TARTU RIIKLIK ÜLIKOOL
Füüsilise geograafia kateeder

H e i n o M a r d i s t e

VÄINAMERE FÜÜSILISGEOGRAAFILISED JA HÜDROLOOGILISED ISEÄRASUSED

Väitekiri geograafiakandidaadi
teadusliku kraadi taotlemiseks

Teaduslik juhendaja:
geograafiakandidaat dotsent
E. Varep

Tartu 1973

SISUKORD

EESSÕNA 3
1. VÄINAMERE ASEND JA PIIRID 8
2. VÄINAMERE UURIMISE AJALOOST 12
3. BATÜGRAAFIA JA GEOLOOGILINE EHITUS 24
3.1. Sügavussuhted 24
3.2. Geoloogiline ehitus ja areng 26
3.3. Põhjasetted 35
3.4. Nõidisrand 38
4. KLIIMAATILISED TINGIMUSED 49
4.1. Temperatuurirežiim 49
4.2. Tuuled 53
4.3. Sademed 59
5. HÜDROLOOGILISED TINGIMUSED 61
5.1. Veetaseme kõikumised 61
5.2. Hoovused 73
5.3. Lainetus 102
5.4. Merevee temperatuurid 106
5.5. Jääolud 125
5.6. Vee läbipaistvus ja värvus 145
6. VÄINAMERE BIOSTIK 151
KOKKUVÕTE 155
Kasutatud kirjandus 159
Lisad

EESSÕNA

Läänemeres on mitmeid väiksemaid avamerest saarte ja poolsaartega eraldatud osi: Saaristomeri e. Skäärimeri, Väinameri, Kura ja Visla säärlõugas, Rügeni, Hiddensee ning mandri vahele jäävad merelised alad jne. Asendist ja mõõtmetest tingitud erinevuste kõrval esineb neil merealadel mitmeid ühiseid jooni: avamerest suuremad temperatuuriamplituudid, väga tugevad hoovused väinades, magevee juurdevoolu tõttu väiksem vee soolsus, karmimad jääolud, avamerest rikkalikum elustik. Väinade iseärasusi ning nende uurimise vajadust on rõhutanud N. Zubov (Зубов, 1956). Inimtegevuse kasvav mõju rannikumere looduslikele tingimustele nõuab aga seal toimuvate looduslike protsesside paremat tundmaõppimist (Bagge, Voipio, 1967).

Käesoleva töö ülesandeks on ühe taolise mereosa - Eesti NSV piires paikneva Väinamere looduslike iseärasuste väljaselgitamine. Looduslikult on vaadeldav mereala omapärasemaid Läänemere piirkonnas ning NSV Liidu rannikuil üldse. Väinamerel on Eesti NSV majanduselus, eriti kalapüügi, kalakasvatuse ja puhkemajanduse suhtes, suur tähtsus, mis edaspidi veelgi suureneb. Puhke- ja kuurordimajanduse arendamiseks on siin soodsad looduslikud eeldused: mitmel pool on suured ravimuda varud, suvised veetemperatuurid on kõrged ja siin ei esine suveperioodil selliseid järske temperatuurilangusi nagu Soome

lahe rannikuvetes ning Saaremaa ja Hiiumaa avamerepoolsel rannikul. Väinamere uurimine on eriti vajalik viimastel aastatel Eesti NSV territoriaalplaneerimise käigus üles-kerkinud kavatsusega ühendada Lääne-Eesti saarestiku suurimad saared - Hiiumaa ja Saaremaa tammide kaudu mandriga. Sellega seoses muutuks Väinameri praktiliselt Läänemerest eraldatud veekoguks, mis võimaldaks seda kasutada senisest intensiivsemalt kalakasvatuseks. Kõikide nimetatud plaanide elluviimisel ning vaadeldava piirkonna majandusliku kasutamise intensiivistamisel tuleb aga tõsiselt arvestada siinseid looduslike tingimuste iseärasusi ja maastikulist omapära. Ei ole kahtlust, et kavatsetavad tööd muudavad oluliselt Väinamere hüdroloogilist režiimi ning põhjustavad nihkeid ka teistes sellele merealale omastes looduslikes tingimustes. Tuleb arvestada ka seda, et Väinamere piirkonda jäävad mitmed looduskaitsealad ja kaitsealused objektid: Matsalu Riiklik Looduskaitseala (135 km^2, kaitsetsooni üldpindala 370 km^2), Virtsu-Laelatu-Puhtu botaaniline-zooloogiline kaitseala (49 km^2), Hiiumaa laidude maastikukaitseala (3,13 km^2), Käina lahe linnustikukaitseala (12,8 km^2) ning Muhu põhjarannikul asuvad pangad (Üügu, Rannaniidi). Väinamere piirkonna territoriaalplaneerimise kavade koostamisel on vajalik silmas pidada mitte ainult majanduse arendamise, vaid ka looduskaitse huvisid. Saaremaa ja Muhu saare vahelise Väikse väina tammi rajamise (1894 - 97) järel muutusid seal looduslikud tingimused niivõrd, et varem rikas kalapüügiala kaotas oma majandus-

liku tähtsuse (Lepik, 1971). Väinameri tervikuna on aga tähtis räime kudemisala ja seega ka püügirajoon.

Viimastel aastakümnetel on tunduvalt kasvanud Läänemere reostatus naftaga, tööstuslike ja elukondlike heitvetega. Suurenenud on biogeensete elementide (väetiste) vool jõgede kaudu merre (Simonov, Justchak, 1972). Viimased soodustavad elustiku mõningate komponentide (zooplanktoni) intensiivset kasvu ja koos sellega hapniku vähenemist vees. Kahjulike ainete vees esinemise fikseerimise kõrval on oluline tunda nende edasikannet meres, s.o.vete segunemist ja hoovusi. Sellest on osaliselt tingitud ka käesolevas töös suurema tähelepanu osutamine Väinamere hoovustele.

Käesoleva töö koostamiseks on kasutatud nii isiklikult välitöödel kogutud andmeid, kui ka hüdrometeoroloogiateenistuse materjale ning trükis ilmunud töid. Töötades aastail 1960-65 Heltermaa Mere-Hüdrometeoroloogia Jaamas insener-okeanoloogina ja juhatajana võttis käesoleva töö autor otseselt osa Väinamere hüdrometeoroloogilise režiimi uurimisest nii ekspeditsioonilistel töödel kui ka saadud andmete töötlemisel ja üldistamisel (Мардисте , 1964,1967). Aastail 1970-72 kaardistas autor Väinamere nüüdisranda (rannatüüpide levikut) ning uuris kõnesoleva piirkonna muid looduslikke tingimusi. Väinamere hüdroloogilise režiimi selgitamiseks vajalik andmestik on suuremalt osalt saadud Eesti NSV Hüdrometeoroloogiateenistuse Valitsuse Hüdrometfondist (Väinamere-äärsetes hüdrometeoroloogia-

jaamades täidetud tabelid ТГМ-1М, ТГМ-2М, ТГМ-3М, ТГМ-5М jt.). Väinamere klimaatiliste tingimuste, veetaseme ja osaliselt jääolude selgitamiseks on kasutatud Tallinna Hüdrometeoroloogia Observatooriumis (ТНМО) koostatud ja vastavates teatmikes (Справочник по климату СССР, вып. 4 jt.) avaldatud vaatluste kokkuvõtteid. Sõjaeelse perioodi hüdroloogiliste vaatluste kohta on saadud andmeid peamiselt Tartu Ülikooli Eesti Veekogude Uurimise Komisjoni Väljaannetest.

Isiklikke ekspeditsioonitööde materjale Väinamere põhjasetete kohta andis kasutada Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi vanem teaduslik töötaja geoloogia-mineraloogia kandidaat K. Orviku. Kasutatud on ka V. Astoki, R. Kirikali ja K. Orviku käsikirjalisi töid Väinamere kohta.

Trükis ilmunud töid Väinamere füüsilisgeograafiliste ja hüdroloogiliste tingimuste kohta on võrdlemisi vähe. Neist tuleks eelkõige nimetada kogumikus "Lääne-Eesti rannikualade loodus" ja Tallinna Hüdrometeoroloogia Observatooriumi tööde kogumikes ilmunud artikleid (Mardiste, 1970; Sepp, 1970b; Trei, 1970; Алексеева, 1967; Кирикал, 1967; Мардисте М., 1967; Мардисте Х., 1967). Mõnevõrra arvukamalt on ilmunud töid Väinamerega piirnevate merealade kohta, seda eriti Riia lahe osas (A. Pastorsi ja A. Baranovi tööd) ja Hiiumaa rannikuvete kohta (I. Soskini tööd).

Dissertatsiooni koostamisel osutatud abi ja kasulike nõuannete eest on autor siiralt tänulik töö juhendajale

geograafiakandidaat dotsent Endel Varepile. Autor võlgneb tänu ka Eesti NSV Hüdrometeoroloogiateenistuse Valitsusele, kelle vastutulelikkuse tõttu sai üldse võimalikuks käesoleva uurimuse koostamine.

1. VÄINAMERE ASEND JA PIIRID

Asend ja nimi. Nimetusega Väinameri tähistatakse tänapäeval Eesti NSV läänerannikule jäävat Läänemere osa, mis on avamere poolt ümbritsetud Muhumaast, Saaremaast, Hiiumaast ja Vormsi saarest. Könesolevat mereala ühendavad Läänemere teiste osadega mitmed väinad: läänes Saaremaa ja Hiiumaa vahel Soela väin, põhjas Hiiumaa ja Vormsi vahel Hari kurk ja Vormsi ning mandri-Eesti (Noarootsi poolsaare) vahel Voosi kurk, lõunas aga Muhu ja mandri vahel Suur väin ning Saaremaa ja Muhu vahel Väike väin. Seega on tegemist väga omapärase, valdavalt saartevahelise meretise basseiniga, mis on Läänemere NSV Liidule kuuluvas osas ainulaadne. Seetõttu on selle piirkonna looduslike tingimuste tundmaõppimine ülimalt huvitav.

Väinamere kohta on kasutatud väga paljusid nimetusi ja ka praegu ei olda selles suhtes veel täiesti ühemeelel. Ajalooliselt vanim nimetus selle mereala kohta on saksa- ja skandinaaviapärane Moonsund, mis sõnasõnalises tõlkes tähendab Muhu väina (Moon - Muhu saare saksapärane nimekuju, sund - skandinaavia keeltes väin). Algselt kasutati seda nimetust Muhu ja mandri vahelise Suure väina kohta, nagu see on antud G. Mercatori Liivimaa kaardil aastast 1595 (1607), J. Truscotti Saaremaa kaardil aastast 1770 jt. (Varep, 1960). Hiljem, eriti XIX sajandi teisest poolest alates on nimetus Moonsund juurdunud Riia lahte Soome lahe suuga ühendava väina-

tiku kohta (Braun, 1884). Saksa keelest on nimetus Moonsund tulnud kasutusse ka venekeelsetel kaartidel ning merenduse alases kirjanduses (Моонзунд). Sõja-ajaloolistes töödes on see nimetus praegugi kasutusel (vt. БСЭ, второе изд., т. 28, стр. 265-267). Käesoleva sajandi kahekümnendaist aastaist hakati eestikeelsetes ametlikes väljaannetes kasutama võõrapärase nimetuse Moonsund asemel selle eestipärast vastet - Muhu väin (Mey, 1922,1924, 1927). See nimetus leidis kasutamist ka kodanliku Eesti perioodil väljaantud merekaartidel ja lootsiraamatuis. Viimaste kaudu tuli nimetus Muhu väin (пролив(м) Муху-Вийн) kasutusele ka vene keeles.

Geograafilises teaduslikus kirjanduses aga jätkusid samal ajal otsingud kõnesoleva mereala jaoks sobivama nimetuse leidmiseks. Eesti maastikulisel liigestamisel nimetas J.G. Granö (1922) Lääne-Eesti saarestiku ja mandri vahelise omapärase ilmega veeala Lääne-Eesti saareliseks ja orglaheliseks sisemere valdkonnaks. A. Tammekann (1933), täiendades J.G. Granö skeemi, nimetas sama mereala Lääne-Eesti saareliseks sisemereks. Keeleliselt hästi õnnestunud nimetus Väinameri ilmus 1930-ndail aastail (Astok, 1959). Sellest ajast alates on nimetus Väinameri eestikeelses loodusteaduslikus kirjanduses laialdaselt juurdunud ning üldiselt omaks võetud. Üksikud katsed asendada Väinamere nimi nimetusega Lääne-Eesti väinastik on jäänud tulemusteta (Astok, 1958[1] ja 1959; vt. ka Varep,1959).

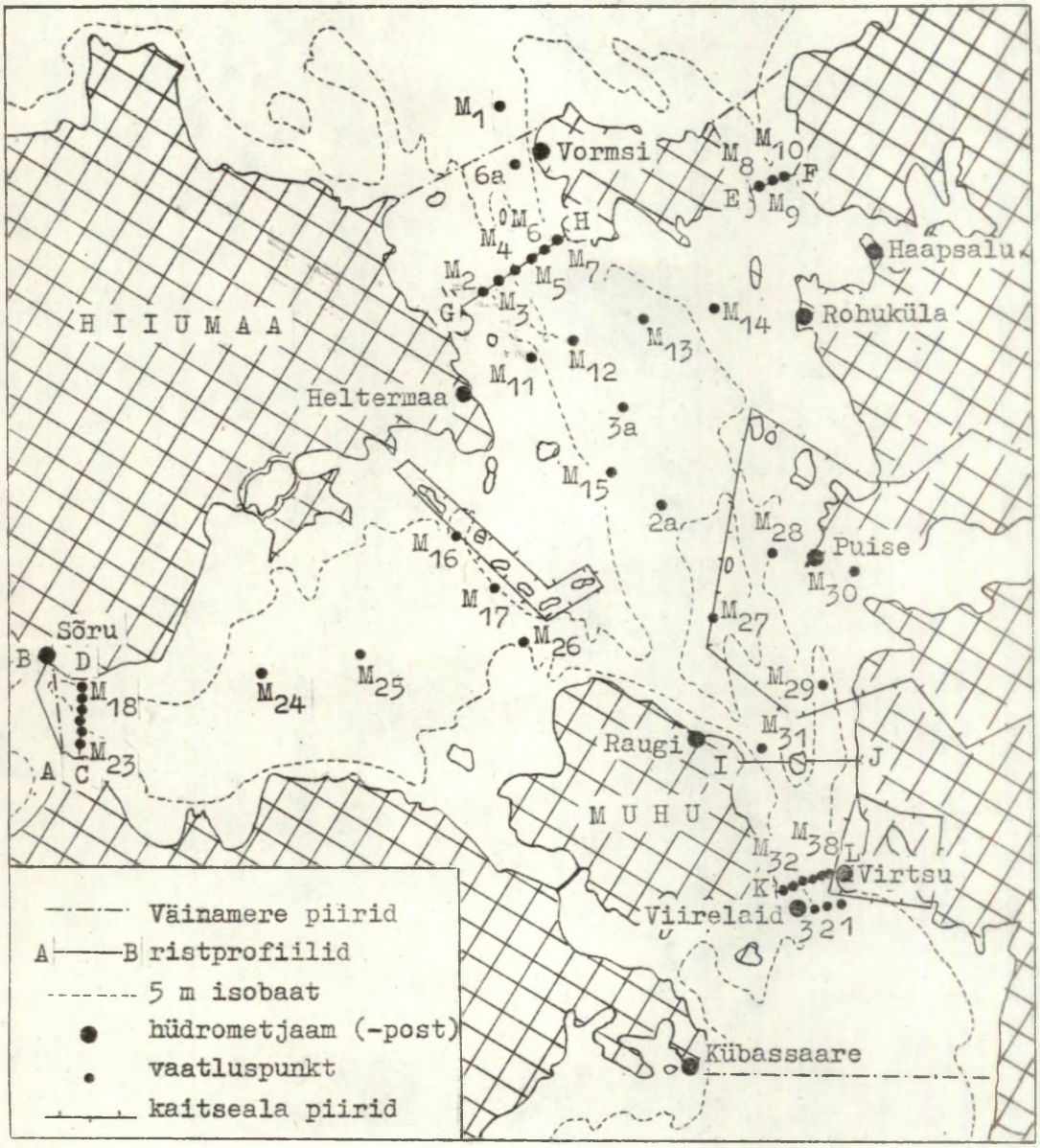
---

[1] Astok,V. Väinameri. Tartu, 1958. Käsikiri TRÜ geograafia osakonnas.

Piirid. Uurijate seisukohad ei lange täiel määral kokku ka Väinamere piiride määramisel. Lahkuminekud esinevad nii Väinamere põhja- kui ka lõunapiiri märkimisel, sest üldiselt on iga veekogu piiride määramine, kui ei ole just tegemist maismaaga väga selgelt piiratud akvatooriumiga, teatud määral tinglik.

Väinamere resp. Muhu väina põhjapiiri on enamik uurijaid tõmmanud kas Tahkunalt Põõsaspea neemeni või Hiiumaalt üle Vormsi Noarootsini. J. Mey (1924, 1927) ja L. Rudovitsi (Рудовиц, 1943) järgi kulgeb piir Tahkunalt Osmussaarele ja sealt Põõsaspea neemeni. Hilisemates ametlikes väljaannetes (Лоция, 1954) on Väinamere põhjapiirina käsitletud joont Tahkuna neemelt otse Põõsaspea neemeni. Veidi lõuna poole - Lehtma - Tellisna neeme joonele - on asetanud Väinamere põhjapiiri V. Astok.[1] Mitme autori (Braun, 1884; Schützler, 1968; Wattenberg, 1949) järgi on Väinamere põhjapiiriks Hiiumaa (Säärenina) - Vormsi - - Noarootsi (Tellisna neeme) joon. Vähem lahkuminekuid on olnud Väinamere lõunapiiri määramisel. H. Braun (1884) on Väinamere (Muhu väina) lõunapiirina märkinud Muhu saart. Enamik autoreid (Mey, 1926, 1927; Рудовиц , 1943; Лоция, 1954; Astok, 1958[1]).peab selleks Kübassaare neeme paralleeli (58°26' p.-l.). L. Rudovitsi (Рудовиц , 1930) arvates on Riia lahe ja Väinamere vaheliseks sobivaimaks piiriks Viirelaiu paralleel. Läänest on Väinameri loo-

[1] Astok,V. Väinameri. Tartu,1958. Käsikiri TRÜ geograafia osakonnas.



1. joon. Väinameri.

duslikult selgelt piiratud; seetõttu ei ole ka Pammana - Hiiumaa lõunaotsa joonel asuva piiri määramisel lahkuminekuid esinenud.

Käesolevas töös on Väinamere põhjapiirina vaadeldud Hiiumaa kirdenurga (Säärenina) - Vormsi loodetipu ning Vormsi kirdetipu (Väike-Tjuka saare) - Noarootsi (Tellisna neeme) joont (1.joon.). Väinamere lõunapiirina käsitletakse Kübassaare neeme paralleeli (58°26' p.-l.), läänepiiriks on aga loetud Saaremaa põhjatipu (Pammana neeme) - Hiiumaa (Sõru) joont. Nimetatud piirid erinevad mõnevõrra, eriti põhjapiiri osas, V.Astoki[1] poolt määratud Väinamere piiridest. V. Astok[1] loeb Väinamere põhjapiiriks Lehtma - Tellisna joont, mis käesoleva töö koostaja arvates ei ole küllaldaselt põhjendatud. Hiiumaast ja Vormsist põhja poole jäävat merd on raske pidada Väinamere osaks, sest Lehtma - Tellisna joonel ei muutu meri nimetamisväärselt sügavaks. Ka hüdroloogilise režiimi silmas pidades ei ole selle ala toomine Väinamere koosseisu päris õige, kuna Kadakalaiu - Selgrahu madalate reast lääne poole jääv mereala on Hari kurguga ja seega ka Väinamerega hüdroloogiliselt nõrgalt seotud.

Eelpool näidatud piirides on Väinamere pindala 2018 km^2, see on umbes 0,6 % Läänemere üldpindalast. Veekogu ulatus põhjast lõunasse - Hari kurgust Viire kurguni - on 75 km, idast läände aga Soela väinast Matsalu lahe idaossa 69 km. Väinamere vee maht on umbes 10 km^3, mis moodustab ainult umbes 0,03 % Läänemere üldisest veemassist.

---

[1] Astok,V. Väinameri.Tartu,1958. Käsikiri TRÜ geograafia osakonnas.

2. VÄINAMERE UURIMISE AJALOOST

Uurimistöid Väinamere piirkonnas on tehtud juba enam kui kahesaja aasta vältel. Sealjuures on peetud silmas eelkõige meresõidu huvisid; rohkesti uurimistöid on tehtud ka sõjalistel eesmärkidel. Väinamere loodusteaduslik uurimine algas märgatavalt hiljem ning sellele on senini pööratud märgatavalt vähem tähelepanu. See töö on intensiivistunud alles viimastel aastakümnetel seoses Eesti NSV looduslike tingimuste ja ressursside uurimise üldise intensiivistumisega.

Väinamere hüdrograafia süstemaatilist uurimist alustati XVIII sajandi esimesel poolel, varsti pärast seda kui Eesti NSV territoorium Põhjasõja tulemusel oli läinud Vene impeeriumi koosseisu. 1746.a. algas admiral A.I.Nagajevi juhtimisel Läänemere põhjaosa ning Soome ja Riia lahe süstemaatiline hüdrograafiline uurimine (Varep,1958). Nende tööde tulemusena valmisid merekaardid, mis hõlmasid ka Lääne-Eesti saarestiku piirkonna. 1757.a. ilmus admiral A.I.Nagajevi koostatud Läänemere atlas, mille juurde kuulus ka lootsiraamat; viimane trükiti alles 1759.a. Kuigi atlast ja lootsiraamatut kasutati ligi pool sajandit, sisaldasid need märgatavaid lünki, mis tegi vajalikuks uute, täiendavate uurimuste teostamise.

XIX sajandi esimesel poolel intensiivistusid märgatavalt hüdrograafilised tööd Eesti rannikuil. 1809.a. avaldas admiral G.A. Sarõtšev uue Läänemere atlase ja 1817.a.

lootsiraamatu, mis olid A.I.Nagajevi omadest täpsemad. 1822.aastal mõõdistasid mereväe hüdrograafid Vormsi ümbrust. 1828.aastast alates teostas Venemaa Admiraliteet kolme aastakümne jooksul laiaulatuslikke hüdrograafilisi töid Venemaaga piirnevates Läänemere osades (Varep,1958). Koos geodeetiliste ja astronoomiliste töödega mõõdeti mere sügavust ja kaardistati rannikut. Nimetatud mõõdistamistööde käigus koostati detailsed kaardid ka Väinamere kohta.

XIX sajandi algupoolel ilmus ka mitmeid loodusteaduslikke spetsiaaluurimisi, milles käsitletakse Väinamere piirkonda. Esimese Vene teadlasena mõõtis Läänemere veetemperatuure ja analüüsis vee keemilist koostist 1842. ja 1844.a. Pärnu, Tallinna ja Haapsalu lahes Tartu ülikooli prof. T.F. Goebel (Homen, 1907; Лебединцев ,1910). 1854., 1855. ja 1860.a. tegi vee analüüse Riia ja Haapsalu lahes A. Goebel. Goebelite analüüside tulemused,sealhulgas määranguid Haapsalu lahest 1842. ja 1860.a. avaldas K.E. Baer (1862) uurimuses Läänemere kalanduse kohta. 1866.a. analüüsis Suure väina vett Schweder (Braun,1884).

1848. ja 1849.a. töötas Haapsalu ümbruses akadeemik G. Helmersen, kes on käsitlenud Väinamere rannikuid ning lainetuse ja jää mõju nende kujunemisele (Helmersen,1856). 1851.a. viibis Haapsalus ja Hiiumaal K.E. Eichwald, kes esimesena uuris maatõusu Loode-Eestis ning veetaseme kõikumist ja jäänähteid Väinamere põhjaosas (Eichwald, 1852). Rannajoone muutusi (maatõusu) illustreerib ta näidetega

Haapsalu ümbrusest, Noarootsist ja Vormsist. Töös toodud kaardil on K.E. Eichwald ära märkinud endised väinad ("ehemalige Silme")Noarootsis ja Vormsil, mis loevee ajal täituvat veega. Samas on võrdluseks toodud väljavõte J.H.Schmidti kaardist aastast 1844, millel nüüdisaegse Noarootsi poolsaare asemel leiame saared. K.E. Eichwaldi andmeil ulatub veetaseme aastane kõikumine selles piirkonnas 3–4 jalani. Ta toob näiteid ekstreemsetest veeseisudest XIX sajandi esimesel poolel; näiteks olevat 1824.a. suure üleujutuse ajal Noarootsi ja Vormsi silmades sõidetud paatidega. K.E. Eichwald juhib tähelepanu ka jää osale kivirahnude rannikule kuhjumisel ning kirjeldab Väinamere põhjaosa jäärežiimi ja üle jääkatte mandri ja saartevahelisest liikluseks rajatud taliteid. 1850.-tel aastatel viibis Väinamere piirkonnas mitmel suvel välitöödel akadeemik Fr. Schmidt. Temalt pärineb võrdlemisi detailne Muhu ranniku kirjeldus ning rohkesti muid andmeid vaadeldava piirkonna geoloogia kohta (Schmidt, 1854 ja 1858).

Eestimaa Kirjandusliku Seltsi initsiatiivil alustati 1849.a. Haapsalus ja Kärdlas süstemaatilisi meteoroloogilisi vaatlusi. Neis paikades kümnekonna aasta jooksul tehtud vaatlused ei ole lünkade ja vigade tõttu tänapäeval arvestatavad. Tartu Ülikooli Meteoroloogia Observatooriumi asutamise järel 1865.a. tõusis küll meteoroloogiliste vaatluste kvaliteet, kuid meteoroloogiajaam jäi teotsema ainult Haapsalus kümneks aastaks (1866–76). Uuesti alustati mete-

oroloogiliste vaatlustega Väinamere piirkonnas alles käesoleva sajandi teisel aastakümnel, mil rajati meteoroloogiajaamad Haapsalus, Leisis ja Virtsus (Raik,1962).

XIX sajandi teisel poolel kaardistati üksikuid laevasõidu suhtes olulisi Väinamere osi - Soela väina ning Rukkirahu, Kumari jt. faarvaatreid. 1868.a. ilmus Väinamere ja Riia lahe lootsiraamat. Mitmel pool tehti 1887.--88.a. kontrollmõõtmisi, milledest selgus, et võrreldes varasemate mõõtmistega on vee sügavus kalda lähedal tunduvalt vähenenud ning rannajoon nihkunud mere suunas (Mey, 1924).

