

sellise kirjeldatud *upwellingu*-sündmuse raames võib ülemisse eufootsesse kihti transporditud fosfori hulk olla ligikaudu võrdne kõikide jõgede fosforikoormusega Soome lahele ühe kuu jooksul. Kogutud andmeid on kavas kasutada ökosüsteemi toimimise ja prognoosimudelite valideerimisel.

Eeldades, et fütoplanktoni jaotuse määravad oluliselt valguse olemasolu ja toitainete kättesaadavus, siis on tegu kahe püstloodis vastupidise jaotusega ressursiga – valgusallikas on ülal ja toitained pärinevad tihti alumistest veekihtidest. Stratifitseeritud keskkonnas võib tänu sellele välja kujuneda fütoplanktoni vertikaalsele jaotusele tihti iseloomulik biomassi pinna alune maksimum. Ressursside vertikaalne eraldatus on iseloomulik suvekuudel ka Soome lahele, kus anorgaanilistesse ühenditesse seotud fosfori ja lämmastiku kontsentratsioonid on arvestatavad alles väga väikese valguse intensiivsusega sügavustel.

Pinnaaluseid maksimume käsitleva uurimisprojekti raames on aastatel 2007–2011 kavas teostada interdistsiplinaarseid uuringuid Soome lahes, et leida tõestust järgmistele tööhüpoteesidele (ETFi grant nr 6955):

- * Soome lahe suvisele fütoplanktoni biomassi/klorofüllüüsi vertikaalsele jaotusele on iseloomulik pinnaaluste maksimumide esinemine;
- * nimetatud kihtide teket kindlate topograafiliste iseärasuste läheduses soodustavad teatud meteoroloogilistest tingimustest (või nende vaheldumisest) tulenevad hüdrofüüsikalised protsessid;
- * pinnaaluste maksimumkihtide peenstruktuurile on iseloomulikud suure organismide tihedusega õhukesed kihid ja nende osa mereala produktioonis ja pelagiaali ökosüsteemi funktsioneerimises on oluline.

Pelagiaali ökosüsteemi struktuuri ja selle muutlikkust on piisava lahutuse, ulatuse ja kestusega võimalik jälgida ainult rakendades mõõtmisteks uusi tehnoloogiaid ja süsteeme. TTÜ Meresüsteemide Instituudis käivitunud arendustööde eesmärgid on järgmised:

- * arendada välja rannikumere ökosüsteemi seisundi jälgimise süsteem, tuginedes uutele tehnoloogiatele, nagu autonoomsed mõõtmised reisi-laevadelt ja kõrglahutusega mõõtmised pelagiaali ökosüsteemi vertikaalse struktuuri kirjeldamiseks, kasutades autonoomseid poijaamasid;
- * arendada välja kiiresti toimiv infosüsteem mõõtmisandmete assimileerimiseks operatiivsetesse mudelitesse ning rannikumere keskkonna-seisundi alase informatsiooni avaldamiseks Internetis.

MERETUULE NELI TUNNUST

Kosmosest võib olla tore vaadata, kui iga kolme tunni tagant avanevad ühe-korruga kõigi 10 000 meteoroloogiajaama ukсед üle kogu maakera ja vaatljad suunduvad väljakule mõõtmisi tegema. Temperatuur õhus ja maapinnal, tuule suund ja kiirus, õhu niiskus, sademete hulk. Iga meteoparameetri mõõtmiseks on Maaailma Meteoroloogiaorganisatsioon (WMO) välja töötanud kindla metoodika – ikka selleks, et kõik registreeritavad andmed oleksid omavahel nii ajas kui ka ruumis võrreldavad.

Tuult mõõdetakse reeglite järgi 10 meetri kõrgusel keset väljakut, nii et kõigist ilmakaartest saaks tuul võimalikult takistamatult mõõteriista poole puhuda. Ja kui väljak on igas suunas kenasti avatud, võib arvestada, et väljakul mõõdetud tuul iseloomustab ka laiemat piirkonda, mis samamoodi peaks sel juhul olema tuultele avatud.

