur (tõenäoliselt eelnevalt teine frontide süsteem). Külma fronti ees olevad jooned tähistavad ka ebapüsivat õhumassi, kus võimalikud kiired ja ägedad ilmaprotsessid (näiteks äikesepilvede teke, tromb...)

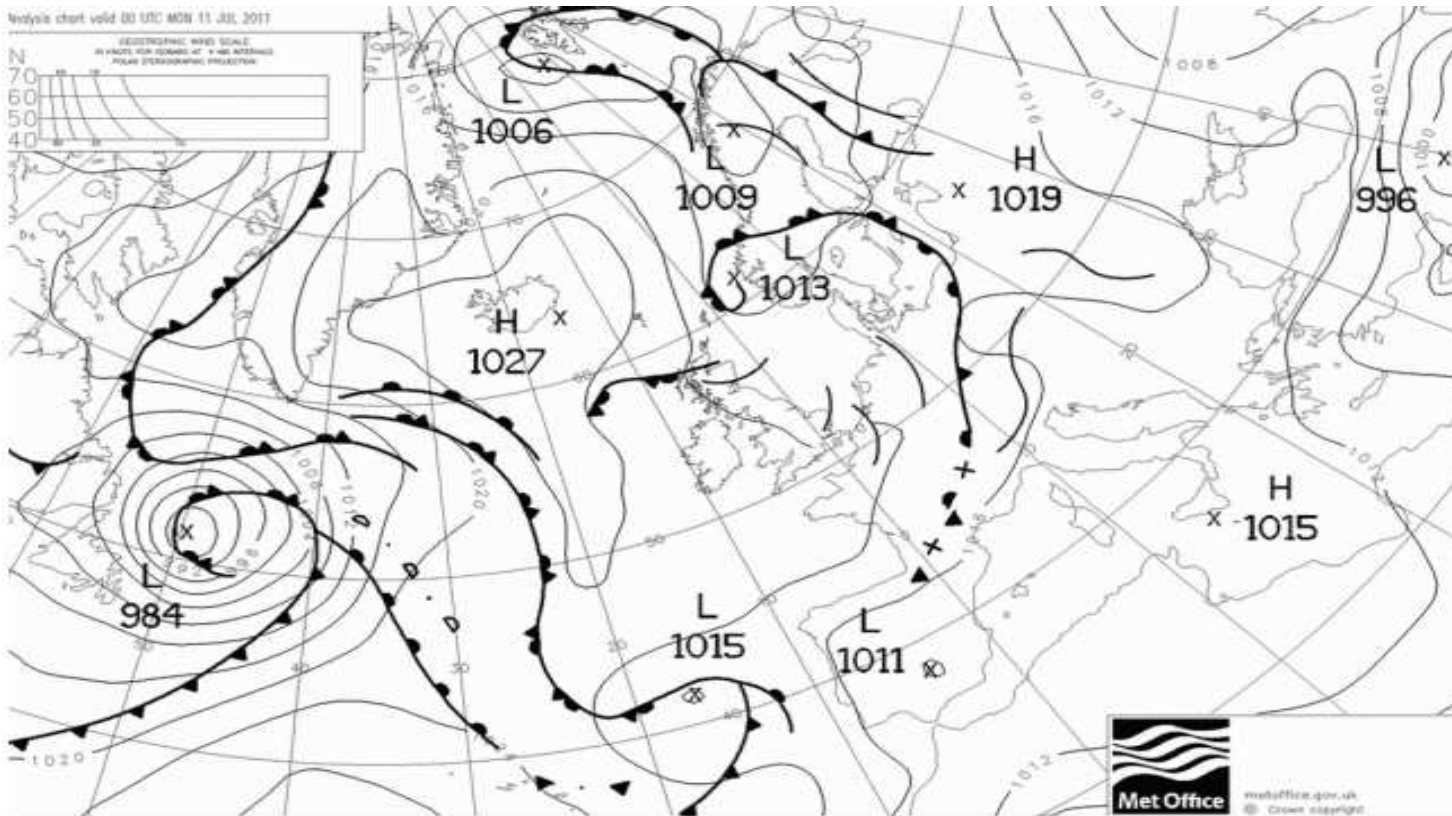


8. 21.07.2011 18UTC

Arenev külm front (frontogenees).