1883.a. sai Tartu Ülikooli prof. M. Brauni juhendamisel teoks esimene teaduslik ekspeditsioon Eesti rannavetes. Ekspeditsiooni poolt tehti Väinameres ligi 40 kohas (v.a. Kassari lahe kesk- ja lääneosa ning Suur väin) juuni lõpus ja juuli algul hüdroloogilisi, meteoroloogilisi ja bioloogilisi vaatlusi. Uurimiste tulemused ilmusid trükis 1884.a. ulatuslike tabelitena (Braun, 1884). Uurimistest kokkuvõtet tehes tõstab M. Braun esile Haapsalu ja Matsalu lahe kõrgeid veetemperatuure, mis ulatusid kuni 24,2° C. Esmakordselt mõõdeti Väinamere veetemperatuure põhjalähedases kihis ning Hari kurgus veel 4 või 5 sülla sügavusel.

Süstemaatilisi hüdroloogilisi vaatlusi hakati Väinamere rannikul tegema möödunud sajandi lõpuaastakümneil. Venemaa Admiraliteedi korraldusel alustati Eesti rannikul 1884.a. veetasemete mõõtmist Sõrve, Vilsandi, Tahkuna ja

1. tabel

Veetasemete mõõtmise perioodid Võnameres

Vaatluspunkt	Vaatlusperiood
Vormsi	1923 - 44, 1945 - 59
Haapsalu	1923 - 41, 1945 - 57
Rohukülä	1937 - 40, 1950 - 69
Heltermaa	1950 - 69
Orjaku	1929 - 30
Kasmu	1926 - 41
Sõru	1946 - 64
Rangi	1953 - 69, [illegible]
Virtsu	1889 - 93, 1899 - 1913, 1917, 1938 - 40, 1947 - 69

Virtsu majaka juures (Tallinnas tehti seda juba 1805. aastast alates). Virtsus tehti vaatlusi aastail 1884 - 88 peaniselt suvekuudel. Süstemaatilisi mõõtmisi alustati 1889. aastal, kahjuks on aga 1894.-98. a. andmed kaotsi läinud (Рудовиц, 1917). Ülevaate Väinamere veetasemete mõõtmiste perioodidest annab 1. tabel, mille koostamiseks on kasutatud peamiselt O. Lenskaja (Ленская, 1965) andmeid. Jälgvaatlustega alustati 1888. a. Viirelaiu (Paternoosteri) ja 1892. a. Vormsi majaka juures (Алексеева, 1967).

XX sajandi algul toimusid Väinamerel sõjalise eesmärgiga uuringutööd. Merekanalite ja sõjasadamate projekteerimiseks mõõdeti veel veetasemeid ja selgitati merepõhja iseloomu. Väinamere faarvaatrite süvendustööd olid suuremad tsolised tööd tsaari-Venemaal üldse (Мау, 1924). Asja-

olu, et I maailmasõja ajal toimusid Lääne-Eesti saarestiku piirkonnas rasked võitlused, tõstab veelgi esile nende tööde suurt riigikaitselist tähtsust.

XX sajandi algusest peale hakkas Venemaa osa võtma ka 1899.a. asutatud Rahvusvahelise Mereuurimise Nõukogu tööst, eelkõige sellekohaste uurimistöödega Soome ja Riia lahel (Reichenbach, 1922). Rahvusvahelise programmiga ekspeditsioonini jõudis Venemaa aga alles 1908.a. Sõjaväe transportlaeval "Kompass" tehti augustis ja septembris vaatlusi 112 punktis, milledest neli paiknes Väinameres: Nr. 43 - Viirelaiu juures, Nr. 44 - Muhu kirderanniku lähedal, Nr. 45 - Muhust põhja pool ja Nr. 46 - Hari kurgus. 1883.a. ekspeditsiooniga võrreldes oli vaatluste programm ulatuslikum ja kasutatavad instrumendid täiuslikumad. Vee soolsust määrati tiitrimisega Knudseni meetodil, hoovusi mõõdeti ujukitega, sealhulgas 3 punktis Väinamere piirkonnas (Лебединцев , 1910).I maailmasõja lõpul katkesid aga Väinamere rannikul igasugused hüdrometeoroloogilised vaatlused. Selleks ajaks tehtud küllaldase pikkusega (vähemalt 10 aastat kestnud) vaatlusi on, näiteks, kasutanud L.F. Rudovits (Рудовиц , 1917) töös Läänemere veetasemete kõikumistest, mis sisaldab ka Virtsu vastavaid vaatlusandmeid.

Kodanlikus Eesti vabariigis pöörati rannikumerede uurimisele küllalt suurt tähelepanu.

1921/22.a. talvest alustati jäävaatlusi Vormsis, Viirelaiul, Virtsus, Kohukülas ja Haapsalus. Kirja pandi ainult

jää ilmumise, mere kinnikülmumise, kinnisjää lagunemise ja jää kadumise kuupäevad ja jääpäevade arv (Meteoroloogia Aastaraamat I, 1922). 1923/24.a. talvest täiendati mõnevõrra vaatluste programmi. Kahe maailmasõja vahelisel perioodil tegutses Väinameres 6–8 jäävaatluspunkti (2. tabel). 2.tabelisse ei ole kantud lühikeste vaatlusridadega Harilaiu, Võiküla ja Keemu vaatluspunkt. 1923.aastast alustati veetasemete mõõtmist Vormsis ja Haapsalus, 1937.a. lisandusid samalaadsed vaatlused Kärdlas ja Rohukülas ning 1938.a. Virtsus (Ленская, 1965). 1925.a. oktoobrist alates määrati Viirelaiul ka veetemperatuure ja soolsust. Süstemaatilisi süvavee vaatlusi Väinameres alustati samuti 1925.a. Kolm korda kuus, v.a. jäätekke ja jäälagunemise perioodid, mõõdeti Viirelaiu lähedal neljas horisondis

2. tabel

Jäävaatlusperioodid Väinameres

Vaatluspunkt	Vaatlusperiood
Vormsi	1892 - 1905, 1908 - 17, 1919 - 40, 1947 - 68
Haapsalu	1921 - 40, 1947 - 57
Rohuküla	1921 - 23, 1949 - 69
Heltermaa	1923 - 25, 1947 - 52, 1953 - 64
Puise	1932 - 40
Sõru	1923 - 35, 1947 - 69
Kaugi	1922 - 40, 1947 - 69
Virtsu	1914 - 17, 1921 - 24, 1929 - 30, 1932 - 40, 1948 - 69
Viirelaid	1888 - 93, 1894 - 96, 1897 - 1902, 1903 - 11, 1912 - 17, 1921 - 40
Kübassaare	1922 - 40

(0, 5, 10 ja 20 m) vee temperatuure ja võeti veeproove soolsuse määramiseks. Igal suvel 1923.aastast alates teostas Tartu Ülikool Eesti vetes hüdroloogilisi, hüdrokeemilisi ja bioloogilisi vaatlusi nn. termiinsõite. Sellekohaseid vaatlusi tehti Väinameres kolmes vaatluspunktis (Nr. 22-24).

Kodanliku Eesti perioodil teostatud hüdroloogiliste vaatluste andmed (välja arvatud vahetult sõjaaelsete aastate omad) on avaldatud 1924.-39.a. "Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaannete" (1940.aastal "Loodusvarade Instituudi Avaldiste") järgmiste seeriatena: "Merejää vaatlused 19../.. talvel Eestis", "Eesti 19.. ja 19.. aasta termiinsõidud" (ka "The Thalassological cruises in the Estonian seas in ..." ja "Termiinsõidud Eesti välisvetes 19.. - 19.."), "Merevee temperatuuri, soolsuse ja voolu vaatlused 19.. - 19.." ja "Merevee kõrguse vaatlused Eestis 19.. - 19..". Neid kõiki ilmus kokku 26 numbrit.

Nõukogude korra taaskehtestamise järel Eestis intensiivistus vabariigi rannikumerede uurimine märgatavalt. Juba 1940.a. töötas Väinameres Balti Laevastiku Meresobservatooriumi kompleksne hüdroloogiline ekspeditsioon A.V. Leptini juhtimisel. Ekspeditsioon teostas 66 punktis merevee temperatuuri, soolsuse, läbipaistvuse ja värvuse määramist ning merepõhja iseloomu ja hoovuste uurimist. 1940/41.a. talvel mõõdeti 180 kohas merejää paksust. Suure Isamaasõja puhkemisel nimetatud uurimistööd katkesid. Fašistliku okupatsiooni ajal tehtud hüdroloogilistest vaatlustest

merel puuduvad andmed. Jätkati ainult piiratud ulatuses kaldavaatlusi, nimelt veetasemete registreerimist Vormsis (Ленская, 1965). Arvatavasti tehti ka muid hüdroloogilisi vaatlusi, kuid saadud andmed ei ole säilinud.

Pärast Suure Isamaasõja võidukat lõppu algasid Väinamerel hüdrograafilised uurimistööd uuesti. 1946.a. suvel töötas Väinamerel Balti Laevastiku Mereobservatooriumi ja Balti Mere Teadusliku Uurimise Observatooriumi (BNIMO) ühine ekspeditsioon neljal laeval L.G. Zelgeri juhendamisel. Ekspeditsioon teostas standardseid hüdroloogilisi vaatlusi 85 punktis. Järgmisel suvel uuris kõnesolevat piirkonda BNIMO ja Üleliidulise Merekalanduse ja Okeanograafia Teadusliku Uurimise Instituudi (VNIRO) Eesti osakonna ühisekspeditsioon. I.Z. Lederi juhtimisel tehti nimetatud uurimistööde käigus hüdroloogilisi vaatlusi 66 punktis. BNIMO ekspeditsioonide ja trükis avaldatud vaatlusmaterjalide põhjal koostati L.G. Zelgeri juhendamisel Väinamere kompleksne kirjeldus, mis on jäänud tänaseni Väinamere kõige üksikasjalikumaks kirjelduseks.

1947.a. taastati Eesti NSV Hüdrometeoroloogiateenistuse Valitsuse vaatlusvõrk rannikul. Andmed kõnesolevas piirkonnas töötavate (ja töötanud) jaamade ja vaatluspunktide kohta on toodud 1. ja 2.tabelis ning 1.joonisel. Eesti NSV Hüdrometeoroloogiateenistuse Valitsus alustas 1950.a. süstemaatilisi ekspeditsioonilisi töid Väinamere hüdroloogilise režiimi tundmaõppimiseks. Vaatlusi teostati Voosi kurgus, Hari kurgus, Soela väinas ja Suures väinas.

3. tabel

Reidipunktide arv väinades 1950 - 69.a.

Väin	Periood	Punktide arv
Hari kurk	1950 - 52	1
	1956 - VII 1958	3
	VIII 1958 - VII 1963	6
	VIII - XII 1963	3
	1964 - 69	1
Voosi kurk	1958 - 62	3 - 4
	1963 - 68	1
Soela väin	1951 - 57	1
	1958 - V 1963	6
	VI - XII 1963	3
	1964 - 69	1
Suur väin	1950 - 57	3
	1958 - VII 1963	7
	VIII - XII 1963	4
	1964 - 65	1
	1966	2
	1967 - 69	1

Väinamere keskosas alustati uurimusi alles 1955.aastal. 1958.a. suurendati vaatluspunktide arvu ja alustati vaatlusi seni välitöödest kõrvale jäänud Kassari lahes (üksikuid vaatlusi Kassari lahes tehti juba 1957.a.). Sama aasta oktoobris asutati Heltermaale I järgu merehüdroloogia jaam, mille ülesandeks määrati Väinamere hüdroloogilise režiimi uurimine. Väinamere intensiivne uurimine kestis 1963.a-ni, mil seoses küllaldase hulga andmete kogunemisega vähendati tunduvalt ekspeditsiooniliste tööde mahtu. 1969.a. lõpetati kohapealsete jõududega tehtavad välitööd. 1970.aastast alates tehakse Väinamerel ainult sesoonseid hüdroloogilisi vaatlusi Tallinna Hüdrometeoroloogia Obser-

4. tabel

Hüdroloogiliste vaatluste arv Väinameres

Mere osa. Vaatluspunkt	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	A
Hari kurk				18	99	99	145	152	144	1o2	71	39	869
Voosi kurk				12	41	54	71	69	73	57	42	17	436
Soela väin			3o	65	181	159	199	186	191	177	165	52	14o5
Suur väin	45	49	53	86	235	299	312	292	287	26o	218	97	2233
Ida-osa					42	7o	94	81	64	54	37	9	451
Kassari laht					31	47	62	5o	37	28	21	7	283
Kokku	45	49	83	181	629	728	883	83o	796	678	554	221	5677
Sealhulgas													
M_5				3	35	38	46	49	47	37	23	13	291
M_9				4	18	25	29	34	35	27	2o	7	199
M_{21}			5	11	47	54	61	56	56	48	47	17	4o2
M_{35}	5	9	1o	11	42	54	53	5o	49	46	4o	15	384

Märkus: Iga mitmeseerialine jaam on arvestatud ühe vaatlusena.

vatooriumi uurimislaevade abil. Nimetatud uurimistöödel tehtud vaatluste arv ja periood on toodud 3.-5. tabelis (vt.ka 1.joon.) Eesti NSV Hüdrometeoroloogiateenistuse Valitsuse poolt kogutud andmestikul põhjenevad THMO juhendamisel valminud mitmed uuri-

5. tabel

Mitmeseerialiste jaamade arv

Vaatluspunkt	Periood	Jaamade arv	Seeriate arv
M_5	1960 - 68	19	329
M_9	1960 - 62	5	61
M_{21}	1960 - 64	14	272
M_{25}	1965	3	26
M_{35}	1960 - 64	12	197

uurimused Väinamere hoovustest, termikast ja tuultest (Мардисте, 1964; Мардисте Х., 1967; Мардисте М., 1967). THMO tööde kogumikes on avaldatud uurimusi ka Väinamere jääreziimi ja lainetuse kohta

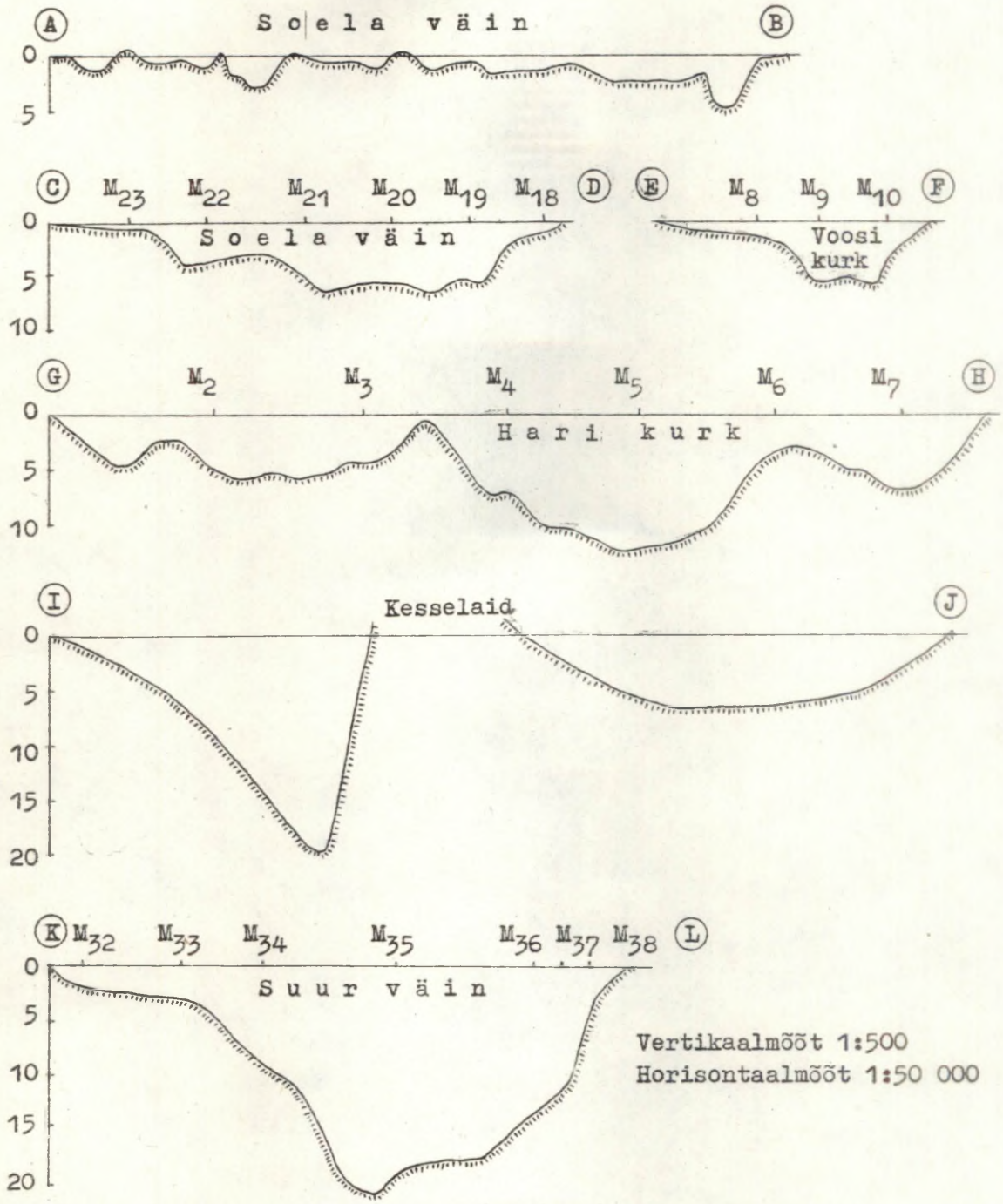
Viimastel aastakümnetel on mitmeti intensiivistunud ka Väinamere muude looduslike tingimuste uurimine. Nüüdisaegse reeniku geoloogiat ja dünaamikat Väinamere piirkonnas on alates 1956. aastast uurinud Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi teaduslikud töötajad Kaarel Orviku juhtimisel. Hüdrobioloogilisi, eriti ihtüoloogilisi uurimusi Väinameres on pärast a, -aastail teinud peamiselt Eesti Merehihtüoloogia Laboratooriumi töötajad. Väinamere laidude maastikulist struktuuri ja geneesi on uurinud U. Sepp (1962,..., 1972). Aastal 1970 ilmunud artiklite kogumik "Lääne-Eesti reenikualade loodus" sisaldab arvukalt artikleid Eesti NSV Teaduste Akadeemia Zooloogia ja Botaanika Instituudi ning vabariigi teiste teaduslike asutuste töötajailt.

3. BATÜGRAAFIA JA GEOLOOGILINE EHITUS

3.1. Sügavussuhted.

Vaadeldav mereline piirkond moodustab V.Gudelise järgi (Гуделис , 1970) osa Lääne-Eesti saarestikku ümbritsevast abrasioonitasandikust - platvormist, mis kerkib Läänemere sügavamast keskosast võrdlemisi järsult ning mille kõrgemad osad saartena ja Lääne-Eesti madalikuna kerkivad üle merepinna. Seetõttu on Väinameri madal veekogu, mille keskmine sügavus on vaid 4,9 m ja suurim sügavus 22 m. Merepõhja reljeef on Väinameres suhteliselt vahelduv ning see on tihedasti seotud ümbritsevate maismaa-alade reljeefivormidega.

Ligi pool (49 %) Väinamere pindalast on kuni 5 m sügavune. Väga madalad on Haapsalu ja Matsalu laht ning Väike väin. 5 meetrist madalam on meri laialdasel alal Väinamere idaosas, seal asuvate loode-kagusuunaliste laidude ja madalate ümber. Viimased tähistavad suuremalt jaolt vee alla mattunud servamoodustiste ja radiaalsete oosiде harju (vt. lk.29). Väga madal on ka Soela väin, kus Pammana poolsaarest loode suunas kulgevate madalate ja rahude (Suur kuiv, Väike kuiv, Saaparahu) vahel on meri ainult 1-2, kohati kuni 3 m sügavune. Pisut sügavamad on Pihlalaiu ja Saaparahu vahele jääv 3-4 m sügavune looduslik läbikäik ning väina põhjaosse süvendatud 50 m lailine ja 5 m sügavune merekanal (2.joon.). Rannajoonele kõige lähemale, umbes 1 km kaugusele jääb 5 meetri isobaat



2. joon. Väinade ristprofiilid. A - B - Pammana - Sõru, C - D - Pammana - Rannaküla, E - F - Vormsi - Noarootsi, G - H - Vohilaid - Mõisaholm, I - J - Üügu - Kesselaid - Rähe, K - L - Muhu - Virtsu; M_{23} - hüdroloogiliste vaatluste punkt.

Saaremaa ja Muhu põhja- ning Vormsi läänerannikul. Veelgi suurem on merepõhja kallakus Vormsi (Saksby) majakast lõunas, kus 5 m isobaat asub rannast 200–300 m ja 10 m isobaat 400–500 m kaugusel (kaldenurk 50').

5–10 sügavune ala hõlmab 41 % Väinamere akvatooriumist. Kui Väinamere idaosa paistab silma võrdlemisi liigestunud põhjareljeefiga, on mere läänеosas, Kassari lahes sügavused laialdasel alal ühtlaselt 7–8 m Kassari lahe läänеosas, Soela väina lähedal, ulatub mere sügavus 10,5 meetrini. Sellest nõost Pammana pool asub arvatavasti veealune astang.

10 meetrist sügavam ala hõlmab ainult 10 % Väinamerest. 10 meetri isobaat ulatub Väinamerre kahe kitsa keelena - Hari kurku Harilaiu ja Vormsi vahel ning Suurde väina Kesselaiu ja Muhu vahel. Hari kurgus ulatub mere sügavus 16 meetrini. Suures väinas on sügavused veelgi suuremad: Viire kurgu keskel 21 m, Muhu ja Kesselaiu vahel aga kuni 22 m.

Veealuse rannanõlva kalle on Väinameres keskmiselt 10–15'. Suurim (3°) on see Kesselaiu läänenõlval (2.joon.).

3.2. Geoloogiline ehitus ja areng

Pealiskord. Väinameri jääb ülemordoviitsiumi ning alam- ja ülemsiluri ladestiku avamusalasse (Рыымусокс, 1967, 1970; Силур Эстонии, 1970). Väinamere piirkonnas pealiskorra moodustavad kivimid on settinud ordoviitsiumi lõpust alamad mere regressiooni ajal, s.o. valdavalt madala mere tingimustes. Kuna pealiskorra kihid on tektooniliste liikumiste tagajärjel lõuna suunas keskmiselt 11-15′ nurga all kaldu, siis lademed avanevad kõsiteldaval alal, nagu kogu Põhja-Eestis, üldjoontes ida-läänesuunaliste vöönditena (3. joon.). Jaani ja jaagarahu lademe piir jälgib enamvähem Saaremaa ja Muhu põhjarannikut. Kuna Väinamere põhja puuraukе rajatud ei ole, siis ei ole üksikute lademete täpsem piiritlemine seal võimalik.

Ordoviitsiumi ladestusse kuuluvad Väinamere piirkonnas vormsi, pirgu ja porkuni lademe avamusalad.

Vormsi lademe (F_1b) avamusalasse jäävad Hiiumaa kirde-, Vormsi põhja- ja Noarootsi keskosa. Nimetatud lademe moodustavad valkjas- ja sinakashallid keskmise mõglisisaldusega lubjakivid. Lademe stratotüübiks on 1,7 km pikkune paljand veepiiril Vormsi saare looderannikul (Рыымусокс, 1967). Lade paljandub veel Seksby, Kärrsälgti ja Borrby paemurrus Vormsil ja Saaremõisa paemurrus Noarootsis.

Pirgu lade (F_1c) koosneb mergli vahekihtidega hallidest ja pruunikashallidest lubjakividest. Ka selle lademe peamised paljandid Väinamere ääres asuvad Vormsil: Hõisa-

3. joon. Pealiskorra lademete avamusalad. 1 - lainetuse mõjusfääris asuvad paljandid.

holmi edelarannikul veepiiril ja osaliselt pinnakatteta Huitbergi biohermina saare siseosas.

Porkuni lademe (F_2) hallid ja kollakashallid plaatjad lubjakivid paljanduvad mitmel pool Vohilaiu kirde- ja idaosas. Nimetatud paljandid on läänepoolseimad porkuni lademes ja on ühtlasi vohilaiu kihistiku stratotüübiks (Рымусокс , 1967). Laiu ida- ja kirderanniku neemikuil veepiiril paljanduvaid halle plaatjaid kivististerikkaid lubjakive pidas B. Stein (1937) lademete F_1 ja F_2 kontaktalasse kuuluvaiks.

Siluri ladestut esindavad Väinamere ääres alamsiluri juuru, raikküla, adavere, jaani ja jaagarahu lademe ning ülemsiluri rootsiküla lademe kivimid.

Juuru lade (G_{1-2}) koosneb võrdlemisi puhastest kivististerikastest lubjakividest. Lademele on iseloomulik väikeste biohermide esinemine (Vahtrepa, Hilleste). Lainetuse mõjusfääri jäävad juuru lademe lubjakivid Sarve poolsaare rannikul. Rohkesti on paljandeid Väinamere lähikonnas - Vahtrepa ja Pullapää pank ning Hilleste ja Rohuküla paemurd.

Raikküla lademe (G_3) moodustavad lubjakivid ja dolomiidid, mis paljanduvad Heinlaiul ja Langekarel. Väinamerele lähim paljand mandril on Matsuküla paemurd.

Adavere lademe (H') savikad lubjakivid, merglid ja savid on Hiiumaa lõunaosas ja Matsalu lahe põhjarannikul kaetud paksu kvaternaari setete korraga. Ainus paljand lademe avamusalal Väinamere rannikul asub Saastna poolsaare tipus, kus veepiiril paljanduvad püriidirikkad rohekas-

hallid savikad dolomiitlubjakivid (Klaamann, 1962). Nimetatud väikese paljandi kõrval avanevad hoopis ulatuslikumalt adavere lademe savimergli vahekihtidega savikad lubjakivid jaani lademe avamusalal Kõinastu laiu põhja- ja läänerannikul. Paljanduvate kihtide suurest kaldest (kallakusnurk on kohati kuni 87°) nähtub, et tegemist on rändpangastega, mida mandrijää on lükanud sinna Väinamere põhjast (Aaloe, 1967).