Lõppkokkuvõttes oleneb aga kõik sellest, mis meid huvitab.

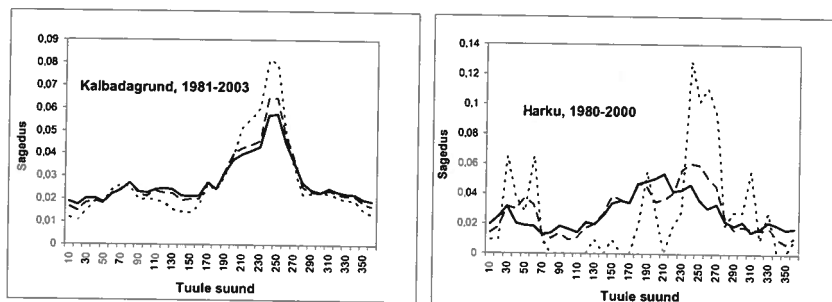
Kui tahame leida eriti tuulevaikset või eriti tuulist kohta, näiteks varakevadiseks päevitamiseks või tuulegeneraatori paigaldamiseks, tuleks tuult mõõta just selles paigas ja sellel kõrgusel, kus me hiljem toimetama hakame. Kui aga tahame teada valdavat õhuvoolu suunda suurel territooriumil, tuleb see arvutada kas valemite abil õhurõhu ruumilisest jaotusest või statistika abil mitme jaama mõõtmistulemusi keskmistades.

Merefüüsikas on oluline teada tuule suunda ja kiirust aga just seal, kus meteoroloogilisi mõõtmisi tavaliselt ei tehta – keset merd või lahte. Kuidas sel juhul käituda? Esimesena tuleb pähe mõtte kasutada meid huvitavale piirkonnale kõige lähemal oleva(te) rannikujaama(de) andmeid ja uskuda, et tulemused saab interpoleerida (või ekstrapoleerida) mere kohale. Millised on aga kriteeriumid otsustamiseks, et rannikujaamades mõõdetud tuult võib kasutada avamere tuuletalitluse kirjeldamisel?

Tunnus nr 1 – tugevate ja nõrkade tuulte nurkjaotus

Tuule suuna nurkjaotust on kõige piltlikum kirjeldada tuuleroosi, see tähendab tuule suuna sagedusjaotuse abil. Kui me ei pööra tähelepanu tuule tugevusele, on Eestimaa tuuled jaotunud kõikide suundade vahel enam-vähem ühtlaselt ja õhuvoolu üldist suunda suurema piirkonna kohal näitab vaid nõrk anisotroopia. See on tingitud asjaolust, et hariliku tuuleroosi sisse arvestatakse ka nõrgad tuuled, mille suund oleneb väga paljudest üsna juhuslikest,

enamasti kohaliku iseloomuga asjaoludest. Näiteks tekivad nõrgad tuuled siis, kui päike mõnda aluspinna tükki rohkem soojendab kui teist. Nõrga tuule suunda muudavad kergesti kõikvõimalikud õhuvoolu teele jäävad takistused, millest ümber, mille vahelt või millest üle tuul peab puhuma. Kui me aga jagame tuuled tugevuse järgi mitmesse klassi, siis saame hoopis teistsuguse, füüsikalisel hoopis väärtuslikuma pildi. Nimelt on just tugevad tuuled seotud atmosfääris toimuvate suuremõõtmeliste protsessidega. Et neid mõjutavad kohalikud puud, põõsad ja künkad suhteliselt vähe, on nende tuuleroos märksa anisotroopsem kui kõiki tuuli arvestav tuuleroos.