Allikas: Ülle Jõemaa (Riigi Ilmateenistus)

Lisa 11 Met Office sünoptiline kaart (11.juuli 2011)



Allikas: Met Office kaardiarhiivi kodulehekül

Resüme

Äikesesageduse võrdlus Eestis maakonniti ning meteoroloogilised põhjused aastatel 2010–2013

Äikeseliste protsesside uurimine on aktuaalne teema, sest äikese uurimine on hakanud hoogustuma just lähiminevikus, kui kasutusele võeti äikesedetektorid. Eesti alal hakati välgulöökide kohta informatsiooni saama alates 2005. aastast, kui Tõraverre paigaldati NORDLIS äikesedetektorite võrgustiku detektor. Tallinna Reaalkoolis on äikese kohta tehtud vaid üksikuid uurimistöid ja Eesti ala kohta täpsemaid uurimistöid puuduvad. Seetõttu on käesoleva uurimistöo eesmärgiks välja tuua maakondlikud erinevused äikese esinemisel Eestis ja hoogustada äikeseliste protsesside uurimist kooliõpilaste seas.

Uurimistöös on kasutatud NORDLIS äikesedetektorite võrgustiku andmeid Eesti ala kohta maakonniti aastatel 2010–2013, mis taotleti Keskkonnaagentuurist. Saadud toorandmed ühildati koondtabelitesse. Pärast hilisemat töötlemist oli võimalik koostada graafikuid ning teha järeldusi äikeselöökide ja sageduse kohta Eestis maakonniti. Seejärel ühildati välgulöökidega päevad frontaalsete protsessidega ning graafikute abil leiti fronditüübid, mis põhjustasid Eesti alal aastatel 2010–2013 kõige rohkem äikest.

Uurimistöös püstitatud neljast hüpoteesist leidsid täielikult tõestust kaks. Äikese esinemisel oli aastatel 2010–2013 aastate ja kuude vahel suuri erinevusi ning äikeselised protsessid olid rohkem seotud külmade kui soojade frontidega. Uurimistööst järeldus, et välku esines välgulöökide summa poolest kõige rohkem Pärnumaal, kuid välgusageduse poolest esines välku kõige rohkem Raplamaal. Kõige vähem esines Eestis äikest Hiiu- ja Valgamaal. Kõige rohkem lõi Eestis kokkuvõttes välku kõrgustike lähiumbruses ja äikeseliseid protsesse põhjustavad kõige ulatuslikumalt madalrõhulohud ja külmad frondid.

Abstract

Lightning Frequency in Estonia by County and Meteorological Causes in 2010–2013

Research on lightning is a topical issue because lightning investigation started to gain momentum in the recent past when lightning detectors came into use. In Estonia information on lightning has been obtained since 2005, when a NORDLIS network lightning detector was installed in Tõravere. In Tallinn Secondary Science School, only a few papers have been written on lightning processes and there is no data on lightning frequency in Estonia. Therefore, the purpose of this research is to highlight the differences in lightning occurrence by counties in Estonia and to promote the investigation of lightning among students.

In this research, data from NORDLIS network lightning detectors about Estonian counties during 2010–2013 were requested from Estonian Environment Agency. As a result of thorough processing of data it was possible to create charts and make conclusions about the number and frequency of lightning strokes in counties. After that days with lightning were analysed in terms of synoptic processes. This made it possible to identify the most common front types that caused the most lightning in 2010–2013 in the area of Estonia.

Two out of four hypotheses were completely corroborated. The occurrence of lightning varied greatly across months and years. Lightning was more often caused by cold fronts and Pärnu county had the highest incidence of lightning strokes. Lightning frequency (lightning strokes per square kilometer) was the highest in Rapla county and the lowest in Hiiumaa and Valga county. In sum, during 2010–2013 in Estonia, lightning was the most frequent near uplands, and lightning processes were mostly caused by low-pressure concavities and cold fronts.