Jaani lade (J_1) koosneb võrdlemisi üheilmelistest sinakashallidest merglitest. Lademe avamusalasse jääb mitu nüüdisrannas olevat panka: Paramaja, Oiu e. Pulli, Kautliku, Püssina, Kesse ja Uisu pank. Neist umbes 1,5 m kõrgune Paramaja, 3 m kõrgune Kautliku ja 2,5 m kõrgune Uisu pank koosnevad ainult merglitest. Teistel nimetatud pankadel lasuvad merglitel jaagarahu lademe dolomiidid. Kõige paksem (kuni 4,5 m) on paljanduvate merglite kiht Kesse panga kirdeosas.

Jaagarahu lademe (J_2) moodustavad sinakas- või kollakashallid dolomiidid. Lademele on iseloomulik plaatdolomiitide kõrval suurte biohermide esinemine. Biohermid on vajunud allolevatesse plaatdolomiitidesse ja merglitesse, mis ilmneb kihistatuse riketes Oiu, Üügu, Püssina ja Kesse pangal (Aaloe, 1958). Kuna biohermne dolomiit on murenemisele olnud vastupidavam kui plaatdolomiit, siis biohermid avalduvad reljeefis kõrgendikena, näiteks Muhu saarel ja Kesselaiul. Kesselaiu bioherm, mille läbimõõt on umbes kilomeeter, moodustab saare kõrgema loodeosa.

Rootsiküla (varem kaarma) lademe (K_1) dolomiitide paljandid esinevad Kübassaare poolsaare idarannikul madalate Hülge, Anikaitse ja Kübassaare panga näol. Seal ärratavad tähelepanu paljanduvate kihtide suured lasumusrikked - kallakusnurgad ulatuvad Hülge pangal 25°-ni (Einasto, 1961). Rootsiküla lademe avamusala käändub Saaremaa kaguosast lõunasse ja mandri-Eestis teda enam ei esine.

Pinnakate. Väinamere piirkonna kvaternaari setted ja pinnavormid on kujunenud mandrijää ja selle sulavete ning hiljem Läänemere tegevuse tagajärjel. Kvaternaari setete paksus Väinamere rannikualadel on vahelduv. Saaremaa põhjarannikul, Muhus ja mandri läänerannikul, v.a. Matsalu lahe rannik, on pinnakate 5 meetrist õhem. Mitmel pool paljandub veepiiril pealiskord. Kõige paksem on pinnakate Puise neemel (10-20 m) ja Hiiumaa lõunaosas (20-30 m) (Гидрогеология СССР, 1966).

Vanimaks pinnakatte osaks on pleistotseeni moreen, mille jättis maha viimane (valdai) mandrijää, mis niüdisaegse Väinamere piirkonnast taganes umbes 12 000 - 11 000 aasta eest (Raukas, Punning, Rähni, 1969). Moreeni pindmine osa on enamasti allunud mere tegevusele ning on suurelt osalt kaetud nooremate setetega.

Fluvioglatsiaalsete kruusade ja liivade esinemine on seotud Puisest läbi Väinamere Hiiumaa kagurannikule ulatuvate mandrijää palivere staadiumi servamoodustistega ja samast staadiumist pärit radiaalsete oosidega. Loode-kagusuunalised oosid on jälgitavad Vormsil, Noarootsis, Haapsalu ümbruses ja Kassaril, jätkudes Väinamere põhjas

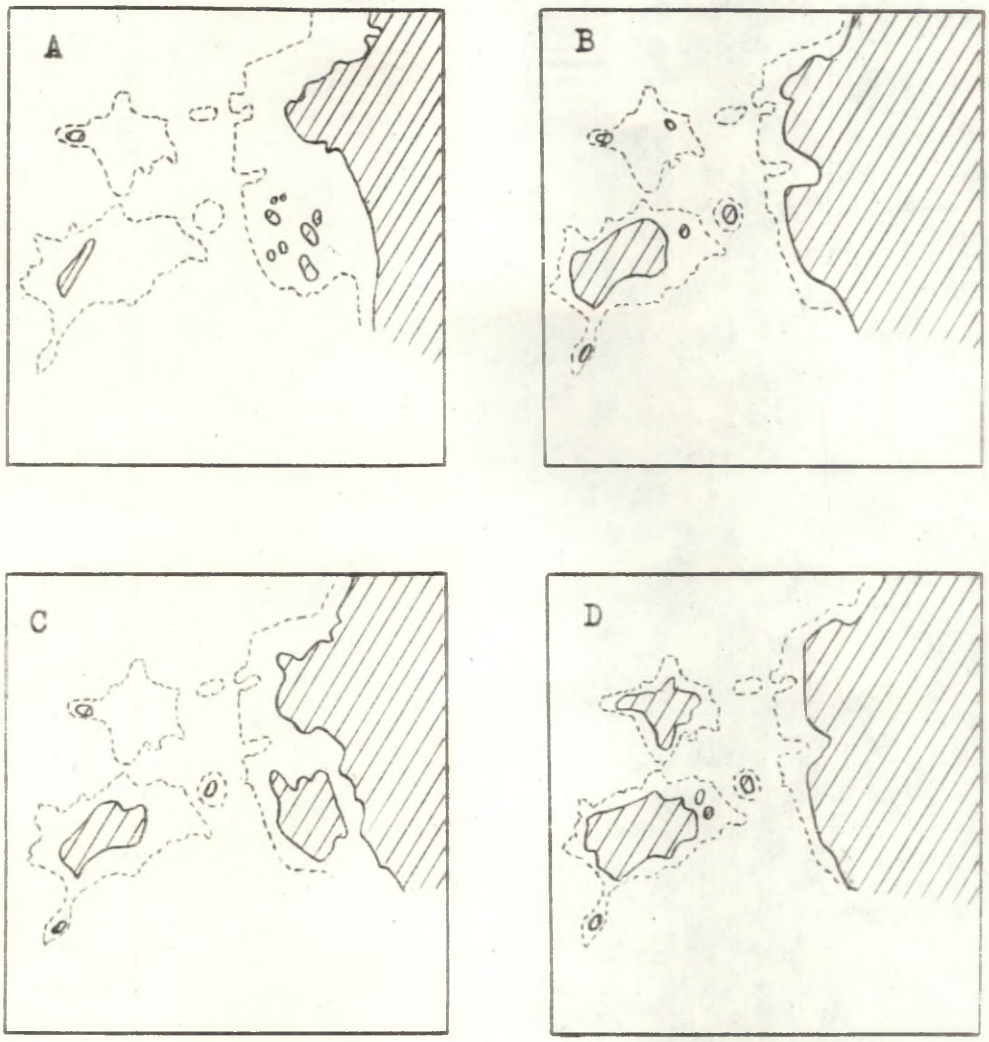
(Tammekann, 1940). Neid tähistavad veealused seljakud ja madalad, millede kõrgemad osad kerkivad laidude ja rahudena üle veepinna. Näiteks on Vormsilt algav oos jälgitav Varsaraha, Rukkiraha ja Kuivaraha joonel. Kaks veealust oosi kulgeb Hiiumaa idaranniku lähedal (Lõpmaa, 1938). Kõik nimetatud pinnavormid on ellunud Läänemere tegevusele, nende esialgne kuju on muutunud ja pindmised setted ümber paigutunud.

Ülalkirjeldatud setted on pärast mandrijää taandumist olnud Läänemere tegevuse mõju all. Varasemate setete ümberpaigutumisel kujunesid eri tasemel asuvad rannamoodustised (vt. lk.32). Väinamerd piirava maismaa madaluse tõttu on holotseeni setetest enam levinud litoriina- ja Läänemere omad.

Väinamere areng. Väinamere nõgu kujunes juba preglatsiaalis. Sellest ajast on pärit ka kaks veekogu praeguses põhjareljeefis jälgitavat orundit. Neist üks kulgeb piki joani merglite avamusala põhjaserva Matsalu lahest Soela väinani (Tammekann, 1928). Nimetatud orund on täitunud hilisemate setetega ja on seetõttu Väinamere põhjareljeefis vähemmärgatav. Väga sügav ida-läänesuunaline nõtturund orundi osa asub Kasari jõe alamjooksul /Раукас, Ряхни, Мийдел, 1971). Teine, Väinamere põhjareljeefis palju selgemini jälgitav ja A. Öpiku (Lõpmaa, 1938) arvates hilisema tekkega vana org kulgeb eelmisega risti Hari kurgu - Suure väina joonel. Nimetatud org on arvatavasti süvendamud mandrijää ja selle sulavesi.

Väinamere kujunemisloos võib oma osa olla tektoonikal. Seda näitavad tektoonilised rikked pealiskorra kivimites Kõinastu laiul ja Kibassaare poolsaare idarannikul. K. Kildema (1970) arvates võiks püstitada hüpoteesi Väikese väina riketevööndi olemasolust. Pealiskorra kivimid on kerkinud ka Hiiumaa kirdeosas Palukülas (Viiding, Kala, Pobul, 1969). Olemasolevate andmete põhjal ei saa päris kindlalt väita, kas Lääne-Eesti saarestiku ja seega ka Väinamere kujunemises on domineerinud tektooniline, denudatsiooniline või mõni muu faktor.

Joldiamere (10 000 - 9300 a. tagasi) viimastes faasides olid tekkinud tolleaegsest mandrist võrdlemisi kaugel asuvad väikesed saared nüüdisaegse Kõpu ja Lääne-Saaremaa kõrgustiku kõrgema osa kohal (Кессел, 1961; Кессел, Пуннинг, 1969). Väinamere kui teatud määral isoleeritud veekogu piirjooned hakkasid välja kujunema Antsülusjärve ajal, mille suurim transgressioon leidis aset 8400 - 8200 a. tagasi ja mille regressioon algas umbes 8000 a. eest (Кессел, Пуннинг, 1969a). Läänemere selle arengustaadiumi kestel kerkisid veest lisaks varemtekkinud saartele praeguse Kõpu ja Lääne-Saaremaa kõrgustiku kohal veel saared nüüdisaegse Muhu keskosa, Ida-Saaremaa ja Hiiumaal Palukülа kohal (4. joon., A, B). Kogu Antsülusjärve eksisteerimise ajal leidis aset intensiivne maakerge. Kui A_I faasi rannamoodustised Kõpu poolsaarel asuvad 45 m kõrgusel, siis A_{IV} omad juba 23 m kõrgusel. Litorinamere transgressioonide ajal (L_I kulminatsioon oli 6800-7000 a. ja L_{II} mitte varem kui 5900 a. tagasi) oli veetase küll 2 - 3 m



4. joon. Väinamere arenguetappe. A - A_I faasis, B - A_{IV} faasis, C - $L_I L_{IIb}$ faasis (kõik Кессел, Раукас, 1967 järgi), D - Lim_I faasis (Кессел, 1965 järgi).

kõrgem kui A_{IV} ajal (4. joon., C), kuid selle staadiumi lõpust alates on maapind pidevalt kerkinud (4. joon., D; Кессен, Раукас, 1967; Кессен, Луннинг, 1969a).

V. Gudelise arvates oli maakerke kiirus Loode-Eestis Antsülusjärve ajal 9,3 mm aastas. Hiljem on see pidevalt vähenenud, ulatudes näiteks L_{III} ajal juba 4,5 mm aastas (Gudelis, 1961; Кессен, Раукас, 1967 järgi). Nüüdisaegseks kerke kiiruseks hindab G. Želnin (Zhelnin, 1966) Väinamere piirkonnas 3 mm aastas.

Neotektoonilise maakerke tagajärjel laieneb maismaa pidevalt, tekib üha uusi laide ja saarekesi, mis aja jooksul kas ühinevad omavahel või liituvad mandriga. Kui veekogu varasemat ulatust näitavad rannamoodustised, mis ei ole kõikjal pidevad ega ka kogu ulatuses detailselt uuritud, siis viimase paarisaja aasta jooksul toimunud Väinamere rannajoone muutusi kajastavad juba kaardid.

Endiste saarte liitumist mandriga näitas[illegible] vanade kaartide võrdlemine uutega, mida Noarootsi kohta on teinud A. Parts (1934) ja K. Müürisepp (1963) ning Virtsu poolsaare kohta U. Hermann (1970). Arhiiviandmeile põhinedes märgib L.Tiik (1970) mitmete saarte kokkukasvamist Hiiumaaga või sellele lähedaste saartega. A.Parts (1934) peab vanematest kaartidest enamvähem tõepärasteks J.F.Schmidti 1770.a. Eestimaa kaarti, millel nüüdisaegse Noarootsi asemel oli mitu saart - Noarootsi, Hara, Saaremõisa ja Rumsi. Ligilähedaselt samasuguse kaardipildi Noarootsi kohta leiame L.A.Mellini atlasest (1798), kus lisaks eelmistele saartele esineb veel Võõla saar. 1844.a. ilmunud J.H. Schmidti kaardi

järgi oli Noarootsi külge kasvanud Saaremõisa saar ja viimasest lõunas tekkinud Võnnu saar (nüüd Noarootsi osa).

1851.-52.a. töötas Väinamere põhjaosas K.E.Eichwald, kes arvas, et Noarootsi koos lähedaste saartega võib lähemal ajal mandriga liituda (Eichwald, 1852). Juba sel ajal olid nad suurema osa aastast mandriga koos, ainult ajuvee ajal sai paadiga nende vahelt läbi sõita. Nüüdisajal on kõik nimetatud saared omavahel ja mandriga kokku kasvanud. Endiste väinade asemel on lahed, rannajärved või silmad (viimastest ainult nimetus) - Saaremõisa laht (järv), Võõla "meri", Peki "meri", Möldri "meri", Karjase "meri", Kudani järv, Sutlepa silm, Võlviku silm.

Analoogne on olnud ka Virtsu poolsaare areng. Kui 1798.a. kaardil oli tema asemel veel saar, siis 1844.a. kaardile on juba kantud Virtsu poolsaar (Hermann, 1970).

Tunduvalt on vähenenud Matsalu lahe pindala. J.B.Homanni 1730.a. kaardil oli lahe idaosa Rõude kohal, A.I. Nagajevi 1751.a. kaardil aga Rannamõisa - Tuudi jõe suudme joonel, millest ida pool oli näidatud roostik (Müürisepp, 1963). Kui 1870.a. paiku oli roostik levinud ainult Kasari deltas, siis viimase 100 aasta jooksul on roostik väga hoogsalt läände tunginud. 1920.-30.-ndail aastail ettevõetud Kasari suudmeosa süvendamise tagajärjel vähenes lahe pindala veelgi (Kumari, 1966). Lahe idaosa kinnikasvamist soodustavad ka Kasari jõe poolt kantud setted.

K.E. Eichwald (1852) kirjeldab Vormsit kui kolmest saarest tekkinud saart. Tema kaardil on märgitud kaks

läbi saare põhjast lõunasse ulatuvat silma ("ehemalige Silma"), mida mööda olevat kõrge veeseisuga isegi paatidega sõidetud.

Kübassaare poolsaare ümbruse madalate lahtede võrdlemisi kiiret kadumist viimase poole sajandi jooksul kirjeldas topograafiliste kaartide põhjal R. Einasto (1961). J.F. Schmidti Liivimaa kaardil oli veel Kübassaare saar (Varep, 1960).

Saared võivad ühineda kiiremini kui seda võib eeldada maatõusu kiiruse põhjal. Nimelt väheneb väinade madaldumisel neis hoovuste kiirus, mis väinadest setted ära uhuks ning see omakorda soodustab pilliroo ja kõrkjate kasvu. Samal ajal kuhjavad lained sinna rohkem setteid. Väinade kinnikasvamist soodustab ka neist teetammide läbi rajamine, mida on märgata Kassarile ja Puhtulaiule viivate tammide ning Väikese väina tammi ümbruses.

Järgmisteks suuremateks saarteks, mis kunagi ühinevad Hiiumaa, Muhu või mandriga, on Vohilaid, Kaevatsi laid, Kõinastu laid, Suurlaid, Võilaid ja Tauksi saar. Nende ja põhisaare (mandri) vahelistes väinades on vee sügavus keskmise veeseisu ajal ainult 20 - 30 cm, paguvee ajal on aga nimetatud väinad juba kuivad. Võrdlemisi kiiresti kasvab kinni ka Haapsalu Tagalaht.

3.3. Põhjasetted.

Väinamere põhjasetteid on spetsiaalselt uuritud ainult Balti laevastiku Mereobservatooriumi kompleksekspeditsiooni poolt 1940. aastal. Ekspeditsioonil saadud andmete põhjal koostas M.V. Klenova Väinamere põhjasetete kaardi. Ekspeditsioonilaevade süvis aga ei võimaldanud töid kõikjal läbi viia, mille tõttu andmed lahtede põhjasetete kohta kas puuduvad või neid on väga vähe. Seoses Eesti NSV nüüdisaegse ranniku uurimistöödega on Eesti NSV Teaduste Akadeemia Geoloogia Instituudi töötajad Kaarel Orviku juhtimisel täiendavalt uurinud Väinamerd. Nende tööde käigus võeti 14 kohas vibropuuriga kuni 4,5 m paksuselt põhjasetete proove, mis eelpool nimetatud ekspeditsiooni andmeid oluliselt täiendavad.

T. Gorškova (Горшкова , 1963) on eraldanud Läänemeres peamiselt kaht tüüpi põhjasetteid. Nendeks on ühelt poolt moreen, fluvioglatsiaalsed liivad ja kruusad ning viirsavi, seega pleistotseeni setted, mis jäid Läänemere nõkku maha mandrijää taandumisel, teiselt poolt aga holotseeni setted mereliiva, meresavi ja muda näol. M.Klenova järgi esineb Väinameres mõlemasse rühma kuuluvaid põhjasetteid.

Moreeni esinemine Väinamere põhjasettena on kindlaks tehtud ainult vähestes kohtades. Kaarel Orviku isiklikel andmeil esineb hall veeristerikas savikas moreen Kübassaare poolsaarest idas 10-17 m sügavuse mere põhjas kogu 4,5 m pikkuse profiili ulatuses. Moreeni esineb veel

Vareslaiust läänes 4,5 m ja Heinlaiust kagus sama sügava mere põhjas. Esimesel juhul oli moreeni pindmine 5 cm paksune kiht lainetuse poolt läbi pestud, teisel juhul kattis teda pinnalt 1 m liiva- ja selle all 1,5 m paksune savikiht. Moreeni levik Väinamere põhjas on arvatavasti ulatuslikum kui seda näitavad vähesed põhjasetete puurimise tulemused.

Nii moreeni kui ka fluvioglatsiaalsete setetega kaetud pindala Väinamere põhjas on siiski võrdlemisi väike. Mitmel pool on nimetatud setted kaetud kohalikes jääpaisjärvedes settinud viirsaviga. Viirsavi esineb Matsalu ja Haapsalu lahe põhjas ning mitmel pool Hiiumaa lõunarannikul (Пиррус , 1968). Kaarel Orviku andmeil esineb viirsavi ka Kassari lahe ja Suure väina põhjas, kus mõnel pool on savil kuni 2 m paksune liivakiht.

Väinamere põhi on kaetud enamasti mitmesuguses terasuuruses liivaga. Jämedam liiv esineb rannikulähedases madalas vees, peen liiv aga Kassari lahe keskosas ja sügavamas vees Hari kurgu - Viire kurgu joonel. Madalas vees on rohkesti veeriseid, munakaid ja rahne. Nende vahelt on lainetus ja veevool peenema materjali ära kandnud. Rahnude ümberpaigutamisel rannanõlval on suur osa jääl (vt. lk. 125). Mereline liivsavi ja savi esinevad vähestes kohtades Kassari lahes ja Väinamere idaosas.

Madalate lahtede põhi on kaetud mudaga. Ulatuslikumalt esineb muda Haapsalu lahes, Voosi kanalis, Käina lahes, Vormsi lõunaranniku lahtedes, Matsalu lahes ja Virtsu ümbruse lahtedes. Mudakihi paksus on enamasti poole meetri

ümber (Баранс ,Кнпман , 1963). Väinamere mudadel on head raviomadused ja seetõttu kasutatakse neid kuurortravis (Pärnu, Haapsalu). E. Mustjõe andmeil (Eesti NSV komplekssе territoriaalplaneerimise skeem, 1970) jääb Väinamere piiresse 3 perspektiivset tervismuda leiukohta: Haapsalu, Voosi ja Kassari maardla. Neist on Haapsalu maardla varudelt (120 000 m^3) teisel ja Voosi maardla (30 000 m^3) neljanda-viiendal kohal vabariigis.

3.4. Nüüdisrand.

Eesti NSV mereranna iseloomu määrab neotektooniline maakerge, mille tõttu veepiir püsib ühel ja samal tasemel suhteliselt lühikest aega. Seetõttu ei saa nüüdisranna teatud osa piires aset leida ei pikaajaline intensiivne murrutus ega ka setete ümberpaigutumine. Peale maatõusu mõjutab nüüdisaegse mereranna ehitust ja arengut veel lainetus, vana pinnamood ja varasemad setted (Orviku, 1961; К. Орвику, К. Орвику мл., 1961, 1969).

Väinamere iseärasuseks on piiratud veevälja ja madala vee tõttu suhteliselt nõrk lainetuse mõju. Lainetuse purustav tegevus avaldub siin kõige tugevamalt varasemast pinnamoest pärit kõrgematel neemikutel, kuhu refraktsiooni tagajärjel koondub palju suurem lainete energia kui sirgele rannikule või lahtedesse. Neemikuteks on kujunenud ka murrutusele rohkem vastupidavad pangad. Abrasiooni tulemusel tekkinud peenema materjali transport piki rannikut ei ole Väinamere liigestatud rannajoone ja madala vee tõttu kuigi intensiivne. Selgemini avaldub see protsess Muhu kirderannikul (vt. lk. 47).

Hoopis ulatuslikumalt ilmneb Väinamere piirkonnas materjali kuhjumine randa risti rannajoonele. Suurte tormide järel võivad moreen- või isegi mõllirannal kujuneda ajuveeranda rannavallid paguveerannast kaldale heidetud materjalist. Nii näiteks võis 1970.a. pärast tugevat tormi näha Vormsi edelarannikul Mõisaholmil kadakate vahel rohtu kasvanud teele kuhjatud 20-30 cm kõrguseid kiibuvalle. Tuge-

va lainetuse jälgi võis samal ajal näha ka 2 km ulatuses Noarootsi edelarannal, kus veepiirist[1] 10-50 m kaugusele oli kuhjatud 20-25 cm kõrgune liivast ja peenest kruusast rannavall. Selle maapoolne serv oli järsk ja meenutas liivaluidet. Valliks kuhjatud materjal oli lainete poolt välja uhutud kohati veepiirilähedasest ajuveerannast, kohati aga paguveerannast. Esimesel juhul olid suurte kadakate juuredtik ja aiapostid 20-30 cm sügavuselt paljastunud, teisel juhul esines rannavallist vee pool puutumatu kamardunud rand. Taolise tekkega rannavalle esineb mitmel pool Väinamere rannikul.

K. Orviku (Орвику , 1966) järgi tekivad põhjatoitelised rannavallid hästi laugel ja madalal rannikul. Seejuures kannavad lained väikesel hulgal kaldale kive ka sügavamast veest. Kivide edasikannet soodustab kividele kinnituv põisadru (Orviku, 1966). Väinamere rannikul esines (1971.a.) taolisi kive rohkem Mõisaholmi läänerannikul.

Lainetuse kõrval on teiseks oluliseks randa kujundavaks faktoriks merejää (Kildema, 1958; Mardisto, 1973; Orviku, 1961; Орвику , 1965). Väinameres on jääperiood Eesti NSV rannikumere pikimaid (vt. lk. 129). Jää tegevuse jälgi esineb Väinamere randadel kõikjal. Jää lükkab edasi (valdavalt maa suunas) nii aju- kui ka paguveerannal asuvaid rändkive. Laugel paguveerannal nihutatakse kivid ühe talve vältel edasi kuni 30-50 m (Muhu lõunarannikul või-

---

[1] Kõik kaugused ja kõrgused veepiirist(-pinnalt) on käesolevas peatükis arvestatud pikaajalisest keskmisest veetasemest.

laiust läänes, Topu lahe lõunarannikul jm.) Jää surub vallidesse ning kannab edasi ka peenemat materjali ja kamaramättaid. Jää osatähtsus rändkivide koondajana on eriti silmatorkav saartel. Jää poolt kokkuaetud rändkivikuhjatised järsakute jalamil kaitsevad viimaseid edasise murrutuse eest, muutes nad aktiivsetest järsakutest (astanguteks, pankadest) surnud astanguteks.

Setete koostise, maapinna kalde ja lainetusele avatuse vaheldusrikkuse tõttu on Väinamere nüüdisaegsed rannad äärmiselt mitmekesised ja vahelduvad (5. joon.). Vana pinnamoe tasasuse tõttu on Eestis valitsevad laugrannad. Nende hulgas on K. Orviku ja Kaarel Orviku (K. Orviku, K. Orviku jun., 1961; К. Орвику, К. Орвику мл. , 1961) eraldanud 7 rannatüüpi:[1] pankrand, astangrand, kaljurand, moreenrand, veeristikurand, liivarand ja möllirand. Neist pank-, astang-, kalju- ja moreenrand kuuluvad murrutusrandade, ülejäänud aga kuhjerandade hulka. Kõnesolev rannatüüpide klassifikatsioon, mille aluseks on nüüdisranna morfoloogia ja setete iseloom, on leidnud kasutamist ka käesolevas töös. Üksikute rannatüüpide levikut ja osatähtsust Väinameres ja selle osades näitab 6. tabel. Sellest nähtub, et ülekaalus on madalranna rannatüübid. Kaardistatud ranniku 559 kilo-

[1] Lähtudes A. Ionini, V. Medvedevi ja P.Kaplini morfogeneetilisest klassifikatsioonist, mille järgi kogu Eesti NSV mererand kuulub õgvenduva murrutus-kuhjelise laheranna tüüpi, nimetas K. Orviku (1973) senikasutatud rannatüübid alltüüpideks. Kaarel Orviku suulistel andmetel (1973) soovitab Eesti NSV TA Geoloogia Instituut (kokkuleppel keeleteadlastega) kasutada mõistete "rannatüüp" ja "-rand" (rannatüübi tähenduses) asemel mõisteid "randlatüüp" ja "-randla", näit. moreenrandla, liivarandla jne.

meetrist moodustab järsakrand ainult 4,8 km (0,9 %).