Kalbådagrundi ja Harku tuuleroosid eri tugevusega tuulte puhul: kõik tuuled (pidev joon), tuuled kiirusega üle 5 m/s (katkendlik joon), tuuled kiirusega üle 10 m/s (punktir)

Joonisel on kujutatud seesugused tuuleroosid kahe meteoroloogiajaama jaoks. Kalbådagrund asub Soome lahe keskel, umbes 30 km kaugusel Soome rannikust, Harku aga merest üsna kaugel. Siit koorubki välja meretuule esimene tunnus: tugevate ja nõrkade tuulte nurkjaotus on merel ühesugune, mandril ja rannikul aga ei tarvitse olla. Põhjus on lihtne – avamerel ei ole kohalikke takistusi, mis võivad nõrku tuuli sundida suunda muutma. Seega, kui mõnes rannikujaamas puhuvad tugevad tuuled üldjoontes samast suunast, kust enamik nõrku tuuli, võib arvata, et see jaam esindab üsna hästi ka tuuli lähedalasuval mereosal.

Tunnus nr 2 – tuule kiiruse tõenäosustihedus

Kui jätame tuule suuna kõrvale ja vaatame ainult tuule kiirust, allub see üsna hästi Weibulli kaheparameetrilisele tõenäosusjaotusele

$$f(u) = ku^{k-1}b^{-k}e^{-\left(\frac{u}{b}\right)^k}$$

Selles valemis on u tuule kiirus, k jaotuse kujuparameeter ja b jaotuse mastaabiparameeter. 1991 ilmunud Ib Troeni ja Erik Lundtang Peterseni “Eu-

roopa tuuleatlase” andmetel peaks Põhja-Euroopas olema Weibulli jaotuse kujuparameetri väärtuseks ligilähedaselt 2. Seda muidugi siis, kui kohalik maastik või mets tuule mõõtmisi ei mõjuta, sest nagu eespool nägime, on siis nõrkade tuulte režiim häiritud. Kui kontrollida selle tingimuse kehtivust Soome lahe ümbruses, näeme, et Soome lahe põhjakalda meteoroloogiajaamades on see tõesti nii, aga Kunda ja Pakri puhul mitte, nii et nende jaamade andmete kasutamine meretuule hindamiseks on tugevasti kahtluse all. Vastavad Weibulli jaotuse kujuparameetri k väärtused on toodud juuresolevas tabelis. Mis aga Pakrisse ja Kundasse puutub, mõjutab siin mõõtmistulemusi jaama asukoht klindi peal (Pakri) või klindi all ja sellele liiga lähedal (Kunda). Nende jaamade ebasobivust meretuule hindamiseks kinnitab ka tõsiasi, et tugevate ja nõrkade tuulte valdavad suunad erinevad siin tunduvalt. Seega praagib need jaamad välja juba tunnus nr 1.

Tuule kiirust iseloomustavad suurused Soome lahe lähikonna meteoroloogiajaamades

Koht	Aastad	k	Tuule kiirus (m/s)	Tuule kiiruse erinevus päeval ja öösel (%)
Utö	1961–2001	2,03	6,65	5,5
Hanko	1961–2001	2,02	6,03	5,4
Inkoo	1961–2001	1,91	5,71	10,7
Isosaari	1984–2001	2,03	6,56	6,4
Kataja	1961–1984	2,09	6,33	9,5
Kotka	1961–2001	1,78	5,09	6,8
Kunda	1966–2000	1,66	4,30	20,2
Ülemiste	1966–1980	1,83	4,51	28,1
Harku	1980–2000	1,96	3,62	30,2
Pakri	1966–2000	1,55	4,66	16,0
Vilsandi	1969–1999	1,90	6,29	7,2

Tunnus nr 3 – tuule kiiruse keskmine väärtus

Üks Maailma Meteoroloogiaorganisatsiooni 1998. aasta publikatsioon, mille autor on Miroslaw Mietus, kirjeldab üksikasjalikult Läänemere vesikonna kliimat. Sealt nähtub, et Läänemere keskosas ja Soome lahe suudmes on tuule kiirus keskmiselt 7,2 m/s. Soome lahes see veidi väheneb ja on keskmiselt 6,2 m/s lahe idaosas. Maismaa kohal on tuule kiirus väiksem, ja kui rannikujaamas või saarel mõõdetakse umbes sama suuri tuule kiiruseid, võib arvata, et jaam esindab üsna hästi avamerd. Selle tunnuse järgi tuleb mängust täiesti välja jätta Harku, kus pole aastatel 1980–1990 mõõdetud ühelgi korral tuult

üle 15 m/s ja kus isegi jaanuaris, kõige tuulisemal kuul, on 70% tuultest nõrgad, s.o kuni 5 m/s. Ka Kunda, Ülemiste ja Pakri tuule kiirused sarnanevad pigem sisemaa kui avamere omadega.