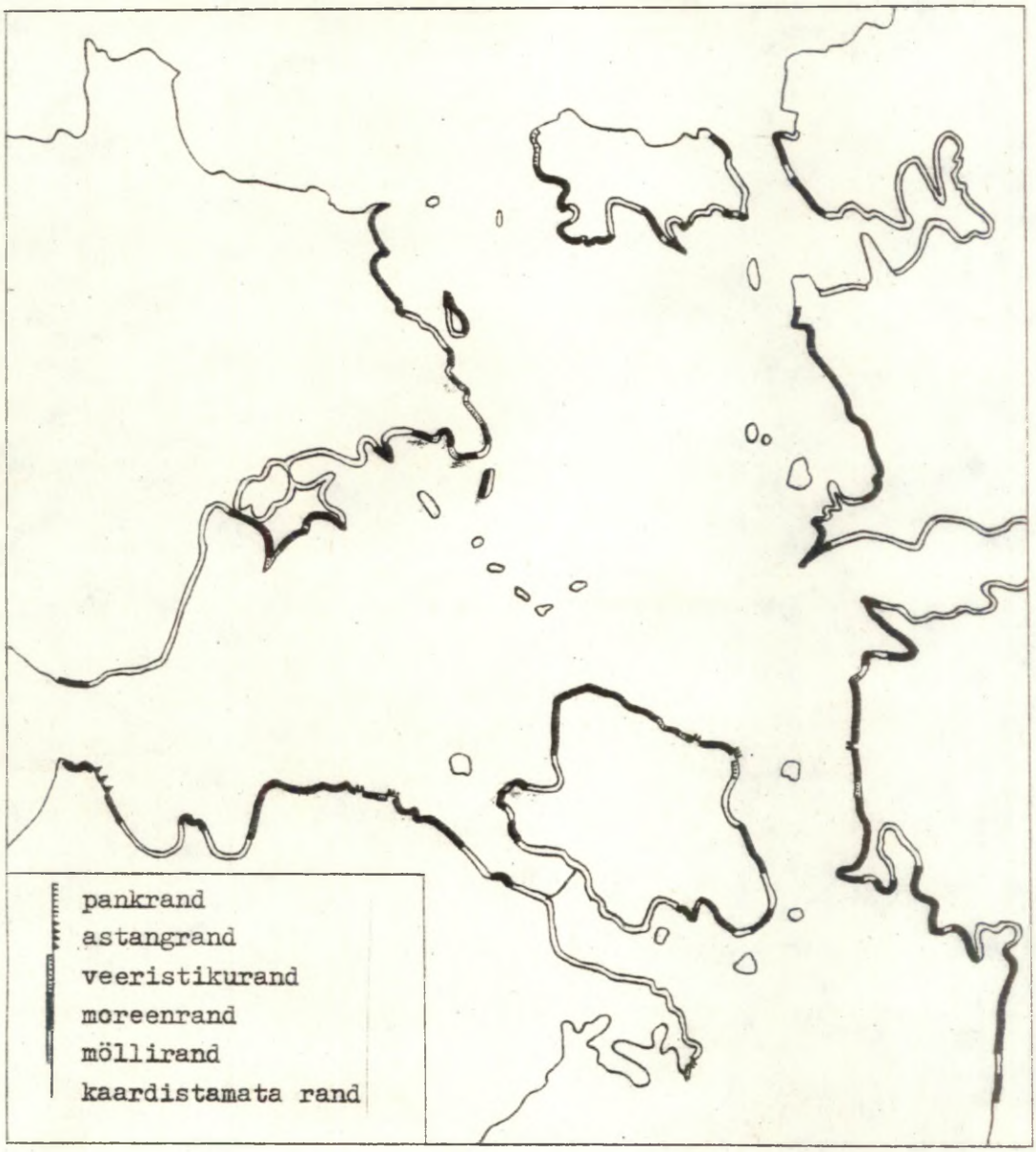
6. tabel

Nüüdisranna erinevate tüüpide ulatus (km)
Väinameres

Väinamere rannikuosa	Järsakrand		Madalrand				Kokku
	Pank-rand	Astang-rand	Mölli-rand	Moreen-rand	Veeris-tiku rand	Kalju-rand	
Mandri-Eesti	0,2	0,4	163,0	74,6	2,0	-	240,2
Saaremaa	0,8	1,8	42,5	26,5	2,2	0,2	74,0
Hiiumaa	-	-	65,0	36,0	7,0	-	108,0
Vormsi	-	0,2	25,5	22,2	2,4	-	50,3
Muhu	1,1	0,3	52,0	30,7	2,4	0,1	86,6
Kokku	2,1	2,7	348,0	190,0	16,0	0,3	559,1
%	0,4	0,5	62,3	33,9	2,8	0,1	100,0
Kaardistamata							14,0 km

Järsakrannad on sellised nüüdisaegsed mererannad, kus tormilainetusega leiab aset ilmne järsaku murrutamine. Järsaku ees esineb murrutusmaterjaliga kaetud murrutuslava. Olenevalt järsakut moodustavast materjalist eraldatakse järsakranda pealiskorras e. pankranda ning järsakranda kvaternaari setetes e. astangranda (Orviku, 1961). Väinamere piires on peaaegu võrdselt esindatud mõlemad järsakranna tüübid.

Pankrand on seotud A.Aaloe ja A. Miidel'i (1967) poolt eraldatud ja piki Muhu ja Saaremaa põhjarannikut kulgeva Lääne-Eesti paekaldaga. Enamiku sellel joonel asuvate ning nüüdisajal mere murrutusele alluvate pankade (Püssina, Pulli e. Oiu ja Kesse pank) tekke eelduseks on



5. joon. Nüüdisranna tüübid.

jaagarahu lademe biohermsest dolomiidist kõvikute ja nende all lasuvate jaani lademe merglite ja mergeldolomiitide olemasolu. Nimetatud pankade esine murrutuslava on kaetud järsakust.lahtimurdunud dolomiidipankadega, merglid on aga ära uhutud.

Kõige ulatuslikum on Muhu kirdenurgas asuv Püssina pank, mille murrutatav osa on umbes 0,8 km pikkune,kõrgus aga ulatub 5 meetrini. Panga kõrgeima osa - kirdenurga jalam on kaetud suurte lahtimurdunud dolomiidirahnudega (lisa 1A). Sellest panga osast mõlemal pool asuvad panga jalamil muutliku kujuga klibuvallid. Saaremaa kirderannikul paiknev Pulli pank (kõrgus kuni 4,5 m) sarnaneb Püssina pangale. Kuigi sealses biohermses dolomiidis on tavalisest rohkem peeni lõhesid, on see siiski vastupidavam kui jaani mergeldolomiit ja jaagarahu dolomiit (Aaloe, 1958).Kõrgeim pank Väinamere piirkonnas on Kesse pank, mis ulatub 7-8 meetrini. Murrutatav on umbes poole kilomeetri pikkune lõik pangast (Luha, 1930).

Teiseilmeline on pankrand merglist pankade (Paramaja e. Jaani, Kautliku ja Uisu pank) puhul. Nende, enamasti 2-3 m kõrguste pankade jalamil esinevad ainult madalad klibuvallid (lisa 1B).

Kirjeldatud pankadevööndist jäävad kõrvale Pullapää pank Rohukülast põhjas ja Kübassaare poolsaare idarannikul asuvad pangad (Einasto, 1961). Viimaseist allub lainetuse mõjule lühike kuni 1,5 m kõrgune Anikaitse pank ning kohati ka veelgi madalam ja suuremalt osalt rannasetteisse mattunud Kübassaare pank. Neemiku tipus asuval rootsiküla lademe

dolomiitidest Anikaitse pangal esineb tormide ajal väga tugev murrutus. Lainetuse mõju ulatub siin päris kõrgele. Nii on lainetega ära uhutud veepinnast 1,5 m kõrgusele ulatuva panga servalt kuni 1 m laiune ja 0,5 m paksune pinnakatte kiht. Panga jalamil on rohkesti rändkive.

Astangrand esineb Väinamere piirkonnas nimetamisväärse lõiguna ainult Pammana poolsaare idarannikul, umbes 1,8 m ulatuses. Lõunaosas on murrutatav järsak kuni 5 m, kesk- ja põhjaosas valdavalt 2-3 m kõrgune. Nõlv on võrdlemisi järsk ($>45^{\circ}$) ja on kaetud puudega, mis algavad veepinnast 20-30 cm kõrgemal. Puujuurte all on lõunaosas kuni 1,5 m sügavusi ja 0,5 m kõrgusi murrutuskulpaid. Kogu rannalõigu ulatuses esineb maalihkeid. Viimaseid on rohkem olnud rannalõigu põhjaosas, kus avaneb savirikas materjal. Siin valguvad puude vahelt mere poole vedela savi koonused, mis tormide ajal ära uhutakse.

Astangranda esineb väiksemate lõikudena veel Muhus – Koguvast põhja pool (lisa 2A), mandri rannikul aga Virtsust põhja pool. K. Orviku (1961) ja A. Aaloe (1967) järgi esineb Kõinastu loodeosas umbes ühe kilomeetri pikkune ja põhjaosas kuni 4 m kõrgune jämedast rannakruusast koosnev astang, nn. Vesiru pank.

Käsiteldud rannatüüp on võrdlemisi vähe püsiv, sest aja jooksul astang nihkub järjest sisemaa suunas ning selle ette kujuneb madal abrasioonilava, kus lained murduvad enne kaldani jõudmist. Astangu jalam mattub murendmaterjalisse, eriti suurtesse rändkividesse, mida kuhjab kokku triivjää. Seega astangrand läheb üle teisteks ranna-

tüüpideks. Enamasti kujuneb tema asemel moreenrand.

Üleminekustaadiumi astang- ja mölliranna vahel esineb Matsalu lahe põhjarannikul Kalakülast Puise metsani ulatuv umbes 2 km pikkune rannalõik. Veepiirist 30-50 m kaugusel asuva 2-4 m kõrguse kaldajärsaku esine on kaetud pillirooga. Liivakaist ja savikaist setteist ja rohukamaraga kaetud järsakut on lained kõrgema veeseisu ajal kohati murrutanud, esineb ka maalihkeid. Murrutust soodustab seal ranniku ekspositsioon: see on avatud suurima sagedusega puhuvatele edelatuultele, millede ajal on ka veetase üldiselt kõrge (vt. lk. 66).

Madalrannad on Väinamere piirkonnas valitsevateks randadeks, mida tingib madalate, käärulise rannajoonega lahtede rohkus. Sõltuvalt ekspositsioonist ja maapinna kaldest on uuritavas piirkonnas ülekaalus mölli- või moreenrand; harvemini esineb veeristiku- ja kaljuranda.

Möllirand (varem kamardunud rand) esineb lahtede ja väinade kallastel ning saarte varjus, kuhu ei ulatu otseselt lainetuse mõju. Sama rannatüüp on valitsev ka äärmiselt laugel rannal, kus madalas vees lained hääbuvad enne kaldani jõudmist. Umbes 62% Väinamere rannast on väljaspool lainete purustava tegevuse mõju ja on kaetud rohttaimedega (lisa 2B). Mölliranna iseloom sõltub suuresti inimtegevuse (karjatamise) mõjust. Rannikulõikudes, kus intensiivne karjatamine puudub, on rand ja ka selle eelne madal vesi kasvanud roogu (Matsalu ja Haapsalu Tagalaht, nn. Papsi rand Hiiumaal (Jausast lõunas), Vormsi idarand

vastu Voosi kurku, Väikese väina rand. Intensiivse karjatamise piirkonnas pilliroog aga peaaegu puudub (mitmel pool Hiiumaa kagurannikul, Saaremaa põhjarannikul Leisist loodes jm.). Eriti lauge ranniku puhul esineb lainetuse eest varjatud, kuid ajuvete poolt üleujutatavates rannikulõikudes täiesti taimkatteta laike (Salinõmme poolsaarest loodes, Kassaris Vaemla tammist idas). Jää tegevuse ja lainetuse tagajärjel esineb mõnel pool möllirannal veepiiril 20-30 cm kõrgune astang (Soonlepa lahe rannikul, Hiiumaa idarannikul vastu Vohilaidu).

Moreenrand on iseloomustatud taimestikuvaba rannariba esinemisega ajuveerannas (Orviku, 1961). Möllirannaga võrreldes esineb moreenrand lainetusele rohkem avatud ja suurema maapinna kaldenurgaga rannikulõikudes. Suurem osa Väinamere avarannikust on moreenrand. Sõltuvalt setete koostisest ja maapinna kallakusest on moreenrand küllaltki mitmekesine. Väinameres on esindatud nii nõlvaline kui ka laug-moreenrand. Pealmisest moreenikihist on peenem materjal ära uhutud, mille tagajärjel on paguveerand ja kitsas riba ajuveerannast kaetud kohati lausalise kivisillutisega (lisa 3A). Ajuveerand, mille laius sõltub maapinna kallakusest, on mitmel pool kaetud hõreda rohttaimestikuga; seetõttu on mõnel juhul raske tõmmata teravat piiri moreen- ja mölliranna vahel. Sellest on tingitud ka mõningad erinevused K. Orviku[1] ja käesolevas töös toodud rannatüüpide levikuskeemi vahel Muhu saare osas.

---

[1] Orviku,K. Tänapäeva ranniku geoloogiast Eestis (diplomitöö). Tartu, 1959. Käsikiri TRÜ geoloogia kateedris.

Moreen- ja mölliranna eraldamisel on väga oluline veeseisu arvestamine. Kui seda mitte teha, võib ajuvee ajal kamarduma hakkavat moreenranda lugeda mölliranna ja paguvee ajal paguveeranna põhjal lugeda mölliranna moreenrannaks. Üldiselt on moreenrannas rohkesti suuri rändkive (lisa 3B). Murrutusastangute jalamil, eriti neemikutele on jää kuhjanud suuri kivivalle. Rohkesti esineb rannikul kividest neemi ja maasääri (lisa 4A), millede kujunemisel on samuti suur osatähtsus ajujääl. Laugemate ja kamarduma hakkavatel moreenrandades esinevad rändrahnud hajutatult. Lainetuse mõju vähenemisega paguveeranna madaldumise tagajärjel läheb moreenrand aja jooksul üle mölliranna.

Veeristikurand (varem kliburand) on Väinamere rannikul enamasti seotud aluspõhjaliste pankade ja ka veepiiril (paguveerannas) paljanduva aluspõhjaga. Viimase murrutamisel saavad kerkiva ranniku tingimustes kujuneda järjest uued klibuvallid, mis astmetena üksteisele järgnevad. Üldiselt on kliburahnas maapinna kallakus suurem kui mölliranna ja ka enamasti moreenrannas.

Pikemad kliburanna lõigud esinevad vaadeldavas piirkonnas Vormsi looderannikul, Sarve ja Kübassaare poolsaarel ning Muhu kirderannikul (lisa 4B). Setted kuhjuvad veeristikuranda kas piki rannavööndit, mille puhul on tegemist pikirändelise kuhjerannaga või samalt rannanõlvalt, mis iseloomustab ristirändelist veeristiku kuhjeranda (Orviku, 1973). Väinamere puhul on valdav teine setete kuhjumistüüp. Pikirändeline veeristiku kuhjerand esineb

Püssina pangast lõunas.Pankadest toituva veeristikuranna asend panga suhtes sõltub valdava tormilainetuse suunast. Nii esineb Muhu kirderannikul kliburand Püssina pangast lõunas, kuhu on materjal kantud põhjakaarte tuultega, mis ongi peamised panka murrutava lainetuse tekitajad.[1] Ajuveerannas kujunevate rannavallide morfoloogia ja arv muutub tormide tagajärjel erineva kõrgusega veetasemetel. Näiteks ulatus erakordselt kõrge veeseisuga 1967.a. augusti ja oktoobri tormi ajal, mil Väinameres tõusis vesi kuni 1,5 m üle keskmise taseme (Алексеева , Колесникова , 1970), lainete mõju kuni 2,5 m kõrgusele keskmisest veetasemest. Nii kõrgele ulatub lainetuse mõju Väinameres siiski väga harva, mida tõendavad pinnasest välja uhutud puude ja põõsaste juured nimetatud tormide mõju ülemise piiri lähedal.

Fluvioglatsiaalsetest kruusadest rannavallid esinevad Kassari edelarannikul, kohati ka mujal. Paljud Väinameres paiknevad rahud ja kared koosnevad klibust, mille lainetus on kuhjanud rannavallideks. Ka laidudel esineb kliburanda (Sepp, 1962, 1966, 1970). Klibuvalle esineb ka moreen- ning isegi mõllirannas, kus nad asuvad veepiirist kaugemal ja on tekkinud tugevate tormide ajal paguveerannast kaldale heidetud ainesest.

Kaljurand on selline rand, kus paljandub aluspõhi ja mille ristprofiilis puudub järsk astang (K. Orviku, K. Orviku jun., 1961). Kaljurand on Väinameres kõige väiksema levikuga rannatüüp. Pealiskorra paljandeid on nüüdisaeg-

[1] K.Orviku. Tänapäeva ranniku geoloogiast Eestis (diplomitöö). Tartu, 1959. Käsikiri TRÜ geoloogia kateedris.

ses mererannas küll rohkesti (3. joon.), kuid oma ulatuselt on nad lühikesed. Ainus tüüpiline kaljuranna lõik asub Triigi lahe idarannikul Mujastes. Seal esineb veepiiril ajuveerannas umbes 100 m pikkune ja 10-15 m laiune lubjakivipaljand.

Eelnevast nähtub, et nüüdisranna ehituse ja erinevate rannatüüpide leviku iseärasused Väinamere ääres on peale pinnakatte ja pealiskorra kivimite ja reljeefi iseärasuste oluliselt tingitud tugevasti liigestatud rannajoonest, s.o. erinevate rannalõikude erinevast eksponitsioonist valitsevate tuulte (lainetuse) suhtes, võrdlemisi nõrgast lainetusest ja pikast jääperioodist.

4. KLIMAATILISED TINGIMUSED

Klimaatiliselt erineb Väinamere piirkond mitmes suhtes naaberaladest, sealhulgas ka Eesti rannikumere teistest osadest. Eesti NSV klimaatilise rajoneerimise skeemi (Raik, 1967) järgi kuuluvad Väinamere naabrusse jäävad maismaa--alad läänesaarte ja Lääne-Eesti ning põhjaranniku kliima rajooni. Väinamere enda klimaatilist režiimi naaberaladega võrreldes seni ei ole uuritud. Järgnevalt käsitletakse mõningate meteoroloogiliste faktorite kulgu Väinamere piirkonnas, eriti neid, millel Väinamere hüdroloogilise režiimi kujunemisel on oluline tähtsus (õhutemperatuur, tuul ja sademed). Neid on vaadeldud peamiselt "NSV Liidu kliimateatmiku" (Справочник по климату СССР, вып. 4, части I, II, III и IV) ja "Eesti NSV kliimaatlase" (1970) põhjal.

4.1. Temperatuuri-režiim.

Atmosfääri temperatuurirežiim Väinamere piirkonnas erineb mõneti ülejäänud Eesti rannikumere omast. See omapära on tingitud peamiselt Väinamere asendist avamere ja mandri vahel ning osaliselt ka kiirgusrežiimi iseärasustest.

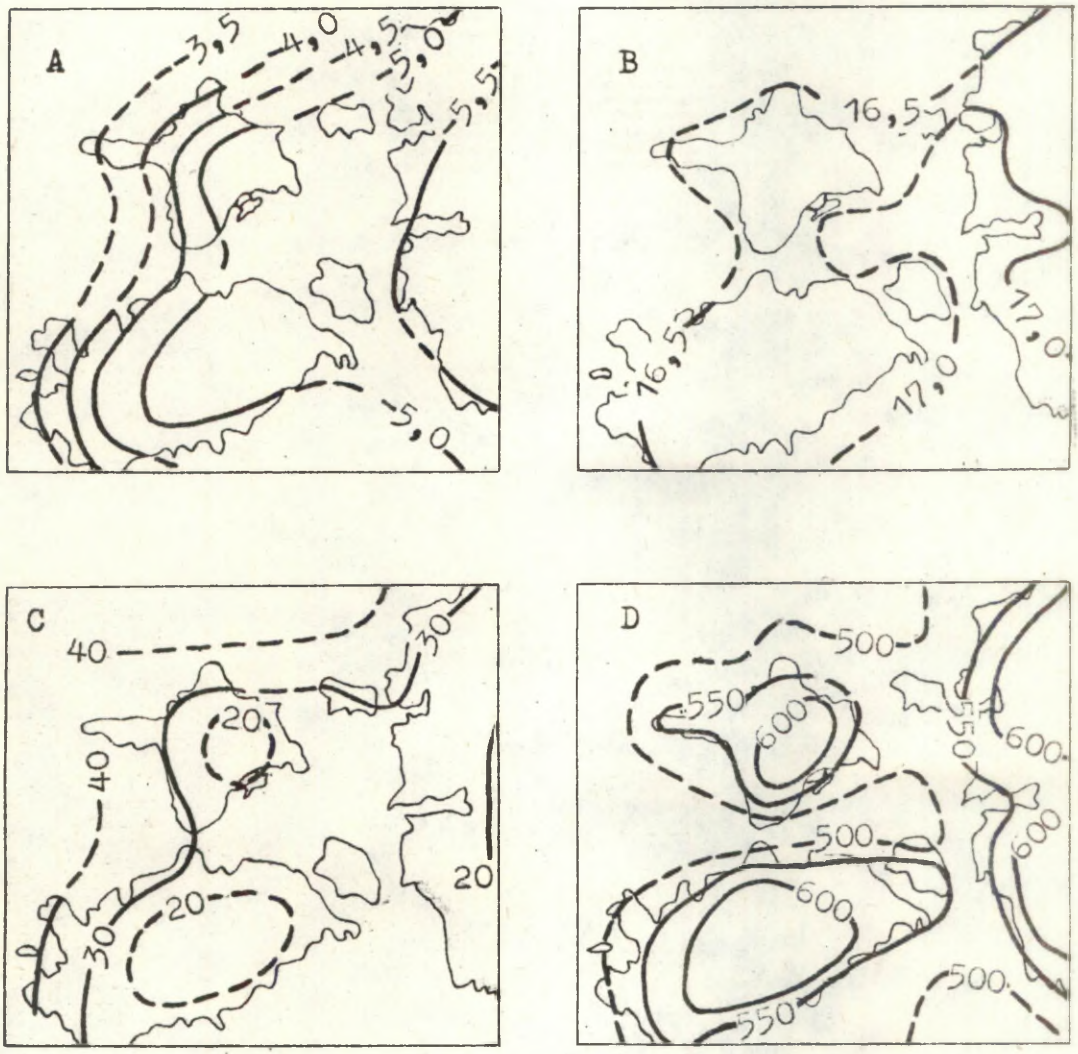
Kuna Väinamerele lähim jaam, kus aktinomeetrilisi vaatlusi on tehtud (Kuusiku), asub rannikust 80 km kaugusel sisemaal, siis seal mõõdetud päikesekiirguse andmed ei ole kasutatavad Väinamere kiirgusrežiimi iseloomustamiseks (Справочник по климату СССР, вып. 4, ч I). Väinamere nagu kogu Eesti lääneranniku ja saarte iseärasuseks Ida-Eestiga

võrreldes on suurem päikesepaiste kestvus, mis on vastavalt 1820 - 1870 tundi (umbes 45% võimalikust) ja 1630 - - 1700 tundi (umbes 40% võimalikust) aastas. Kõige pikem on päikesepaiste kestvus juunis, mil see on Väinamere ääres 295 - 300 tundi, saarte läänerannikul umbes 310 tundi ja Kagu-Eestis 270 - 280 tundi.

Jääkattes Väinameri koos Saaremaa ja Hiiumaaga moodustab talvekuudel justkui mandri läände ulatuva jätku, mida suurema osa talvest piirab loodest ja läänest ning küllaltki pikalt ka lõunast jäävaba meri. Talvekuude (jaanuar - märts) isotermid jälgivad hästi seda "poolsaart" (6.joon.). Väinamere piirkonnas on õhutemperatuuride erinevus ida- ja läänеosa vahel suurim jaanuaris, mil see ulatub 1,5°-ni (vt. 7. tabel). Aprilli õhutemperatuur on kogu ala kohal võrdlemisi ühtlane.

Mais ja juunis ilmneb hästi Läänemere erinevate osade veetemperatuuride mõju õhutemperatuurile. Madala Väinamere vesi soojeneb kevad-suvel kiiresti (vt. lk. 109). Läänemere põhjaosas, mis soojeneb tunduvalt aeglasemalt, on veetemperatuur samal ajal 3-4° madalam Väinamere omast. Seetõttu on Väinamere avamere-poolses osas õhutemperatuur madalam kui mandri rannikul. Sügisel tuleb selgesti nähtavale avamere soojendav mõju: Väinamere läänеosa õhutemperatuur on kõrgem idaosa omast.

Õhutemperatuuride kujunemisele Väinamere piirkonnas avaldab peale avamere ning maismaa-alade mõju ka veel veekogu enda temperatuur. Maismaa otsese mõju tõttu ei iseloomusta rannikujaamades mõõdetud õhutemperatuur täpsemalt



6. joon. Väinamere piirkonna keskmine õhutemperatuur veebruaris (A) ja juulis (B), tormituultega (≥ 15 m/s) päevade arv aastas (C) ja aasta keskmine sademete hulk (D). (Eesti NSV kliimaatlase, 1970 järgi).

7. tabel

Kuu ja aasta keskmine õhutemperatuur (°C) 1881–1960

Jaam	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	-3.9	-5.0	-3.3	2.6	8.4	13.4	16.5	15.9	12.0	6.6	2.0	-1.6	5.3
Heltermaa	-3.9	-4.8	-3.4	2.4	9.2	14.0	16.9	15.7	12.2	6.8	2.1	-1.4	5.5
Sõru	-3.3	-4.5	-2.9	2.9	8.8	13.3	16.7	15.9	12.1	6.8	2.6	-0.9	5.6
Raugi	-4.0	-5.3	-3.5	2.6	9.1	14.0	16.9	15.9	11.9	6.6	2.3	-1.3	5.4
Vilsandi	-2.3	-3.4	-1.9	3.0	8.0	12.6	16.3	16.1	12.6	7.6	3.4	0.1	6.0
Vigala	-5.5	-5.9	-3.4	3.3	9.8	14.2	16.9	15.1	10.9	5.6	0.7	-2.9	4.9

veekogu kohal oleva õhu temperatuuri. Nii ilmneb tuule pöördumisel merelt maale või vastupidi märgatav õhutemperatuuri muutus: kevadel on Väinamerelt tulev õhk jahedam, sügisel aga soojem maismaa kohal olevast. Selle erinevuse arvuliseks kindlakstegemiseks on vastavaid võrdlusvaatlusi tehtud liiga vähe. Ekspeditsioonilistel töödel merel mõõdeti ka õhutemperatuuri, kuid enamasti rannikujaamadest erineval kellaajal. Käesolevas töös esitatud veetemperatuuride kaartide (24-31.joon.) ja "Eesti NSV kliimaatlases" (1970) toodud kuu keskmiste õhutemperatuuride kaartide võrdlemisel ilmneb, et Hari ja Viire kurgus on maikuu keskmine veetemperatuur umbes 1° võrra õhutemperatuurist madalam. Suvekuudel on aga vesi Väinamere avaosas õhust umbes 1°, ranniku lähedal isegi 2° võrra soojem. Sügiskuudel on nende erinevus veekogu avaosas ja väinades veelgi suurem. Näiteks, novembri keskmine veetemperatuur on Hari ja Viire kurgus 4° võrra kõrgem õhutemperatuurist.

Kui absoluutsed maksimumtemperatuurid Väinamere äärsetes vaatlusjaamades ei erine oluliselt saarte lääneranniku ja sise-Eesti omadest, siis miinimumtemperatuuride erinevused on suuremad. Absoluutne miinimumtemperatuur on Väinamere ääres (vastavalt asendile) -33 kuni -35°C, saarte lääneranniku on see -32°C ja Väinamerest umbes 50 km idas (Sipa, Vigala) -38°C.

4.2. Tuuled.

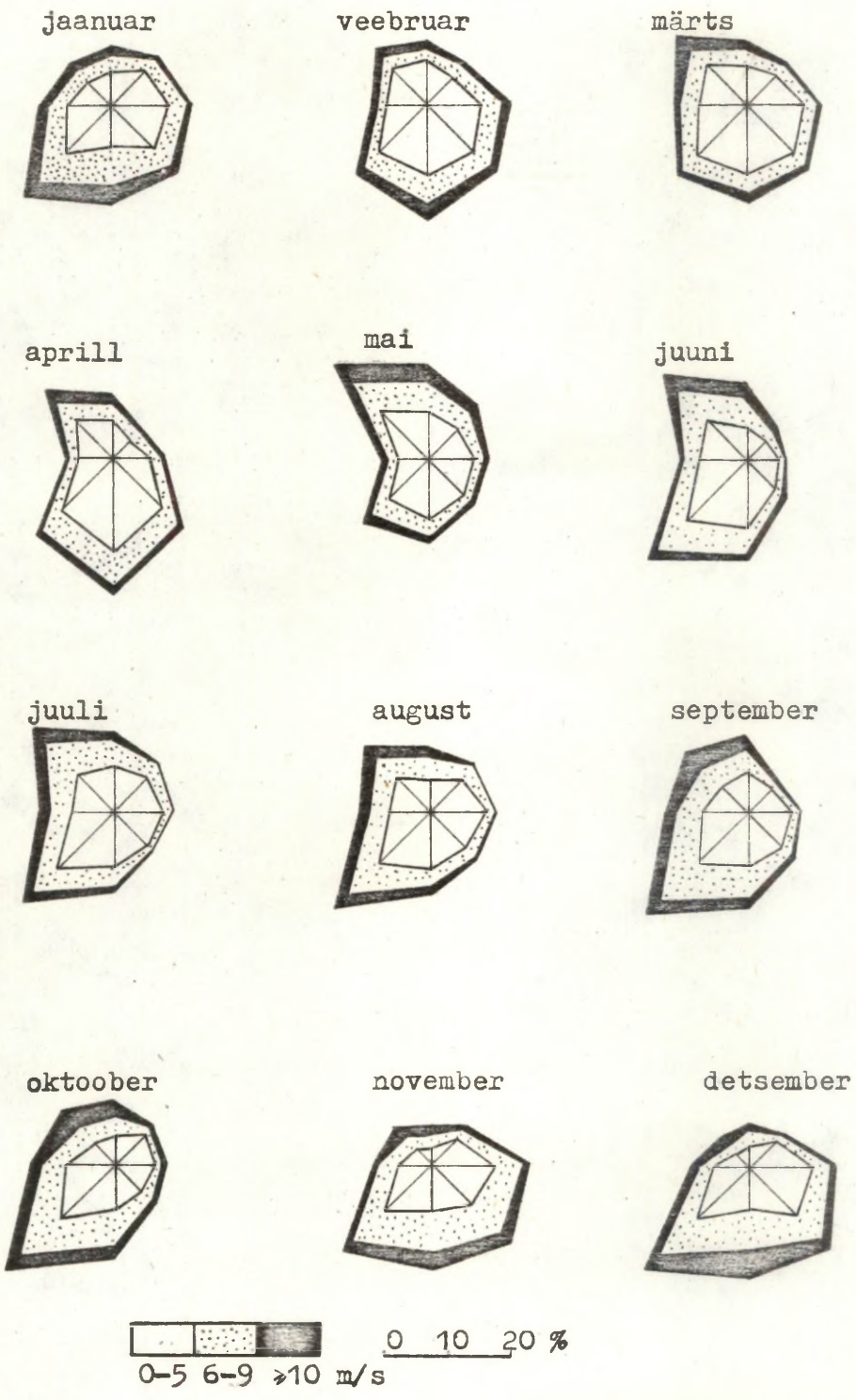
Tuul on olulisemaid Väinamere hoovusi, lainetust ja veetaseme kõikumisi esile kutsuvaid tegureid. Viimaste kaudu avaldab tuul omakorda mõju veekogu temperatuurile, vee värvusele ning läbipaistvusele ja rannikul toimuvatele geoloogilistele protsessidele.

Tuule suunad ja nende korduvus käsiteldaval alal ei erine oluliselt naaberalade omast. Väinamere piirkonnas, nagu kogu Eestiski, on valdavad edela- ja lõunatuuled, millede aastane korduvus on vastavalt 18% ja 16%. Vaatlusjaamade asendist tingituna esineb erinevusi neis registreeritud tuule suundade korduvuses (8. tabel). Saared ja väinad avaldavad kohalikku mõju tuule suunale. Muhu saare tõttu on Virtsus kõige väiksema korduvusega läänetuuled (9%), õhuvoolude vaba juurdepääsu tõttu mööda Suurt väina on aga suhteliselt suurem edela- (21%) ja loodetuulte (14%) korduvus (7.joon.). Sõrus on Saaremaa (Pammana poolsaare) mõjul lõunatuulte korduvus peaaegu sama suur kui kagutuulte korduvus.

8. tabel

Tuule suundade korduvus (%) aasta kestel

Jaam	Vaatlus-periood	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Vormsi	1951-58	11	9	10	13	16	16	10	15
Heltermaa	1959-62	11	7	8	14	18	18	13	11
Sõru	1948-62	9	10	12	12	13	17	15	12
Raugi	1946-57	10	8	8	12	18	20	12	12
Virtsu	1945-62	10	9	10	12	15	21	9	14



7. joon. Erineva kiirusega tuulte korduvus (%) suundade järgi Virtsus 1945 - 63.

9. tabel

Tuule suundade korduvus (%) kuude kaupa Vormsi, Heltermaa, Sõru, Kaugi ja Virtsu andmeil

Suund \ Kuu	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
N	8	8	9	12	16	12	12	1o	12	9	8	6	10
NE	9	10	9	10	13	7	1o	9	7	7	6	6	9
E	11	12	12	8	8	6	9	7	7	9	13	13	10
SE	13	14	13	15	9	9	8	11	11	11	19	17	12
S	19	17	15	17	11	13	12	13	16	18	20	21	16
SW	19	15	15	15	15	22	18	22	21	22	17	20	18
W	12	11	13	9	9	14	14	14	12	13	9	10	12
NW	9	13	14	14	19	17	17	14	14	11	8	7	13

9.tabelis on toodud keskmine tuule suundade korduvus viie kaldajaama vaatluste põhjal kuude lõikes. Ülaltoodud tabel peaks paremini kui üksiku eraldivõetud jaama andmed iseloomustama tuule suundade korduvust, sest kõigi jaamade keskmiste andmetena on siin teatud määral välditud üksiku jaama asendist tingitud iseärasused. Talvekuudel on ülekaalus lõuna- ja edelatuuled, sageli puhuvad ka kagutuuled. Väikseima korduvusega on talvel põhjakaarte tuuled. Kevad on üleminekuperiood talvisest tuulte jaotusest suvisele. Märtsis on suundade korduvus võrdlemisi ühtlane. Aprillis hakkab suurenema põhjatuulte osatähtsus. Mais on kõige sagedasemad põhja- ja loodetuuled. Suvel on ülekaalus edelatuuled, vähenenud on aga ida-, kagu- ja lõunatuulte korduvus. Sügisel on olukord lähedane suvisele. Novembris leiab aset suurem suundade vaheldumine: läänetuulte korduvus väheneb, kagutuulte korduvus aga suureneb.

Aasta keskmine tuule kiirus Väinamere rannikujaamade andmeil on 5–6 m/s, mis on väiksem kui avamere rannikul, kuid suurem kui Sise-Eestis. Kuude keskmine tuule kiirus kõigub 4 ja 7 m/s vahel (10. tabel). Tuule kiirus on väiksem kevadel ja suvel. Enamikus Väinamere äärsetes vaatlusjaamades on kõige nõrgem tuul juulis. Kõige tuulisemad kuud on november ja detsember. Tuule kiirus sõltub tuule suunast: avamere poolt puhuvate, s.o. läänekaarte tuulte keskmine kiirus on suurem mandrilt puhuvate tuulte keskmisest kiirusest. Üksikute vaatlusjaamade puhul ilmnevad aga ekspositsioonist tingitud erinevused: Heltermaal on kõige tugevamad idatuuled, kõige nõrgemad aga lääne- ja edelatuuled. Sõrus on aga kõige tugevamad edela- ning kõige nõrgemad põhjatuuled. Kuna Väinamere äärsed vaatlusjaamad on tuultele avatuse suhtes erineva ekspositsiooniga, siis peaks 10. tabelis toodud 5 vaatlusjaama keskmine tuule kiirus kuude lõikes kõige paremini iseloomustama Väinamere keskmist tuule kiirust.

Erinevate tuule kiiruste esinemise sagedust näitavad 11. tabel ja 7. joonis. Toodud andmeist järeldub, et suurima tõenäosusega (62–64%) puhuvad tuuled kiirusega 2–7 m/s. 10–15 m/s tugevusega tuuli esineb 10–13% tõenäosusega. Tugevaid tuuli (> 15 m/s) esineb harva, nende esinemise tõenäosus on Väinamere ääres vaid 1–2%, avamere ääres (Põõsaspea, Vilsandi) aga 4–5%. Maksimaalsed tuule kiirused Väinamere ääres on olnud 25 m/s (Virtsu), isegi 34 m/s (Vormsi). Tuuli kiirusega 20 m/s või rohkem esineb Väina-

10. tabel

Kuu ja aasta keskmine tuule kiirus (m/s)

Jaam	Vaatlus-periood	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	1951-58	6.5	5.0	4.7	4.7	4.9	4.8	4.9	5.3	5.8	6.2	6.8	6.7	5.6
Heltermaa	1959-62	5.4	5.2	4.3	4.4	4.2	4.4	4.0	4.2	4.4	4.8	5.4	5.6	4.7
Sõru	1946-62	6.6	5.6	5.3	5.5	5.2	5.3	5.1	5.7	5.8	6.4	6.6	6.8	5.8
Raugi	1946-57	6.2	5.6	5.2	5.4	5.4	5.1	4.9	5.1	5.2	6.2	6.7	6.4	5.6
Virtsu	1945-62	5.4	4.7	4.6	4.7	5.1	5.1	4.8	5.0	5.3	5.7	5.8	5.5	5.1
Keskmine		6.0	5.2	4.8	4.9	5.0	4.9	4.7	5.1	5.3	5.9	6.3	6.2	5.4
Vilsandi	1941-45, 1950-63	7.7	6.4	6.0	5.9	5.4	5.4	5.2	6.2	6.6	7.5	7.5	7.7	6.5
Kuusiku	1948-63	3.7	3.6	3.3	3.4	3.5	3.4	2.9	2.8	2.8	3.4	3.6	3.6	3.3

11. tabel

Tuule kiiruste korduvus (% juhuste üldarvust)

Jaam	kiirus (m/s)										
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	21-24
Sõru	8.5	18.2	27.2	18.6	12.9	7.7	3.7	1.6	1.2	0.4	0.05
Raugi	11.4	20.2	24.8	18.7	12.5	5.0	3.8	1.6	1.7	0.3	
Virtsu	18.1	19.8	23.8	17.9	9.3	5.1	3.2	1.4	1.0	0.4	0.01

mere ääres 2-4 korda, saarte läänerannikul aga 5-6 korda aastas (Кресса , 1970). Tormid ei kesta tavaliselt üle poole päeva. Erakordselt tugeva tormi ajal 6.-7. augustil 1967.a. püsisid aga tugevad tuuled (⩾ 15 m/s) Loode-Eestis üle ööpäeva - Osmussaarel 34,2 tundi ja Virtsus 29,4 tundi (Прохорова , 1968).

Tuulte iseloomustamiseks Väinamere keskosas ja väinades kasutas M. Mardiste (Мардисте М., 1967) 1962.a.rannikujaamades ja ekspeditsioonilistel töödel üheaegselt mõõdetud tuulte andmeid. Saadud andmete analüüs näitas, et kohalike iseärasuste tõttu ei ühtinud alati tuule suund rannikul ja merel. Tuule suund (määratud 16 rumbi järgi) langes ühte 30-45% vaatlustest (12. tabel). Suurem suundade ühte-

12. tabel

Väinamerel ja rannikul 1962.a.mõõdetud tuule suundade kokkulangevuse%võrdlus (Мардисте М., 1967 järgi).

Võrreldavad piirkonnad	Suundade ühtimine	Erinevus 1 rumb	Erinevus üle 1 rumbi	Vaatluste arv
Hari kurk ja Heltermaa	30.4	44.1	25.5	102
Voosi kurk ja Heltermaa	31.9	49.3	18.8	69
Soela väin ja Sõru	44.8	38.1	17.1	194
Suur väin ja Virtsu	39.3	37.1	23.6	224
Suur väin ja Heltermaa	39.4	36.4	24.2	33
Kassari laht ja Heltermaa	33.3	29.6	37.1	27

langevus Soela väina ja Sõru vahel on tingitud mõõtmiskohtade lähedusest. Lugedes määramistäpsuse piiril oleva üherumbilise (22,5°) erinevuse tühiseks, võib järeldada,

et tuule suund käsiteldava veekogu rannikul ja keskosas langeb enamasti ühte. Sama on leidnud kinnitust ühtlase sünoptilise situatsiooni juures Soome lahel veelgi suuremate vahemaade kohta J. Mihhailov ja V. Pisarevskaja (Михайлов , Писаревская , 1962) poolt.

Tuulte kiiruste võrdlemisel peame arvestama mõõtmiste teostamise erinevusi maal ja merel. Rannikujaamades asuvad tuulelipud 11-13 m kõrgusel, laevadel registreeriti tuule kiirust aga käsianemomeetri abil umbes 3 m kõrgusel merepinnast. 1962.a. võrdlusvaatluste põhjal leitud kiiruste parandite abil saadi nimetatud aasta keskmiseks tuule kiiruseks 3 m kõrgusel Väinamere keskosas ja väinades 5,7-5,9 m/s. Erineval kõrgusel esineva tuule kiiruse seose logaritmilise valemi (1)

$$u = u_1 \frac{\lg z - \lg z_0}{\lg z_1 - \lg z_0}, \qquad (1)$$

kus u - tuule kiirus kõrgusel z, u_1 - tuule kiirus kõrgusel z_1, z_0 - aluspinna karedusкoefitsient.

järgi osutus 1962.a. keskmine tuule kiirus Väinamere rannikujaamade tuulelippude kõrgusel 7,3 m/s (Мардисте м.,1967). Seega on tuule kiirus Väinamerel keskmiselt 1-2 m/s suurem kui rannikul. Väinamere üksikute osade vahel olid tuule kiiruse erinevused väiksemad kui rannikujaamade vahel, seega on tuule kiirus veekogu kohal ühtlasem kui rannikul. Erandi moodustavad tuule kiirused Soela väinas ja Sõrus: nende erinevus on vaid 0,1 m/s. Taolise kokkulangevuse põhjuseks on Sõru meteoroloogiaväljaku asend suhteliselt avatud rannikul.

4.3. Sademed

Väinameri on Eesti sademetevaesemaid piirkondi. Kui mandri-Eesti keskmine sademete hulk on 600-650 mm, siis Väinamere äärres langeb sademeid keskmiselt 490-550 mm aastas (6. joon.). Ainult Vaindlool ja Kihnus sajab veelgi vähem kui vaadeldavas piirkonnas. Väinamere sademetevaesus on tingitud arvatavasti veekogu asendist valdavate tuulte teel paiknevate saarte varjus (asendist kõrgustike varjus on ka Võrtsjärve ja Peipsi nõgu naaberaladega võrreldes sademetevaesemad). Eriti sademetevähesed on talvekuud (vt. 13. tabel), mil näiteks Raugil langeb ainult 64 mm sademeid (Haapsalus 104 mm). Aastas langeb sademetena Väinamere pinnale umbes 1 km^3 vett , mis moodustab ligikaudu 10 % veekogu mahust.

13. tabel

Kuu ja aasta keskmine sademete hulk (mm)

Jaam	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	35	27	25	27	35	38	54	70	65	63	55	42	536
Haapsalu	42	32	30	32	37	46	75	75	69	61	59	52	610
Sõru	32	20	16	26	32	33	55	73	66	56	48	39	496
Raugi	28	17	19	26	34	42	55	75	62	50	51	33	492

5. HÜDROLOOGILISED TINGIMUSED

5.1. Veetaseme kõikumised.

Keskmine veetase. 40-aastase perioodi (1901-40) vaatluste põhjal koostas N. Lazarenko (Лазаренко , 1961) Läänemere keskmise veetaseme kaardi. Pikaajaliste mõõtmiste tulemusena selgus, et mere keskmine veetase on Taani väinade suunas kaldu: mere lõunaosas on tase 15-16 cm madalam kui Soome ja Botnia lahe tipus.[1] N. Lazarenko järgi on veetase Väinamere piirkonnas 6-7 cm alla Kroonlinna nulli. Seda taset ei saa siiski võtta Väinamere keskmisena, sest N.Lazarenko ei kasutanud Väinamere ääres asuvate vaatlusjaamade andmeid, sealne tasemeterežiim aga erineb avamere omast. O. Lenskaja juhendamisel arvutati Tallinna Hüdrometeoroloogia Observatooriumis Väinamere keskmine tase, mille leidmiseks kasutatud vaatlusperiood erineb küll N.Lazarenko omast. Saadud tulemus on lähedane Kroonlinna nullile kõikides erinevate jaamade andmeil +2 ja -2 cm vahel Kroonlinna nullist (14.tabel).

Merepinna taseme kõikumised. Mere taseme kõikumised jaotatakse perioodilisteks, aperioodilisteks ja pikaajalisteks. Väinameres tuleb arvestada kõiki nimetatud meretaseme kõikumisi.

Perioodiliste kõikumiste hulka kuuluvad looded ja teatud määral ka veetaseme aastane käik. Loodete amplituud

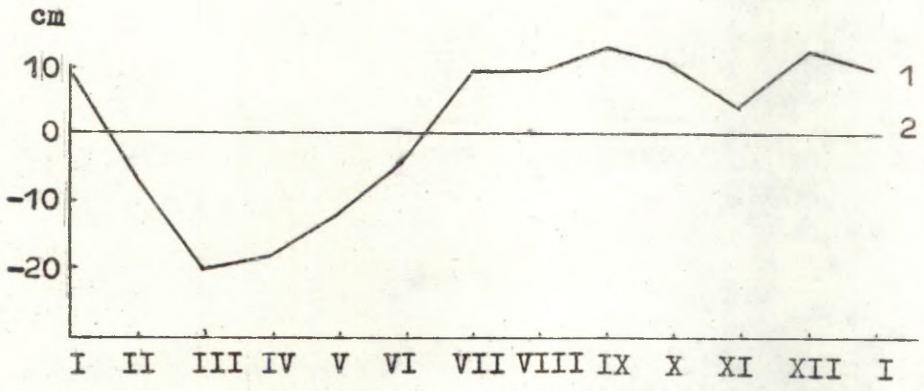
---

[1] Läänemere veetaseme üldist kallakust kirjeldas esimesena R.Witting (1918).

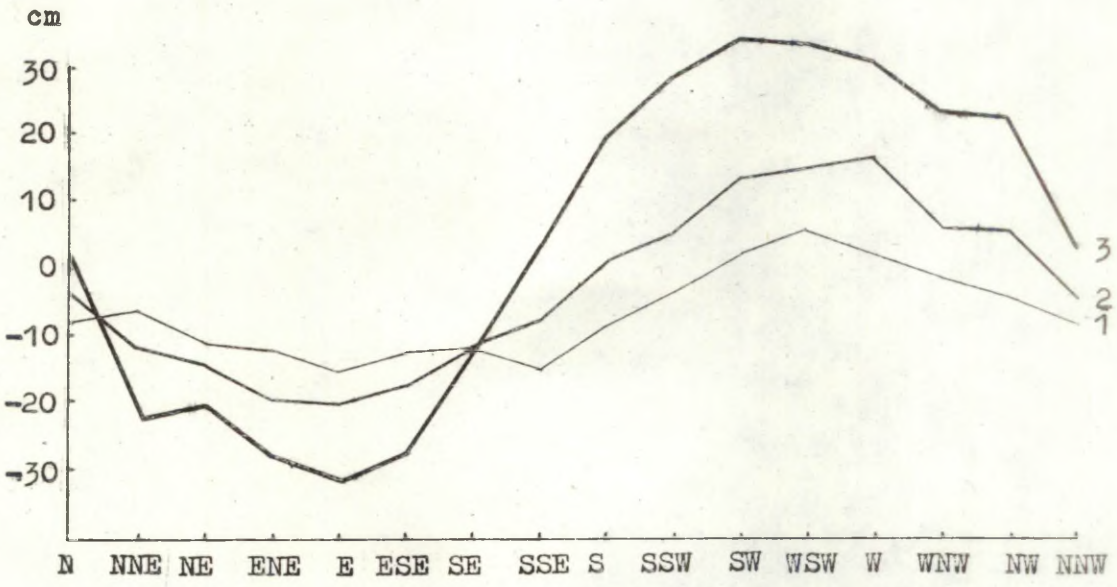
Läänemeres on väike: mere avaosas ja Soome lahe läänecosas on see alla 10 cm (Lisitzin, 1945; Sager, 1967; Михайлов , 1962). Loodete väikese amplituudi ja ka vastavate andmete puudumise tõttu (Väinamere ääres pole veetasemeid mareograafiga pidevalt registreeritud) jäävad looded Väinamere veetasemete kõikumise uurimisel arvestusest välja.

Veetaseme aastane käik oleneb hüdrometeoroloogiliste tingimuste kompleksi perioodilistest muutustest aastaaegade järgi. Aastaajalised veetaseme muutused on tingitud eelkõige õhurõhust, tuultest, vee juurdevoolust jõgede kaudu, sademete hulgast ja aurumisest. Kõigi nimetatud faktorite koosmõjul täheldatakse Läänemeres üldiselt veetaseme aastases käigus (kuude keskmiste veetasemete lõikes) kaks miinimumi ja kaks maksimumi. Peamine miinimum esineb mais, maksimum aga augustis, teisejärguline miinimum on täheldatav novembris, maksimum aga detsembris (Лазаренко ,1961). Üksikutes vaatluspunktides saabub taseme madalseis kas märtsis või aprillis, maksimum aga septembris või oktoobris. Saaremaa ja Hiiumaa läänerannikuil on madalaim kuu keskmine veetase aprillis (Vilsandi) või mais (Tahkuna), maksimum esineb enamasti augustis.

Väinamere veetaseme aastast käiku iseloomustab 8.joonis. Alla keskmise on veetase veebruarist juunini, üle keskmise aga juulist jaanuarini. Kõige madalam on meretase märtsis (Vormsi, Rohuküla, Heltermaa ja Sõru) või aprillis (Virtsu), mil see on 13-20 cm allapoole pikaajalist keskmist (14. tabel). Kõrgema veetasemega sügisel ja talve algul on kaks maksimumi: üks augustist oktoobrini, teine det-



8. joon. Veetaseme aastane käik Heltermaal 1950 - 65. 1 - kuu keskmine tase, 2 - aasta keskmine tase.



9. joon. Veetase Virtsus 1951 - 62 erineva suuna ja kiirusega tuulte korral. 1 - tuul 1 - 4 m/s, 2 - tuul 5 - 9 m/s, 3 - tuul ⩾10 m/s.

14. tabel

Kuu ja aasta keskmine veetase Väinameres (cm Kronlinna nullist)

Jaam	Periood	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	1923-58	4.4	-4.1	-10.6	-8.2	-11.6	-1.4	8.1	9.5	1o.7	14.8	7.1	9.2	2.3
Rohukülа	1937-65	2.4	-8.3	-17.6	-17.3	-16.4	-5.4	6.2	6.8	1o.4	5.8	1.2	7.0	-2.1
Heltermaa	1950-65	8.8	-6.8	-2o.4	-18.6	-12.7	-4.3	8.6	8.7	12.0	9.3	3.1	11.7	0
Sõru	1947-64	8.8	-3.9	-15.8	-14.8	-12.5	-4.6	6.1	6.8	9.7	1o.6	3.2	12.4	0
Virtsu	1889-1965	4.5	-2.5	-I5.7	-16.8	-15.9	-8.7	2.8	8.0	7.9	5.0	1.4	6.2	-2.0

Märkused: 1. Andmed puuduvad Rohukülа kohta VII 1941 - V 1950 ja Virtsu kohta 1894 - 1898, 1913 - VII 1947.