Lisaks tabelis toodud meteoroloogiajaamadele on võimalik näidata, et selle tunnuse järgi saab heaks merejaamaks lugeda Kalbädagrundi, kus keskmine tuule kiirus on 7,0 m/s. Naissaare põhjatipus kunagi asunud meteoroloogiajaamas tuli aastatel 1966–1990 tuule keskmiseks kiiruseks 5,1 m/s. Seetõttu tundub Naissaar olevat parim koht meretuule mõõtmiseks Soome lahe lõunarannikul. Kahjuks suleti seal meteojaam aastal 1992. Siinkohal tuleb tunnistada, et Naissaare tuule tegelik keskmine kiirus võis olla isegi suurem. Nimelt ei ole kunagises sõjaväevõõndis asunud meteoroloogiajaama vaatlajad olnud kuigi korrektsed. Kirje 0 peab kõigi reeglite järgi tähendama tuulevaikust, aga siin on seda ilmselt vahel kasutatud ka andmete puudumise tähistamiseks. Suur (valede) nullide arv aga viib keskmise kiiruse alla.

Asjaolule, et tuule kiirus on Soome lahe lõunarannikul süstemaatiliselt väiksem kui põhjarannikul, võib anda ka mõningase füüsikalise põhjenduse. Kui aastaringelt on õhuvoolu valdav suund edelast, siis Soome lahe lõunaranniku jaamades puhub selline tuul, mida hõõrdumine vastu aluspinda on nõrgendanud.

Tunnus nr 4 – tuule kiiruse ööpäevane käik

Igaüks on tähele pannud, et päeval on tuul tugevam kui öösel. Maismaal on see mõnes kohas eriti selgesti täheldatav, merel aga hoopis vähem. Siit saab tuletada neljanda meretuulele iseloomuliku tunnuse – tuule kiiruse nõrk ööpäevane käik.

Tuule ööpäevast käiku iseloomustab suhtarv, mille saame, kui arvutame keskpäevase ja keskõise tuule kiiruse vahe ning jagame selle ööpäeva keskmise kiirusega. See suhtarv protsentides on näidatud tabeli viimases veerus, kust võib veelkordselt järeldada, et Harku, Ülemiste, Kunda ja Pakri tuuled ei esinda kuidagimoodi meretuult. Omamoodi üleminekuvõõndis paistab olevat ka Inkoo jaam Soome lahe suudmeosas.

Lisaks saab kinnitada, et Kalbädagrundis on öö ja päeva suhteline erinevus 6% ja Naissaarel 8%. Seega sobivad mõlemad jaamad selle tunnuse järgi otsustades esindama meretuult.

Milliste meteoroloogiajaamadele loota?

Eeltoodust on selge, et Harkus mõõdetud tuul ei kõlba meretuule hindamiseks. Ometi pole meil Põhja-Eestis praegu paremat võimalust ja nii arvutataksegi meretuul vajaduse korral siiski Harku andmetest. Selleks kasutatakse

teatud koefitsientide süsteemi. On selge, et Naissaare mõõtmisi kasutades saaksime ümbruskonna merealade kohta palju usaldatavamad tulemused, aga meteoroloogiajaama ju seal enam pole.

Lääne-Eesti saartel on olukord mõnevõrra parem, sest Vilsandi asukoht ja avatus lubavad siinsete mõõtmistulemuste abil iseloomustada üsna hästi Läänemere keskosa tuuli. Esialgsed hinnangud näitavad, et ka Sõrve pole meretuule hindamiseks halb paik. Küll aga on probleeme Liivi lahega, sest mõõtmistulemused Kihnu ja Ruhnu meteoroloogiajaamades on kahtlased ja vajavad edasist uurimist.