2. 15.-18. tabeli andmed on samast vaatlusperioodist nagu antud tabelis.

sembris. Enamikus vaatluspunktides ületab esimese maksimumi tase veidi teise oma. Ainult Sõrus on detsembri veetase oktoobri omast kõrgem. Nimetatud perioodil on Väinamere tase 10-12,5 cm aasta keskmisest kõrgem. Seega taseme aastane amplituud on 25-32 cm.

Veetaseme aperioodilised kõikumised Läänemeres jagunevad anemobaarilisteks ja inertskõikumisteks. Ebakorrapäraseid veetasemete muutusi kutsuvad esile just meteoroloogilised faktorid, milledest olulisem on tuul. Õhurõhu ja veetaseme vaheline otsene seos Eesti rannikul on nõrk (Kägi, 1939). Aju- ja paguveenähted on Läänemere piirkonnas põhjustatud peamiselt tuultest. Õhurõhu staatilise efekti mõjul kujunevad baromeetrilised taseme kõikumised. Harva esinevad baariliste süsteemide liikumisel üle mere tekkinud tormikerked (штормовые нагоны, storm surges), s.o. pikkade lainete kadumine piki merd või lahte (Лабзовский[n], 1971).

Läänemere idarannikul põhjustavad läänekaarte tuuled ajuvee, s.o. meretaseme tõusu, idakaarte tuuled aga paguvee, s.o. veetaseme languse. Veetaseme muutuse ulatus oleneb tuule tugevusest ja kestvusest. Väinamere taseme sõltuvust tuule suunast ja kiirusest näitab 9. joonis ja 15. tabel, mis põhinevad Virtsu puhul kokku 16 000 ja Sõru puhul 14 000 mõõtmisel. Kõige madalam on tase idatuulte ajal: Virtsus keskmiselt 20 cm alla Kroonlinna nulli, 10 m/s või veelgi tugevama tuulega aga 30 cm alla Kroonlinna nulli. Sõrus oli samade vaatluste ajal veetase vastavalt 14 cm ja 25 cm alla Kroonlinna nulli. Kõrgeima ajuvee kutsuvad

15. tabel

Väinamere keskmine veetase sõltuvalt tuule suunast ja kiirusest

Jaam	Tuule kiirus	N		NNE		NE		ENE		E		ESE		SE		SSE	
Vaatlus-periood	m/s	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n
	1–4	-8	173	-5	288	-10	337	-11	405	-15	454	-12	597	-12	435	-14	522
Virtsu	5–9	-2	229	-10	307	-15	233	-20	301	-23	298	-18	429	-16	381	-8	580
1951–62	⩾10	-1	78	-20	55	-20	32	-30	34	-36	23	-28	31	-19	49	-0	137
	keskm.	-4	480	-8	650	-13	602	-16	740	-19	775	-15	1057	-14	865	-10	1239
Sõru	1–4	2	388	-1	352	-4	395	-15	277	-8	415	-11	359	-6	378	-7	291
1951–55, 1957,	5–9	5	195	-4	210	-10	269	-13	310	-12	456	-12	341	-7	507	-2	338
1959–62	⩾10	18	21	-7	23	-18	32	-15	47	-26	66	-10	73	-8	153	4	129
	keskm.	3	604	-2	585	-7	696	-14	637	-12	937	-11	773	-7	1038	-3	818

Jaam	Tuule kiirus	S		SSW		SW		WSW		W		WNW		NW		NNW	
Vaatlus-periood	m/s	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n
	1–4	-9	376	-3	661	4	645	9	523	4	271	0	382	-4	277	-7	442
Virtsu	5–9	1	460	6	996	15	884	18	506	17	241	7	477	7	384	-5	693
1951–62	⩾10	20	145	31	267	34	174	36	117	38	58	25	184	23	210	4	270
	keskm.	0	981	6	1924	13	1703	16	1146	13	570	8	1043	8	871	-4	1405
Sõru	1–4	-2	299	0	231	0	215	-2	229	0	374	0	261	1	330	3	328
1951–55, 1957,	5–9	4	566	5	447	8	602	4	537	6	569	6	405	6	425	4	367
1959–62	⩾10	13	133	14	193	15	499	18	347	21	204	18	136	17	121	9	57
	keskm.	3	998	6	871	9	1316	7	1113	7	1147	6	802	5	876	4	752

esile edela- ja läänetuuled, millede ajal on veetase Virtsus keskmiselt 14 cm, 10 m/s ja tugevama tuulega isegi 34 cm üle Kroonlinna nulli. Sõrus oli veetase samal ajal vastavalt 9 ja 21 cm üle Kroonlinna nulli. Ajuvett Väinameres tekitavad läänekaarte tuuled lõunaedelast loodeni ja paguvett idakaarte tuuled põhjakirdest lõunakaguni.

Ekstreemsed tasemed. Läänemere aasta ja kuu keskmised tasemed sõltuvad põhiliselt tsüklonaalse tegevuse intensiivsusest Põhja-Atlandi, Põhjamere ja Läänemere kohal. On leitud hea seos Läänemere keskmise veetaseme ja õhurõhu vahel Islandi miinimumis (Лазаренко, 1961).

Kõrgeim aasta keskmine veetase Väinameres esines 1899. aastal, mil see ulatus 15 cm üle Kroonlinna nulli. Kõrge veetase oli veel 1903., 1921., 1948., 1949., 1961. ja 1967. aastal. Keskmisest tunduvalt madalam oli veetase 1937., 1939. (Rohukülas - 11 cm), 1941., 1947., 1951. (Virtsus - 12 cm) ja 1960.aastal (Virtsus 15 cm alla Kroonlinna nulli). Seega Virtsu vaatluspunkti andmeil ulatub Väinamere keskmise veetaseme amplituud aastate lõikes 30 cm-ni. Veetaseme kõikumises hulga aastate vältel perioodilisi muutusi leitud ei ole. Tavaliselt järgneb üksteisele mitu madala või siis jälle mitu kõrge veeseisuga aastat.

Hoopis suuremad on kuude keskmiste veetasemete erinevused. Kõrgema veetasemega kuud olid 1903.a. veebruar (veetase Virtsus +42 cm), 1913.a. detsember ja 1951.a. detsember (Virtsus +50 cm, Heltermaal +47 cm ja Haapsalus +53 cm). Väga madal oli veeseis 1947.a. veebruaris (Haapsalus - 55 cm) ja 1959.a. detsembris (Virtsus ja Raugi l

-54 cm, Heltermaal -48 cm). Eelnevast nähtub, et kuude keskmiste tasemete amplituud ulatub 1 meetrini.

Erakordselt kõrged või madalad veeseisud Läänemerel tekivad tavaliselt mitme teguri kokkulangemisel. Väga kõrgele tõuseb vesi siis, kui kõrge veeseisu perioodil puhuvad tugevad edela- ja läänetuuled ja kui varasemate tsüklonite poolt tekitatud pikkade lainete liikumiskiirus on ühtinud veetõusu tekitava tsükloni liikumiskiirusega. Taolised kogu merd ja selle lahti haaravad pikad lained tekivad tsükloni Läänemerest üleminekul või tugevate põhjatuulte järsul nõrgenemisel (Михайлов , 1960). Oma osa kõrgete veeseisude kujunemisel on rannajoone konfiguratsioonil ja põhjareljeefil. Tormituultele avatud lahtedes on veetõus suurem kui liigestamata rannikulõikudes (vrd. Pärnu lahega).

Väinamere kõrgeimad veetasemed (THMO andmeil) on toodud 16. tabelis. Suhteliselt tegasihoidlikud on veetõusud nõrgemate tuultega suvekuudel. Maist juulini on kõrgeim tase ulatunud 50 kuni 70 cm-ni, Heltermaal ja Sõrus on see veelgi väiksem. Väga kõrgele tõuseb vesi tormide ajal sügisel ja talvel, mil veetase meres on ka üldiselt kõrge. Kõrgeim veetase Väinameres mõõdeti 18. oktoobril 1967.a., mil see ulatus Heltermaal 148 cm-ni, Virtsus 150 cm-ni ja Rohukülas 157 cm-ni üle keskmise. Nimetatud aastal läks oktoobri keskpaiku üle Läänemere ridamisi tsükloneid, milledele kaasnenud tugevad läänekaarte tuuled tõstsid mere põhjaosa veetaset. Järsud tuule suuna ja õhurõhu muutused tekitasid umbes ühe ööpäevase perioodiga kogu merd haaravaid lainelisi

16. tabel

Kuu ja aasta absoluutne maksimumtase (cm) ja selle esinemise aasta

Jaam	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	99 1925	79 1943	75 1943	75 1938	47 1958	57 1938	55 1950	63 1943 1956	149 1924	101 1955	99 1930	98 1951	149 IX 1924
Rohukila	108 1952	79 1962	85 1961	83 1938	49 1958	69 1938	53 1965	79 1956	85 1954	95 1955	83 1938	107 1961	108 I 1952
Heltermaa	93 1952	80 1962	85 1961	53 1961	26 1955, 1958	47 1961	48 1950	60 1956	71 1962	71 1963	65 1964	84 1951, 1961	93 I 1952
Sõru	87 1956	73 1962	70 1961	51 1961	29 1958	43 1949	39 1961	51 1962	68 1954	73 1948	57 1948	84 1951	87 I 1956
Virtsu	118 1956	102 1962	113 1961	54 1961	65 1958	68 1901	58 1909 1958	87 1956	113 1903	1o4 1948	106 1899	114 1912	118 I 1956

kõikumisi. Erakordselt tugev torm 17.-18. oktoobril, mis puhkes tsükloni üleminekul merest, langes kokku ühega neist pikkadest lainetest. Selle kõrgus edasi liikudes üha kasvas, ulatudes Läänemere lõunaosas umbes 60 cm, Tallinna kohal juba 120 cm üle keskmise veetaseme. Väinameres saabus vee kõrgseis alles siis kui kõrgveelaine oli juba Tallinna juures (Алексеева, Колесникова , 1970).Kõrgveelaine hilinemise Väinameres tingisid kitsad sissepääsuteed sellesse akvatooriumi. Ka tuule otsene mõju veetõusu tekitajana oli Väinameres tõenäoliselt suurem kui avamere rannikul. Järsk merepinna tõus (61 cm) Heltermaal leidis aset 18. oktoobril kella 4 ja 6 vahel, see on pika laine Hiiumaast möödumise ajal. Seejärel pöördus tuul edelast loodesse ja tugevnes veelgi. Aeglane veetõus jatkus kuni kella 9-10-ni, mil saabus kõrgpunkt (148 cm üle keskmise taseme). Järgnes kiire (kuni 20-25 cm tunnis) meretaseme langus. Keskmisest meeter või rohkem üle püsis veeseis Heltermaal 7 ja Virtsus 10 tundi. Veelgi kõrgemale võis vesi tõusta ja kauem üleujutus kesta Haapsalu ja Matsalu lahes, kus sel ajal veetaset ei mõõdetud.

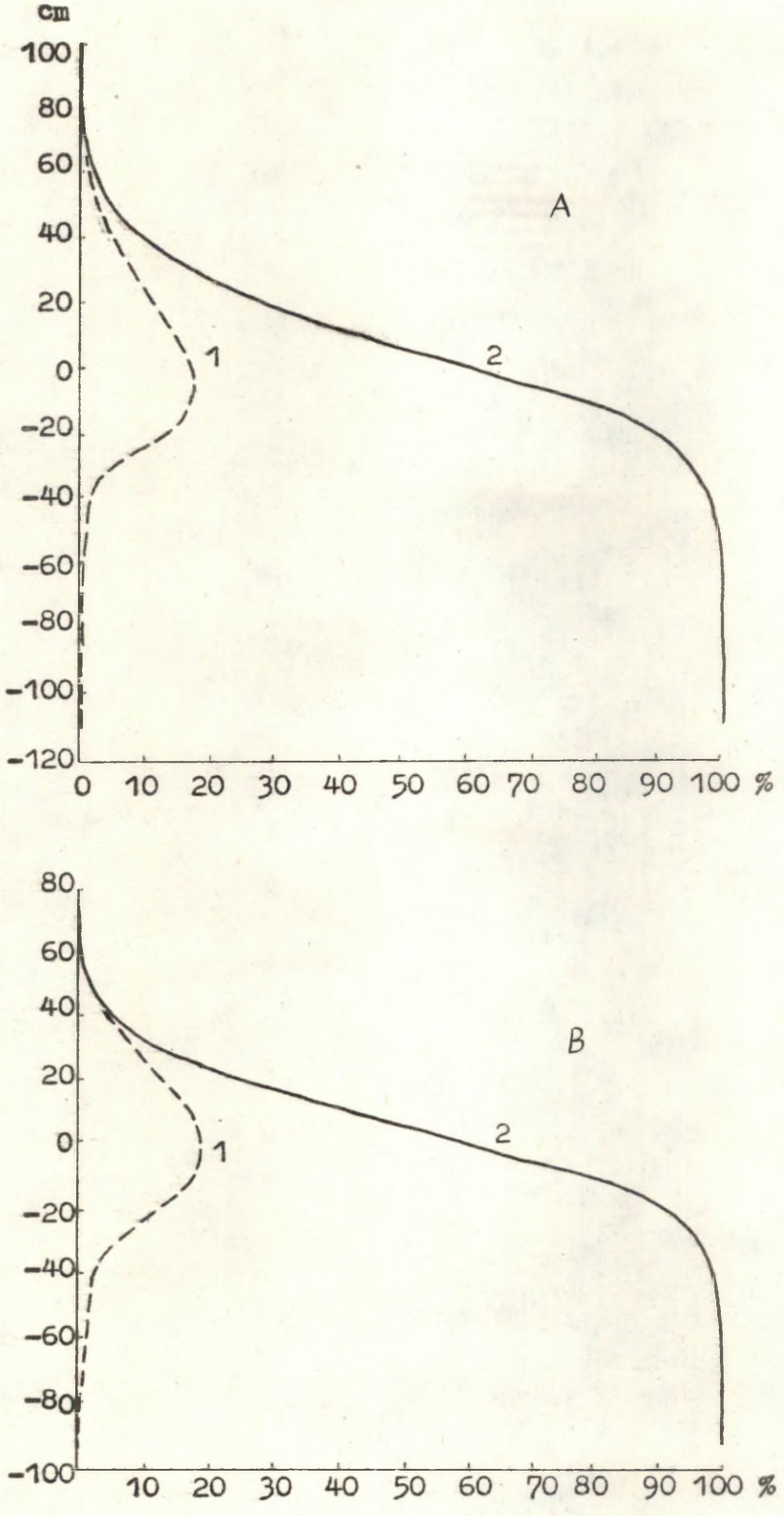
Ligikaudu sama kõrge oli veeseis 1924.a. septembris toimunud Leningradi üleujutuse ajal. Ainsa sel ajal Väinamere ääres tegutsenud Vormsi vaatlusjaama andmeil ulatus veeseisu maksimaalne tase siis 149 cm-ni. 19. novembril 1930.a. tõusis Matsalu lahes Keemu veemõõdu posti andmeil veetase 157 cm kõrgusele, Vormsis ulatus veetase siis 99 cm-ni üle Kroonlinna nulli.

Kestvate idatuultega veetase Läänemere idaosas langeb.

17. tabel

Kuu ja aasta absoluutne miinimumtase (cm) ja selle esinemise aasta

Jaam	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	-56 1940	-93 1954	-64 1954	-57 1934	-52 1941	-43 1941	-25 1958	-41 1947	-37 1930 1939	-51 1939	-56 1939	-53 1938	-93 II 1954
Rohukõila	-61 1953	-88 1954	-73 1964	-73 1958	-69 1941	-51 1941	-35 1948	-35 1955	-43 1939	-66 1939	-75 1951	-101 1959	-101 XII 1959
Heltermaa	-54 1960	-76 1951	-71 1964	-68 1958	-50 1965	-39 1963	-22 1958	-28 1955	-24 1955	-46 1960	-61 1951	-99 1959	-99 XII 1959
Sõru	-57 1950	-85 1954	-69 1964	-67 1958	-44 1959	-43 1963	-25 1958	-39 1947	-34 1947	-49 1960	-53 1959, 1960	-97 1959	-97 XII 1959
Virtsu	-80 1960	-95 1953	-77 1958	-84 1958	-66 1948	-50 1965	-41 1891, 1912	-56 1905	-46 1906	-67 1960	-81 1951	-112 1959	-112 XII 1959



10. joon. Veetasemete korduvus (1) ja tagatus (2) Virtsus (A) ja Sõrus (B) 1947 - 60.

17. tabelis on toodud Väinameres mõõdetud madalaimad veetasemed (THMO andmeil) kuude lõikes. Veetaseme langus on üldiselt väiksem kui tõus. Kõikjal on tase langenud umbes 1 m alla keskmise. Olemasolevate andmete järgi langes veetase Väinameres kõige madalamale 1959.a. detsembris. Kogu novembri ja ka detsembri alguse kestnud antitsiklonaalsed tingimused soodustasid idatuulte püsimist, mille tagajärjel veetase Läänemeres alanes. Atlandilt lähenev tsüklon põhjustas 8. ja 9. detsembril idatuule tugevnemise merel kuni 25 m/s (Алексеева , 1961; Пасторс , 1961). Selle tagajärjel langes veetase veelgi. Suurim oli meretaseme langus mandri rannikul. Virtsus mõõdeti veetase -112 cm, Riia lahe kaguosas isegi -130 cm. Mandri rannikust eemal asuvas Sõrus oli langus väiksem (-97 cm). Veetaseme kõikumise absoluutne amplituud Väinameres ulatub (1967.a. vaatlused kaasa arvatud) 240-260 cm-ni (18. tabel).

Veetasemete korduvust ja tagatust Virtsus ja Sõrus aastate 1947-60 kohta (mõlemis punktis ligi 5000 mõõtmist) näitab 10. joonis. Pika vaatlusperioodi andmeist ilmneb, et suuremaid kõrvalekaldeid keskmisest tasemest esineb siiski võrdlemisi harva. Vahemikus ±10 cm keskmisest on Väinameres veetase püsinud 30-35%, ±20 cm 60-65% ja ±30 cm 80-90% vaatlustest.

Kuna Väinamere piirkonna (samuti ka Saaremaa lõunaranniku) maapinna kallakus on üldiselt väiksem kui mujal Eesti rannikul (Wichmann, 1930), siis suuremate veetasemete kõikumiste ajal leiavad seal aset märgatavad veekogu pindala muutused. Laialaulatuslikumad on üleujutused olnud Haapsalu ja Matsalu lahe rannikul ning Vormsil ja Hiiumaa lõunaosas.

18. tabel

Kuu ja aasta veetaseme kõikumise absoluutsed amplituudid
(cm)

Jaam	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	155	172	139	132	99	100	80	104	186	152	155	151	242
Rohuküla	169	167	158	156	118	120	88	114	128	161	158	208	209
Heltermaa	147	156	156	121	76	86	70	88	95	117	126	183	192
Sõru	144	158	139	118	73	86	64	90	102	122	110	181	184
Virtsu	198	197	190	138	131	118	99	143	159	171	187	226	230

5.2. Hoovused.

Põhiline hoovusi tekitav jõud Läänemerel on tuul. Tuule muutlikkusest on tingitud hoovuste suur muutlikkus. Pikemaajaliste nõrkade tuulte (< 3 m/s) või tuulevaigete ajal, millede korduvus Väinamere piirkonnas on 30–40 % /Бетин, Пантелеев, 1966), on jälgitavad püsihoovused, mis tekivad peamiselt mageda vee juurdevoolu tõttu jõgedest. Veevoolu üldsuund on lahtedest Taani väinade poole. Taoline hoovuste skeem oli juba varem tuntud (Mey, 1927), kuigi paljud autorid (Palmen, 1930; Соскин, 1963 jt.) pooldasid vastupäeva kulgevat alaliste hoovuste süsteemi. I. Hela (1952) näitas Helsingi ja Tallinna tulelaevalt mõõdetud hoovuste andmete põhjal (kokku umbes 17 000 mõõtmist), et kevadkuudel, kui äravool jõgedest on suurim ja puhuvad nõrgad tuuled, on veevool kogu lahe ulatuses läände. Nagu mõõdunud aastakümnel tehtud hoovuste aerofotomõõdistused /Бетин, Пантелеев, 1968, 1970) näitavad, toimub tuulevaike ajal pindmine veevool mitme võrdlemisi tugeva voolusena Botnia ja Soome lahest mere lõunaosa suunas. Selle skeemi järgi on alaline hoovus Väinamerest Soela ja Suure väina kaudu välja.

Tuule tugevnemisel kujunevad Läänemeres kiiresti hoovused, mis üldiselt jälgivad tuule suunda. Seda näitavad nii teoreetilised arvutused (Svansson, 1959; Kowalik, 1969; Соскин, Денисов, 1957; Соскин, 1964/ kui ka otsestel mõõtmistel põhinevad tööd (Palmen, 1930; Hela, 1952; Соскин, 1961, 1962, 1964; Астох, 1964; Баранов, 1964, 1965, 1966,

1967, 1970; Бетин , Пантелеев , 1967, 1970 jt.). Rannalähedastes meredes muutub tuulehoovuste suund rannajoone mõjul. Juba käesoleva sajandi algul näitas V. Ekman, et rannalähedase pinnahoovuse kõrvalekalle sõltub tuule suunast kaldajoone suhtes ja mere sügavusest (Соскин , 1962).

Vahetult mõõdetud hoovused ei ole enamikul juhtudel puhtalt tuulehoovused. Tuule mõjul tekkinud veevoolu kõrval võib mõõdetud hoovuses olla veel teisigi komponente: tihedushoovus, loe- või paguvetehoovus jne. Nimetatud komponentide eraldamine tiivikuga mõõdetud hoovusest on aga raske. Enamasti opereeritakse vahetult mõõdetud hoovustega, mida on õige nimetada summaarseteks hoovusteks. Kuna käesolevas töös on hoovuste analüüsimisel kasutatud sumaarsete hoovuste andmeid, siis lühiduse mõttes kasutatakse mõiste "summaarne hoovus" asemel mõistet "hoovus".

Hoovuste kiirus. 19. tabelis on toodud hoovuste keskmised kiirused Väinameres erineva tugevuse ja suunaga tuulte korral. 20. tabelis on eraldi näidatud väinade kaudu Väinamerre sisenevate ja sealt väljuvate hoovuste kiirused. Esitatud andmete analüüs näitab, et hoovuste kiirus on otseselt sõltuv tuule suunast ja tugevusest. Kuna keskmine tuule kiirus Väinamere piirkonnas on 5–6 m/s (vt. lk. 55), on hoovuste iseloomustamiseks kasutatudki peamiselt 3–4 palliste tuultega mõõdetud hoovuste andmeid kui kõige lähemaid keskmistele tingimustele. Suurem osa hoovuste vaatlusi ongi selliste tuultega tehtud.

Summaarsete hoovuste keskmine suund (kraadides) ja kiirus (cm/s)

Tuul / Hoovused		M_5			M_9			M_{15}			M_{21}			M_{26}			M_{35}		
Suund	Tugevus	Suund	Kiirus	Vaatl. arv	Suund	Kiirus	Vaatl. arv	Suund	Kiirus	Vaatl. arv	Suund	Kiirus	Vaatl. arv	Suund	Kiirus	Vaatl. arv	Suund	Kiirus	Vaatl. arv
	1-2	161	17,9	10	144	14,7	7	-	-	-	287	9,4	9	-	-	-	163	17,4	7
N	3-4	161	22,6	35	147	19,1	22	160	9,0	13	275	18,2	14	154	10,0	9	167	17,9	23
	5-6	-	-	-	-	-	-	178	13,0	1	-	-	-	-	-	-	181	30,8	5
	1-2	162	18,5	4	140	11,0	1	345	10,0	1	299	15,6	7	209	3,3	3	155	9,2	6
NE	3-4	165	20,2	6	163	22,4	8	-	-	-	285	16,6	20	187	4,1	4	186	12,3	11
	5-6	158	45,0	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	7,7	3	269	20,0	1
	1-2	325	12,2	6	193	7,0	2	341	11,0	1	309	10,5	8	-	-	-	328	17,3	3
E	3-4	317	17,9	12	156	12,4	7	356	7,0	2	305	17,1	27	-	-	-	332	21,1	11
	5-6	-	-	-	150	22,0	1	175	16,0	1	288	30,3	3	190	11,0	1	-	-	-
	1-2	341	15,8	5	360	13,0	6	358	8,5	2	314	10,3	6	301	3,3	2	334	17,4	14
SE	3-4	333	18,2	25	341	17,7	17	338	7,5	8	314	11,6	22	331	6,2	5	332	20,7	27
	5-6	336	29,5	4	336	27,0	1	342	17,0	1	333	15,7	4	289	3,5	2	343	20,3	6
	1-2	339	11,7	7	347	13,2	8	7	9,0	5	92	13,4	11	22	4,2	4	336	15,2	17
S	3-4	350	20,4	31	349	22,8	20	353	12,3	1	92	15,4	20	59	6,4	18	346	22,9	24
	5-6	342	35,9	10	352	25,7	9	343	12,0	2	68	9,0	1	-	-	-	350	31,0	3
	1-2	63	7,0	7	-	-	-	44	6,0	4	96	13,7	9	-	-	-	314	12,4	17
SW	3-4	351	25,4	29	354	28,7	19	13	8,8	12	90	15,5	26	353	7,5	8	335	20,6	23
	5-6	347	32,9	8	343	38,7	9	354	18,0	4	97	25,3	6	325	11,5	2	327	31,6	11
	1-2	342	6,2	6	339	16,3	3	342	4,5	2	100	12,7	12	-	-	-	135	16,6	3
W	3-4	356	18,1	12	347	23,1	7	130	5,0	12	100	13,4	32	35	2,9	10	160	15,4	11
	5-6	345	30,3	3	341	29,0	2	17	12,0	1	118	21,0	2	-	-	-	-	-	-
	1-2	170	16,0	10	144	19,0	3	163	6,0	2	99	12,2	12	-	-	-	165	13,0	6
NW	3-4	158	25,7	36	134	16,2	15	152	6,7	10	102	13,4	28	158	5,9	8	168	20,7	21
	5-6	153	23,6	8	142	18,0	3	260	9,5	2	110	25,5	4	162	14,5	2	178	18,7	3

Hoovuste keskmine suund on leitud geomeetrilisel meetodil, s.o. üksikmõõtmiste vektorite summana. Kuna väinades on hoovuste suund enamasti vastav tuule suunale, siis need juhud, kui hoovuse suund oli vastupidine enamiku vaatluste põhjal leitud suunale, jäeti arvestusest välja. Taoliste juhuste lähem analüüs näitas, et enamasti oli tegemist tuule suuna muutumisega enne vaatlust, s.o. hoovused ei olnud jõudnud veel muutuda tuulele vastavaks (vt. lk. 85). Nende tuule suundade puhul, mis on hoovuste suuna vastupidiseks muutumise seisukohalt üleminekulisteks, kanti 19. tabelisse see hoovuse suund, mida vaatluste põhjal oli rohkem, hoovuste kaartidel näidati aga mõlema suuna esinemine (% juhustest).

Keskmised pinnahoovuste kiirused Hari ja Voosi kurgu ning Suure väina keskel on 20-22 cm/s. Selle lähedane või veidi suurem võib olla hoovuse kiirus Soela väina kitsamas osas. Otseste mõõtmiste järgi, mida tehti süstemaatiliselt väina idapoolsemas laiemas osas (ristprofiili pindala 14 700 m^2), on hoovuse keskmine kiirus 3-4 pallise tuulega küll 14,7 cm/s (208 mõõtmist), kuid taandades sealse keskmise vooluhulga (2000 m^3/s) väina kitsamale osale (ristprofiili pindala 8 100 m^2) saame pinnahoovuse keskmiseks kiiruseks umbes 25 cm/s. Viimati toodud keskmise kiiruse tõepärasusele viitavad ka aastail 1951-57 väina veidi laiemas avamerepoolses osas (süvendatud laevatee suudme läheduses) tehtud hoovuste mõõtmised. 3-4 pallise tuulega (39 mõõtmist) oli pinnahoovuse keskmine kiirus seal 21,4 cm/s. Väinamere suurimad keskmised voolukiirused esinevad Suures

20. tabel

Summaarsete hoovuste keskmine kiirus (cm/s) erineva tugevusega tuulte korral

Mõõtmispiirkond ja punkti nr.	Tuule tugevus (pallides) ja mõõtmiste arv (n)							
	1-2	n	3-4	n	5-6	n	1-6	n
Hari kurk (M_5)								
- väljuvad hoovused	10,3	31	20,7	109	33,6	26	20,8	166
- sisenevad hoovused	17,7	26	23,6	86	29,5	11	22,9	123
- keskmine	13,7	57	22,0	195	32,3	37	21,7	289
Voosi kurk (M_9)								
- väljuvad hoovused	9,2	22	21,0	74	30,9	23	21,5	119
- sisenevad hoovused	13,4	20	18,7	46	18,0	3	16,6	69
- keskmine	11,2	42	20,8	120	28,0	26	19,8	188
Soela väin (M_{21})								
- väljuvad hoovused	11,8	34	15,3	95	21,5	8	14,7	137
- sisenevad hoovused	12,9	51	14,1	113	23,5	13	14,5	177
- keskmine	12,5	85	14,7	208	22,7	21	14,6	314
Suur väin (M_{35})								
- väljuvad hoovused	14,0	22	17,4	66	25,5	9	17,4	97
- sisenevad hoovused	15,0	51	21,4	85	28,2	20	20,1	156
- keskmine	14,7	73	19,6	151	27,3	29	19,1	253
Väinamere idaosa (M_{15})	7,3	16	8,2	67	14,3	11	8,7	94
Kassari lahe idaosa (M_{26})	3,8	9	6,3	62	9,1	9	6,3	80

väinas Muhu ja Kesselaiu vahel. Väina kitsaimast osast veidi põhja pool sooritatud 30 mõõtmist 3–4 pallise tuulega andsid keskmiseks hoovuse kiiruseks 27,3 cm/s.

Väinamere avaosas on hoovuste keskmine kiirus umbes 3 korda väiksem kui sama tugeva tuulega väinades. Kõige nõrgem on vee liikumine Kassari lahes, kus hoovuste keskmine kiirus on vaid 5–6 cm/s.

Hoovuste maksimaalsed keskmised kiirused 3–4 pallise tuulega on järgmised: Hari kurgus – 26 cm/s (loodetuul), Voosi kurgus – 29 cm/s (edelatuul), Suure väina lõunaosas – 23 cm/s (lõunatuul) ning Muhu ja Kesselaiu vahel – 31 cm/s (lõunatuul). Suuremate voolukiiruste esinemisi nimetatud tuulesuundade korral on seletatav rannajoone konfiguratsiooniga: nimetatud suunast puhuvad tuuled suruvad vee väinadesse nagu lehtrisse.

Tugevate tuultega tekivad väinades väga tugevad hoovused. Pärastõja aastail mõõdeti maksimaalsed hoovuste kiirused Hari kurgus 75 cm/s, Voosi kurgus 58 cm/s, Soela väinas 54 cm/s, Suures väinas Kesselaiu ning Muhu vahel 75 cm/s ja Kassari lahe keskosas 29 cm/s (21.tabel). Tuule tugevus oli mõõtmiste ajal kuni 5–6 palli, sealjuures on vaatlusi nii tugeva tuulega tehtud siiski võrdlemisi vähe. Veelgi tugevamate tuultega võivad väinades esineda hoovused kiirusega üle 100 cm/s.

21. tabel

Maksimaalsed mõõdetud pinnahoovuste kiirused (cm/s) Väinameres

Mõõtmiskoht \ Tuule suund	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Hari kurk (M_5)	57	75	31	38	48	62	58	53
Voosi kurk (M_9)	46	34	30	38	58	57	43	40
Soela väin (M_{21})	40	43	42	24	40	40	54	36
Suur väin (M_{35})	45	46	49	50	46	49	43	46
Suur väin (M_{31})	45	35	55	35	75	50	55	41
Kassari laht (M_{25})	15	9	23	9	29	9	14	11
M_{15}	15	7	16	18	26	26	18	20

1906.a. novembris mõõtis J. Mey Soela väinas suurima teadaoleva voolukiiruse Väinameres - 204 cm/s (Mey,1922). Milline tuul seekord puhus, ei ole kahjuks teada. Sama autori järgi on suurim mõõdetud pinnahoovuste kiirus Hari kurgus 77 cm/s, Suures väinas 103 cm/s ja Voosi kurgus 154 cm/s.

Sügavamates merevee kihtides hoovuste kiirus üldiselt väheneb. Väinamere madaluse tõttu on aga põhjalähedaste hoovuste (mõõdetud 0,5–1 m põhjast) kiirus siiski võrdlemisi suur (22.tabel). Nii on Hari kurgu keskosas põhjalähedane hoovus (10 m sügavuses) pindmisest 9 cm/s võrra nõrgem, Voosi kurgu keskel (5 m sügavuses) 8 cm/s võrra nõrgem, Soela väina keskel (8 m sügavuses) 3 cm/s võrra nõrgem ja Viire kurgu keskel (19 m sügavuses)4 cm/s võrra nõrgem pindmise hoovuse kiirusest. Suuremad kiiruste erinevused esinevad nende tuulesuundade korral, mis põhjus-

22. tabel

Põhjalähedased hoovused 3–4 palliste tuultega

Vaatluspunkt	M_5			M_9			M_{21}			M_{35}		
Tuule suund	Suund	Kiirus	n	Suund	Kiirus	n	Suund	Kiirus	n	Suund	Kiirus	n
N	153	13,5	26	149	14,8	12	277	12,9	11	150	17,7	21
NE	155	12,0	6	159	18,1	9	283	14,1	9	153	13,3	16
E	334	14,1	7	-	-	-	288	12,8	20	319	12,6	11
SE	337	14,8	13	149	12,5	8	305	7,2	13	333	13,2	27
S	340	19,4	23	328	18,1	19	93	12,6	20	334	13,5	27
SW	338	22,1	22	339	20,6	18	98	12,2	19	322	18,7	30
W	339	17,3	9	335	16,1	8	99	12,6	25	145	12,7	14
NW	161	17,3	20	156	14,9	11	100	10,9	19	146	21,1	16

n – mõõtmiste arv

tavad suurimaid pinnahoovuste kiirusi. 3–4 pallise tuulega on põhjahoovus pinnahoovusest keskmiselt 8–9 cm/s võrra nõrgem. Väga tugevate pinnahoovuste esinemisel on veevool kogu profiili ulatuses tugev. Näiteks oli 25. novembril 1969.a. Hari kurgus hoovuse kiirus pinnal 75 cm/s, 5 m sügavuses 62 cm/s ja 10 m sügavuses 57 cm/s.

Tuulekoefitsient. Hoovuse kiiruse sõltuvust tuule kiirusest iseloomustab tuulekoefitsient $\varkappa$, mille all mõistetakse pinnahoovuse kiiruse v (cm/s) suhet tuule kiirusega w (m/s):

$$\varkappa = \frac{v}{w}$$

Tuulekoefitsiendi keskmised väärtused Väinamere eri-

nevates osades on toodud 23. tabelis. Neist andmetest selgub, et keskmise tuulekoefitsiendi suuruseks väinades on ligikaudu 5. See arv on suurem L.G.Zelgeri poolt arvutatud

23. tabel

Tuulekoefitsiendid (λ) Väinamere piirkonnas

Mõõtmispiirkond ja punkti number	Kõik vaatlused		Sisenevad hoovused		Väljuvad hoovused	
	λ	n	λ	n	λ	n
Hari kurk (M_5)	4,92	249	5,22	110	4,71	139
Voosi kurk (M_9)	4,87	165	5,42	63	4,58	102
Soela väin (M_{21})	4,11	295	4,17	169	4,03	126
Suur väin (M_{35})	4,95	251	5,21	157	4,51	94
Väinamere idaosa (M_{15})	2,43	113	-	-	-	-
Kassari laht (M_{25})	2,14	49	-	-	-	-

tuulekoefitsiendi väärtustest (keskmiselt 3-4). Erinevus on tingitud asjaolust, et L.G.Zelgeril oli kasutada tänapäevaga võrreldes palju vähem andmeid, ja Väinamerele on iseloomulik, et sisenevate hoovuste koefitsient on suurem kui väljuvate hoovuste koefitsient. Selle põhjuseks on erinevus tuule mõjule alluva veepinna ulatuses. Väinamerre vett sisse suruv tuul puhub hoopis suurema veevälja kohal kui seda on Väinameri, kust eelnevatele vastupidiste suundadega tuuled vett välja ajavad. Seda näitavad ka veetaseme kõikumised - taseme tõus on suurem kui langus sama tugevusega tuule korral (vt. lk.67).

Tuule tugevnemisega tuulekoefitsiendid vähenevad (24. tabel). Kui 1–2 pallise tuulega on koefitsient Hari ja Voosi kurgus ning Suure väina keskel 7,4, siis 5–6 tuulega vaid 3,5–4,0.

24. tabel

Tuulekoefitsiendi (λ) sõltuvus tuule tugevusest

Tugevus pallides	1 – 2		3 – 4		5 – 6	
Punkti nr.	λ	n	λ	n	λ	n
M_5	7,40	41	4,89	172	3,97	24
M_9	7,42	35	4,36	103	3,52	27
M_{21}	4,92	75	3,71	207	2,79	23
M_{35}	7,35	73	3,98	148	3,88	30
M_{15}	3,70	24	2,17	71	1,63	17

Kui on teada tuule kiirus 3–10 m/s vahemikus, võib pinnahoovuse ligilähedase kiiruse leidmiseks väinades kasutada järgmist valemit:

$$w = 0{,}05\ v,$$

kus w – hoovuse kiirus (m/s),

v – tuule kiirus (m/s).

<u>Hoovuste suuna stabiilsus ja tuule kestvuse mõju hoovustele.</u> Hoovuste suuna varieeruvust antud tuule suuna korral näitab hoovuste stabiilsus (η), mis leitakse järgmise valemi abil

$$\eta = \frac{v_g}{v_a} \cdot 100,$$

kus v_g - summaarse hoovuse geomeetriliselt leitud kiirus, cm/s,

v_a - summaarse hoovuse aritmeetiliselt leitud kiirus, cm/s.

Hoovuste stabiilsus on kitsastes väinades võrdlemisi suur - 60-100%. Stabiilsemad on hoovused Suures väinas, kus hoovuste keskmine stabiilsus on 80%. Hoovuste suunad on muutlikumad just selliste tuule suundade korral, mil toimub hoovuste suuna muutus - Hari kurgus kirde- ja läänetuulte, Voosi kurgus idakagu- ja loodetuulte, Suures väinas idakirde- ja Soela väinas põhja- ja lõunatuulte ajal.

Hoovuste suuna muutumise ja tuulele vastava hoovuse kiiruse saavutamise aja kohta on olemas võrdlemisi vähe otseseid vaatlusandmeid. Järgnevalt esitatakse neist mõned näited.

29. juunil 1962.a. puhus Suure väina kohal nõrk edelatuul. 15 m sügavusele paigutatud hoovuste isekirjutaja näitas Väinamerre sisenevat hoovust kiirusega 8-12 cm/s. Kell 17 pöördus tuul põhja ja tugevnes kuni 7-8 m/s.Kell 19 esines veel nõrk hoovus põhja, aga juba kell 21 oli hoovus suunatud lõunasse ja selle kiirus oli 23 cm/s.Kuigi kogu järgneva ööpäeva vältel puhus loodetuul 8-10 m/s, oli hoovuse kiirus umbes 25 cm/s. Antud juhul toimus hoovuse suuna muutus 2-3 tunni vältel ja selle kiirus saavutas antud tuulele vastava suuruse 4-5 tundi peale

tuule suuna muutumist. Ühel teisel juhul, mil toimus loodetuule järkjärguline üleminek edelatuuleks, muutus Suurest väinast väljuv hoovus sisenevaks hoovuseks 4–5 tunni jooksul ja selle kiirus jäi püsivaks 10–12 tunni pärast tuule suuna muutumist. Uue hoovuse tekitanud tuul oli võrdlemisi nõrk – 3–7 m/s.

Soela väinas saavutas hoovusekiirus vastavuse tuule kiirusele (3–7 m/s) 4–5 tundi peale väljuva hoovuse asendumist sisenevaga.

Hari kurgus asendus väljuv hoovus sisenevaga alles 12 tundi peale nõrga lõunatuule pöördumist põhjatuuleks (2–5 m/s). Ühel teisel juhul, mil loodetuul (4–5 m/s) läks üle lõunatuuleks (5–7 m/s), muutus sisenev hoovus väljuvaks 2–3 tundi pärast tuule suuna muutumist. Hoovuse kiirus saavutas vastavuse tuule kiirusele 6–7 tundi peale tuule suuna muutumist.

Olemasolevate andmete põhjal võib väita, et peale järsku tuule suuna muutumist ja tuule tugevnemist 4–5 pallini muutub hoovus väinades suunalt vastupidiseks 3–4 tunni jooksul ja selle kiirus vastavaks tuule kiirusele 5–6 tundi peale tuule suuna muutumist. Tuule suuna aeglasel ülemineku, samuti nõrkade tuulte puhul muudab hoovus oma suunda alles 6–10 tundi hiljem ning hoovuse kiirus muutub püsivaks 10–12 tundi pärast tuule suuna muutumist.

Kirjanduse andmeil (Бетин, Пантелеев, 1970) muutub pinnahoovus ka avamerel peale tuule suuna muutumist niisama kiiresti püsivaks. I.M. Soskini (Соскин, 1964) järgi

kulub Soome ja Riia lahes hoovuste püsivaks muutumiseks ja ka hääbumiseks peale tuule vaibumist umbes pool ööpäeva.

Hoovused erinevate suundadega tuulte korral. Nagu juba mainitud, on põhiline hoovusi tekitav faktor Läänemerel tuul. Rohke faktilise materjali põhjal on koostatud hoovuste skeemid erinevate tuulte puhul Riia lahes (Баранов, 1970), mõningate tuule suundade puhul ka Läänemere keskosas (Бетин, Пантелеев , 1970). Neist nähtub, et hoovused ei kulge ühtse kindlasuunalise voolusena, vaid esinevad suuremate või väiksemate keeristena. Viimaseid kutsub esile peamiselt liigestunud rannajoon ja saared. Keeriseid esineb ka vähem liigestunud rannajoonega Riia lahes.

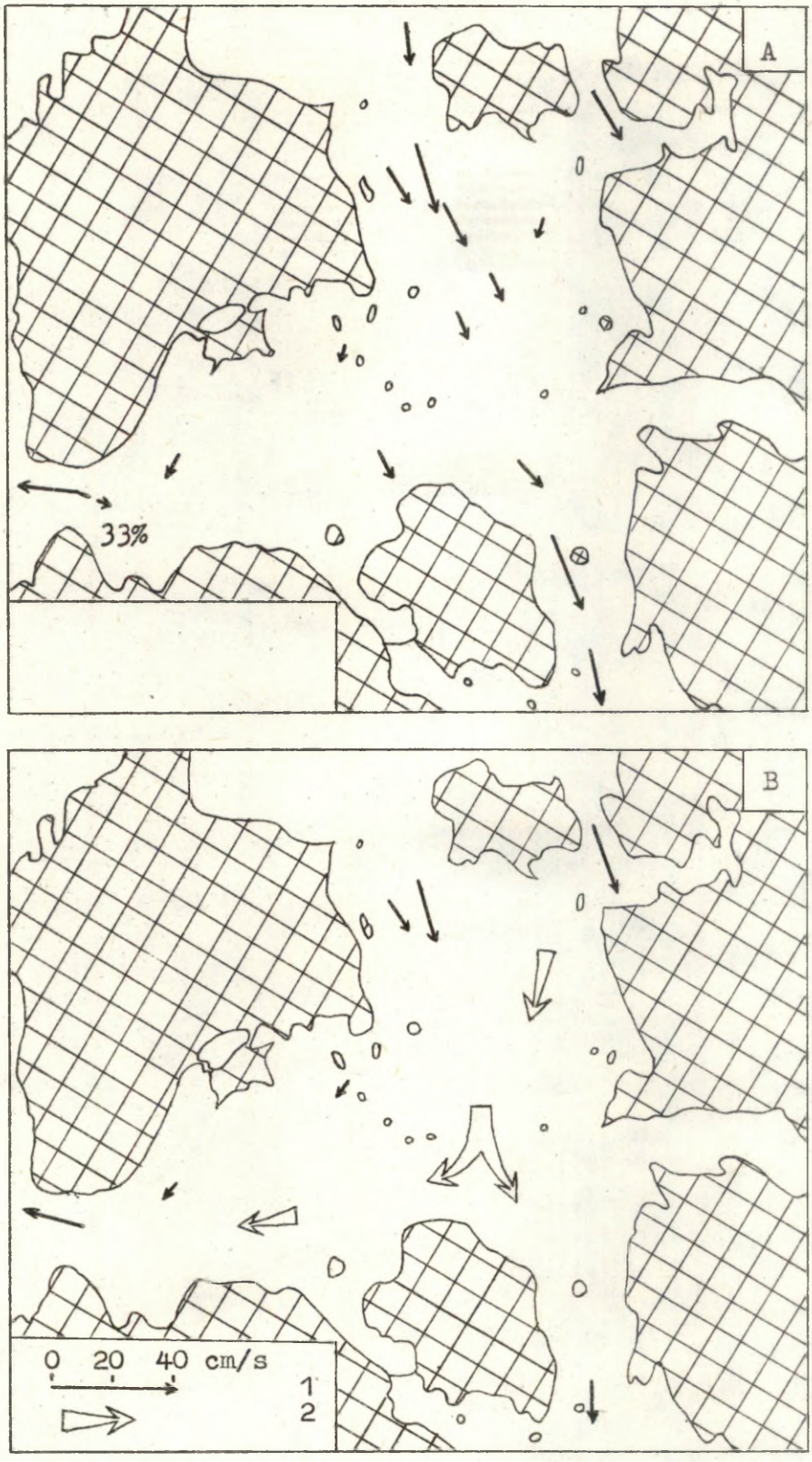
Kuni 1964.aastani tehtud süstemaatiliste vaatluste põhjal koostati käesoleva töö autori poolt Väinamere hoovuste skeemid, kus hoovused olid jaotatud kuude gruppi (Мардисте, 1964). Mõõtmiste arvu suurenemisel aga ilmnes, et iga tuule suuna puhul (8 rumbi) erineb hoovuste skeem naabersuundade omast. Seetõttu ongi järgnevalt käsitletud hoovusi 8 erineva tuule suuna puhul.

Väheste vaatlusandmete põhjal rõhutati varem (Рудовиц , 1930) pinna- ja põhjahoovuste võrdlemisi sageli esinevat vastassuunalisust (eriti Suure väina - Hari kurgu joonel). Rohkearvulised hilisemad mõõtmised seda aga ei

kinnita. Suhteliselt sügavas Suures väinas on pinna- ja põhjahoovuse suund olnud vastupidine 4–5 % mõõtmistel, Hari kurgus ja Soela väinas on see ilmnenud ainult umbes 2 % juhtudel. Enamasti on siis hoovuste kiirused olnud väikesed - alla 10 cm/s. Vastassuunaliste hoovuste esinemine väinades on valdavalt tingitud tuule suuna muutumisest enne mõõtmist: uue suunaga tuule mõju ei olnud veel jõudnud sügavamatesse veekihtidesse.

Hoovused põhjatuultega. Pinnahoovuste süsteem Väinameres nimetatud tuule korral on toodud 11.joonisel. Põhjatuule mõjul surutakse vesi läbi Hari ja Voosi kurgu Väinamerre. Peamine veevool kulgeb Hari kurgust lõunakagusse ja väljub läbi Suure väina Riia lahte. Voosi kurgu osatähtsus veevahetuses on väina väiksema ristlõike tõttu tunduvalt väiksem kui Hari kurgul. Veevool Voosi kurgust läbib peamiselt Hobulaiu ja mandri vahelise väina ja Rukkirahust edelas ühineb Hari kurgust tuleva hoovusega.

Läänemere hoovuste aerofotomõõdistamine näitas, et tugevamate, enamvähem sirgjooneliste veevoolude kõrval esinevad keerised, mis põhilisest veevoolust paremal pöörduvad päripäeva ja vasakul vastupäeva (Бетин • Пантелеев, 1968). Ka Väinameres esineb väinadest tulevate tugevate hoovuste kõrval veekogu avaosas keeriseid. Seda näitavad 1964.a. Haapsalu Eeslahes tehtud mõõtmised. Põhjakaarte tuultega, mil leiab aset veevool Voosi kurgust läbi Hobulaiu ja mandri vahelise väina lõunasse, kujuneb Eeslahes vastupäeva kulgev hoovus. Lõunakaarte tuultega on olukord vastupidine.



11. joon. Pinnahoovused 3 - 4 palliste põhja- (A) ja kirdetuultega (B). 1 - hoovuste keskmine suund ja kiirus mõõtmisandmeil, 2 - oletatav hoovuste suund.

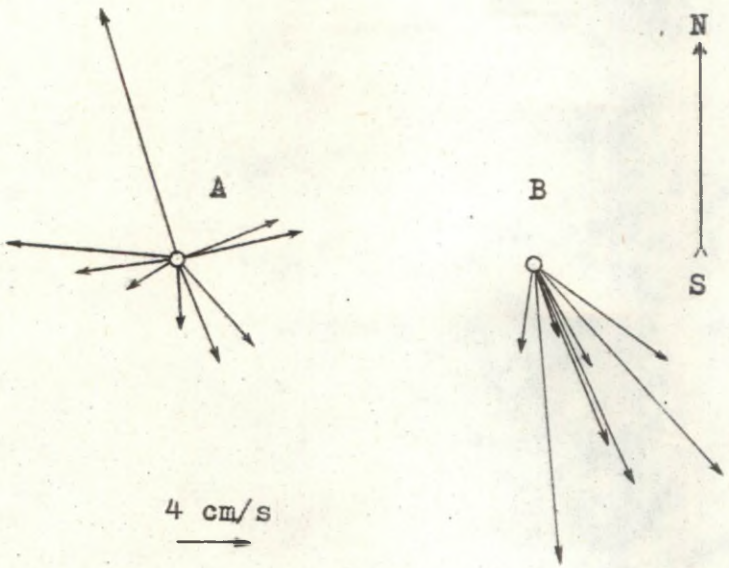
Hari kurgust Suurde väina kulgevast põhihoovusest pöördub osa lõunaedelasse ja voolab läbi Hiiumaa rannikult kagusse kulgeva laidudeaheliku Kassari lahte. Olemasolevad mõõtmisandmed ei võimalda Kassari lahe hoovuste skeemi (ka teiste tuule suundade puhul) veel vajaliku täpsusega välja joonistada. Keskmise tugevusega tuulte puhul on Kassari lahe keskel hoovuse suund võrdlemisi nõrgalt seotud tuule suunaga, lahe idaosas aga tuulte ja hoovuste suunad enamvähem ühtivad (12. joon.).[1]

Hoovuste iseloom ida-läänesuunalises Soela väinas põhjatuulte korral ei ole veel päris selge. Põhjatuultega on Soela väina keskel (M_{21}) hoovusi mõõdetud 37 korral. Neist 23 juhul oli hoovus Väinamerest välja ja 14 juhul sisse. 3–4 palliste tuulte ajal oli hoovuste suund vastavalt 14 juhul Väinamerest välja ja 7 juhul Väinamerre sisse, kusjuures väljuva hoovuse keskmine kiirus oli 18,2 cm/s ja siseneva hoovuse kiirus aga 11,6 cm/s. Nagu eelnevast nähtub on hoovus Soela väinas põhjatuulte korral enamasti idast läände. Üksikute vaatluste võrdlemisel selgus, et tuule suuna kõrvalekaldumisel põhjasuunast veidi ida poole, oli hoovuse suund Soela väinas Väinamerest välja ja vastupidi - põhjaloode tuulega oli hoovuse suund Soela väinas Väinamerre sisse.

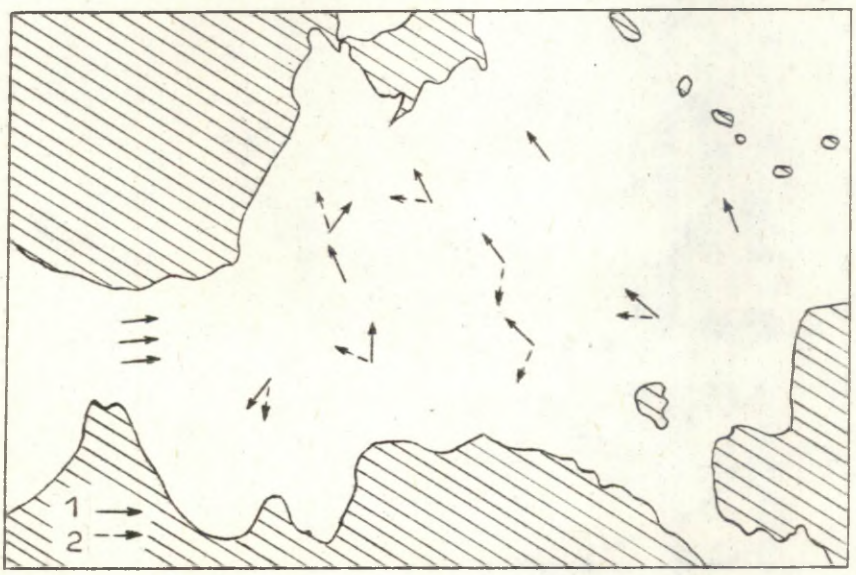
Põhjalähedase hoovuse suund väinades nii põhjatuule kui ka teiste tuulesuundade korral peaaegu ühtib pinna-

---

[1] 12. joonisele on kantud kõik antud tuulega mõõdetud hoovused.



12. joon. Hoovuste suund ja kiirus Kassari lahes 3 - 4 pallise põhjatuule korral. A - lahe keskosas (vaatluspunkt M_{25}), B - lahe idaosas (vaatluspunkt M_{26}).



13. joon. Hoovused Kassari lahes 23. sept. 1963. a. (edelatuul 2 - 6,5 m/s). 1 - pinnahoovus, 2 - põhjahoovus (Мардисте, 1964 järgi).

hoovuse omaga. Sealjuures langeb põhjalähedase hoovuse suund veelgi rohkem ühte väinade suunaga. Põhjalähedase hoovuse keskmine kiirus kõige sagedamini esinevate 3–4 palliste tuulte ajal on Hari kurgus[1] 23 cm/s, Voosi kurgus 19 cm/s, Soela väinas 18 cm/s (väljuv hoovus) ning Suures väinas 18 cm/s, Kassari lahe keskosas aga ainult 7 cm/s. 5–6 palliste tuultega on keskmine hoovuse kiirus Suures väinas (5 vaatlust) 31 cm/s.

Põhjatuulte korduvus on Väinamere piirkonnas võrdlemisi väike - 10 % aastastest vaatlustest. Sagedamini puhuvad põhjatuuled ja seega ka esineb sagedamini ülalkirjeldatud hoovustesüsteem aprillist juulini (kaasa arvatud), mil nende korduvus on 12–16 % nimetatud kuude vaatlustest. Harvemini puhuvad põhjatuuled novembrist veebruarini - 6–8 % vaatlustest (Мардисте М.,1967).

Hoovused kirdetuultega. Kirdetuulte tekitatud hoovuste skeem on toodud 11.joonisel. See sarnaneb üldjoontes põhjatuulte omaga. Soela väinas esineb kirdetuulte puhul selgekujuline väljuv hoovus. Kuna kirdetuulte aastane korduvus (9 %) on väikseim kõigist tuulesuundadest aasta vältel, siis on ka vastavasuunaliste hoovuste korduvus väike. Sellest on tingitud ka väga väike kirdetuulega tehtud hoovuste vaatluste arv Väinamere piirkonnas.

Keskmine hoovuste kiirus kirdetuule puhul on Hari kurgus 20 cm/s, Voosi kurgus 22 cm/s, Suures väinas

---

[1] Siin ja edaspidi on hoovuste kiirused väinades toodud antud väina keskel teostatud mõõtmiste põhjal.

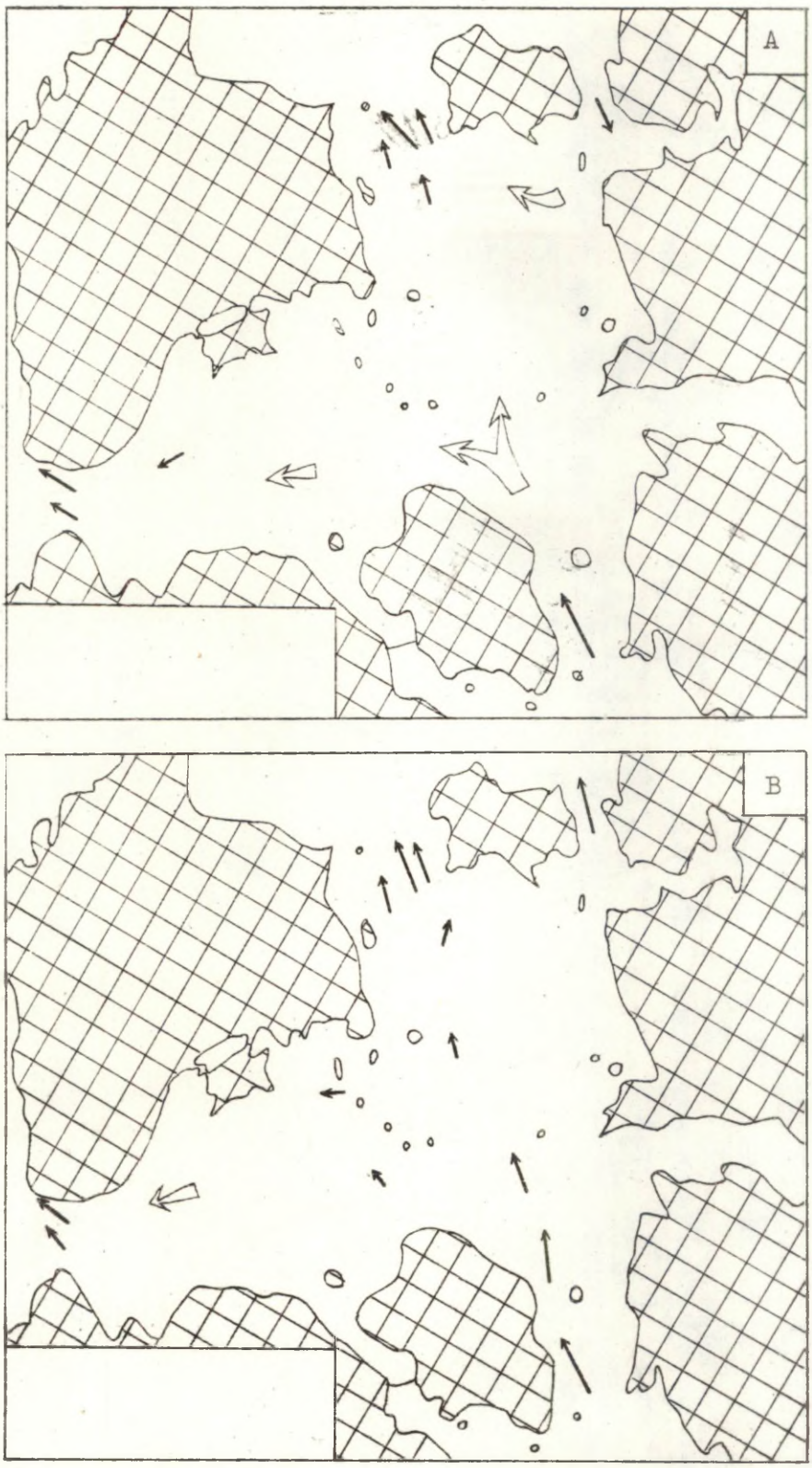
12 cm/s, Soela väinas 17 cm/s ja Väinamere keskosas 4–7 cm/s.

Hoovused idatuultega. Tuule üleminekul kirdest itta leiab aset hoovuste suuna muutus. Kirdetuulega Hari kurgust läbi Suure väina Riia lahte kulgenud hoovus muutub idatuulega vastupidiseks (14.joon.). Ainult Voosi kurgus säilib endine voolusuund. Idatuulte aastane korduvus (10%) on väike ja ka neile vastavad hoovused esinevad suhteliselt harva. Maist septembrini (kaasa arvatud) on idatuuled kõigist tuulesuundadest väikseima korduvusega. Väinamere keskosa hoovuste kohta idatuulte puhul on vähe andmeid.

Mandrilt puhuva tuule väiksema kiiruse ning selle mõjule alluva veevälja väiksuse tõttu on hoovuste keskmised kiirused idatuule puhul väiksemad kui enamiku teiste tuulesuundade korral: Hari kurgus on see 18 cm/s, Voosi kurgus 12 cm/s, Suures väinas 21 cm/s, Soela väinas 17 cm/s ja Kassari lahe keskosas 4–7 cm/s.

Hoovused kagutuultega. Nimetatud tuultega on hoovused üldsuund kogu Väinamere ulatuses kagust loodesse (14.joon.). Hoovuste voolukiirus väinades (välja arvatud Soela väinas) on suurem kui idatuultega. 3–4 pallise tuulega on see Hari ja Voosi kurgus umbes 18 cm/s, Suures väinas 21 cm/s ja Soela väinas 12 cm/s. 5–6 palline tuul tekitab Hari kurgus hoovuse kiirusega 30 cm/s.

Kagutuulte ja neile vastavate hoovuste aastane korduvus on Väinamere piirkonnas 12 %. Harvemini esineb kagutuuli maist juulini, sagedamini novembris-detsembris (Мардисте М., 1967).



14. joon. Pinnahoovused 3 - 4 palliste ida- (A) ja kagutuultega (B). Tingmärgid vt. 11. joon.

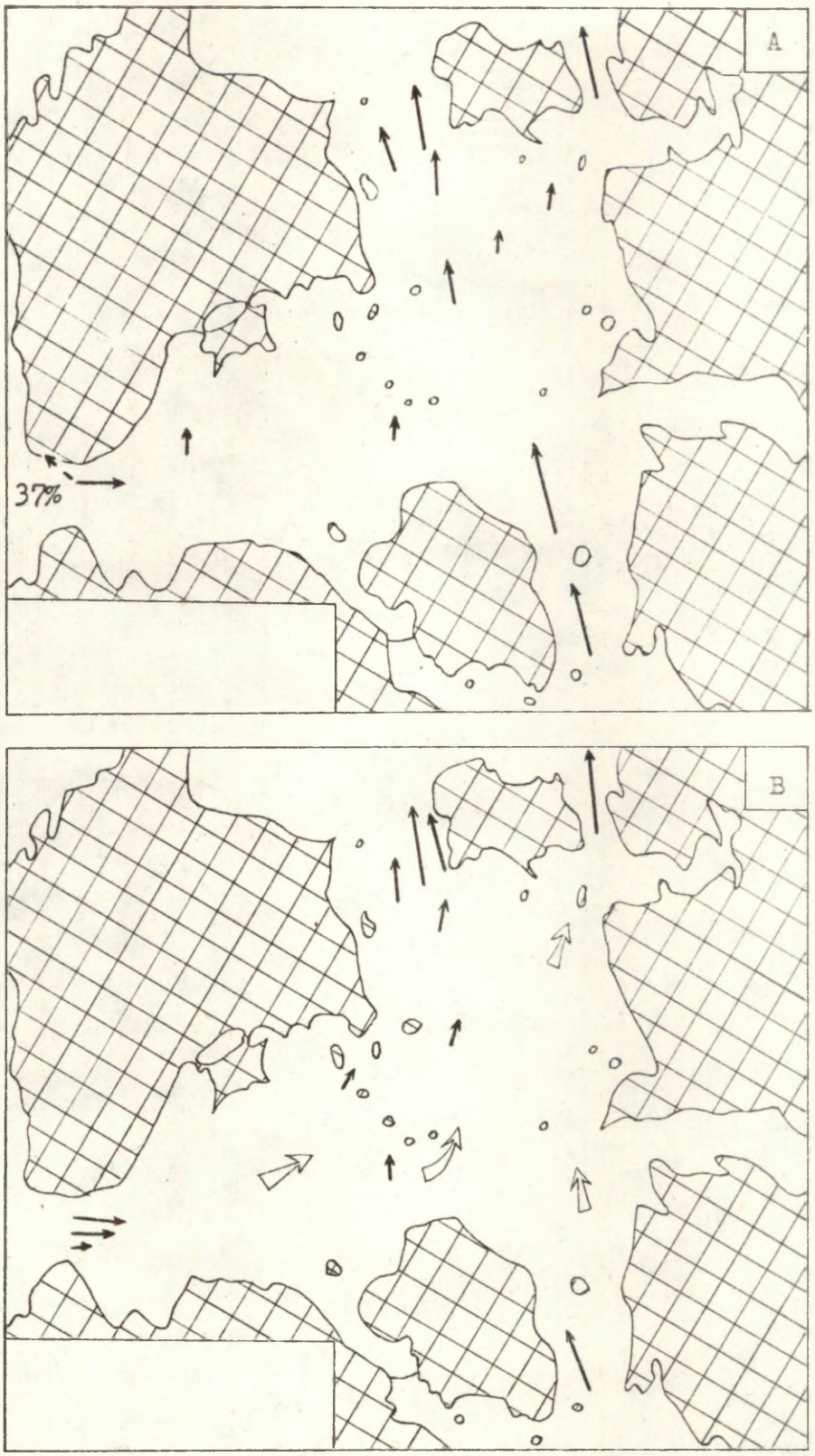
Hoovused lõunatuultega. Lõunatuulte tekitatud hoovused on Väinamere idaosas samasugused nagu kagutuulte puhul, Soela väinas aga on nende suund ebaselge (15. joon.). Ida-läänesuunalises Soela väinas leiab hoovuse suuna muutus aset tuule üleminekul kagust edelasse või vastupidi. 2/3 lõunatuultest tekitatud hoovustest on olnud Kassari lahte sisenevad.

Hoovuste keskmine kiirus lõunatuulte puhul on Hari kurgu keskel 20 cm/s, Voosi kurgus ja Suures väinas 23 cm/s ning Soela väinas 15 cm/s (sisenev hoovus).

Lõunatuuled puhuvad Väinamere piirkonnas sageli. Nende aastane korduvus (16 %) on ainult pisut vähem kõige sagedamini esinevatest edelatuultest. Kõigist tuulesuundadest esinevad lõunatuuled kõige sagedamini talvepoolaastal (Мардисте М., 1967).

Hoovused edelatuultega. Edelatuultega leiab aset vee sissevool Väinamerre Soela ja Suure väina kaudu ning väljavool Hari ja Voosi kurgu kaudu (15.joon.). Hoovuste keskmised kiirused on teiste tuulesuundadega võrreldes üldiselt suuremad: Hari kurgus 25 cm/s, Voosi kurgus 29 cm/s, Soela väinas 16 cm/s, Suures väinas 21 cm/s ja Väinamere keskosas 5-10 cm/s. 5-6 pallise tuulega on voolu kiirus Hari kurgus keskmiselt 33 cm/s, Voosi kurgus 39 cm/s, Soela väinas 25 cm/s ja Suures väinas 32 cm/s.

2-4 palliste edelatuulte ajal sooritati 23.septembril 1963.a. Kassari lahes tihendatud vaatluspunktidega hoovuste mõõdistamine (13.joon.). Kuigi eelnevalt puhub kahe päeva

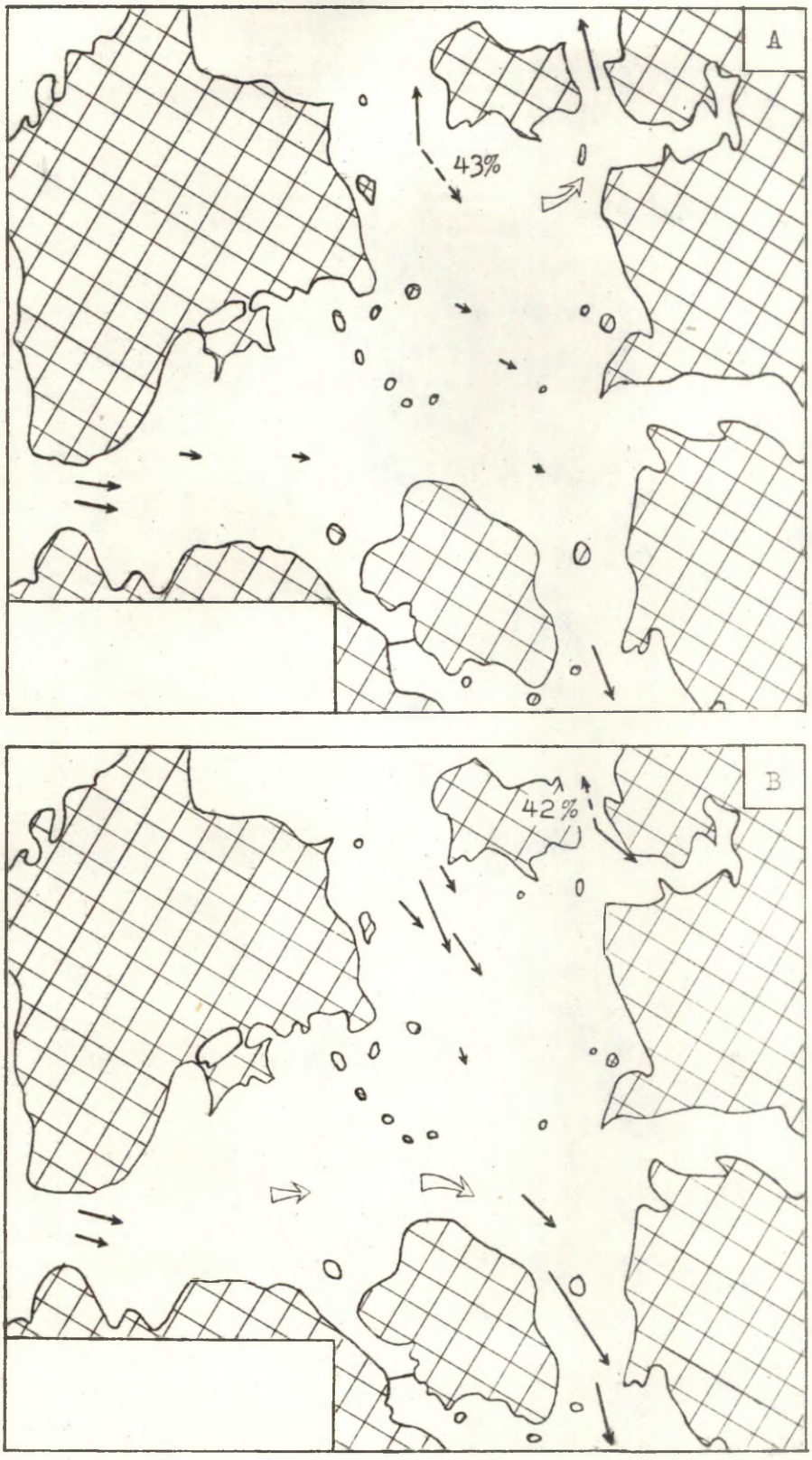


15. joon. Pinnahoovused 3 - 4 palliste lõuna- (A) ja edelatuultega (B). Tingmärgid vt. 11. joon.

kestel 3-5 palline edelatuul, fikseeriti peaaegu kogu lahe ulatuses loodesuunaline pinnahoovus. Põhjalähedane hoovus oli tuule suunale vastupidine. Seega oli kirjeldatud juhul tegemist pinnavete kuhjumisega lahe põhjaosse ning vastassuunalise kompensatsioonihoovusega sügavamates veekihtides. Kuna enamikul lahes mõõdetud hoovustest on suured erinevused pinna- ja põhjahoovuste suuna vahel, siis võib oletada, et taoline vee liikumine esineb ka teiste tuule suundade korral. Lahe keskel sooritatud 33-st mõõtmisest, mil pinnahoovuse kiirus oli üle 5 cm/s (nõrgemate hoovuste ajal oli kuulide hajuvus meretiiviku kompassikarbis väga suur), ühtus põhjahoovuse suund pinnahoovuse suunaga (erinevus alla 45°) 40% juhtudest, kõrvalekalle 45-90° esines 30 % juhtudest, kõrvalekalle 90-135° 12 % juhtudest ja 135-180° kõrvalekalle 18 % juhtudest.

Edelatuultest tekitatud hoovused esinevad Väinameres kõige sagedamini, sest nende tuulte korduvus on suurim - 18 %. Edelatuulte korduvus on eriti suur maist oktoobrini (Мардисте М., 1967), millal on tehtud valdav osa hoovuste mõõtmistest.

<u>Hoovused läänetuultega.</u> Tuule üleminek edelast läände põhjustab Väinameres mitmeid muutusi hoovuste suunas. Riia lahest Suurde väina sisenev hoovus muutub vastupidiseks (16. joon.), Hari kurgus aga on läänetuule puhul hoovused vahelduvad. Kahel kolmandikul juhtudest on Hari kurgus läänetuulega esinenud Väinamerest väljuv hoovus. Pinnahoovuse keskmine kiirus on Hari kurgus 18 cm/s (väljuv hoovus) kuni 21 cm/s (sisenev hoovus). Voosi kurgus on hoovuste keskmine kiirus 23 cm/s, Soela väinas 13 cm/s ja Suures väinas 15 cm/s.

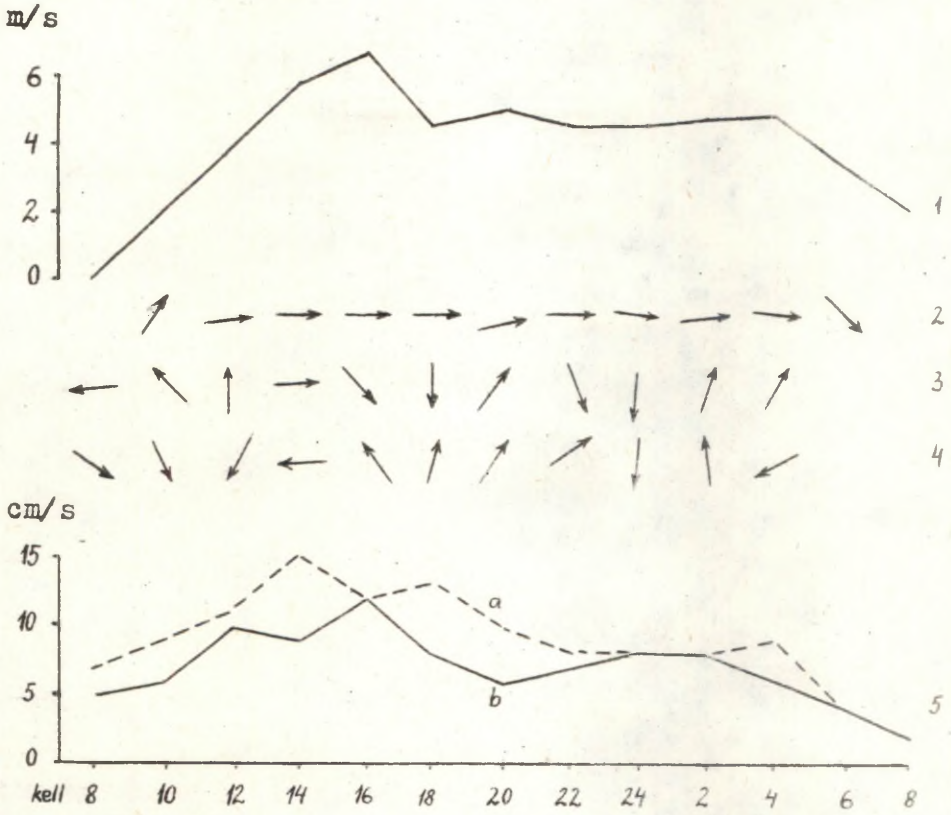


16. joon. Pinnahoovused 3 - 4 palliste lääne- (A) ja loodetuultega (B). Tingmärgid vt. 11. joon.

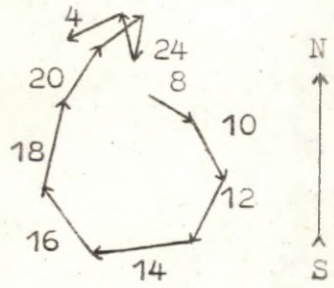
Huvipakkuvad on 26.-27. mail 1965.a. Kassari lahe keskel (vaatluspunktis M_{25}) iga kahe tunni järel tehtud hoovuste vaatlused (17. joon.). Mõõtmiste ajal puhus 3–4 palline läänetuul. Hoovuste kiiruse muutused jälgisid enam-vähem tuule kiiruse muutusi, hoovuste suund aga ei vastanud enamasti tuule suunale. Seejuures olid pinna- ja põhjahoovuste suunad tihti vastupidised. Esines juhtusid, kus veevool oli kogu profiili ulatuses ühesuunaline, siis aga järgmises seerias vastupidise suunaga. Selline hoovuste suur muutlikkus näitab kas suurte veekeeriste olemasolu või mõningatel juhtudel ka kogu veemassi hõlmavaid seišilaadseid kõikumisi. Viimaste teke lahes kui isoleeritud veekogus on kaunis tõenäoline. 18. joonisel on esitatud kirjeldatud põhjahoovuste muutused progressiivsete vektorite kujul. Oma kujult meenutab Kassari lahes esinev keeris Riia lahes mõõdetud inertshoovuse osa, mille periood oli seal 14–16 tundi (Баранов , 1970). Kahjuks puuduvad andmed hoovuse edaspidise iseloomu kohta Kassari lahes.

Hoovuste isekirjutaja andmete põhjal näitas I.Z.Konovalova (Коновалова , 1970), et hoovuse kiirus Läänemeres kõigub perioodiga 13–14 tundi, mis vastab hoovuste kiiruse vabale kõikumisele Coriolise jõuväljas ($T \approx \frac{12}{\sin \varphi}$, kus T – kõikumise periood, φ – koha geograafiline laius).

Läänetuulte korduvus Väinamere piirkonnas on võrdlemisi suur (12 % vaatlustest).



17. joon. Hoovuste lühiajalised muutused Kassari lahe keskosas 26. - 27. mail 1965. a. 1 - tuule kiirus, 2 - tuule suund, 3 - pinnahoovuse suund, 4 - hoovuse suund 7 m sügavusel, 5*a* - hoovuse kiirus pinnal, 5*b* - hoovuse kiirus 7 m sügavusel.



18. joon. Põhjahoovuste suuna muutused 26.- 27. mail 1965. a. Arv suunavektori juures näitab kellaaega.

Hoovused loodetuultega. Loodetuultega esinevate hoovuste skeem on toodud 16.joonisel. Loodetuule mõjul leiab aset vee sissevool Väinamerre läbi Hari kurgu ja Soela väina ning väljavool läbi Suure väina. Voosi kurgus on loodetuultega märgitud nii sisenevaid (21 mõõtmist) kui ka väljuvaid hoovusi (17 mõõtmist). Seega on loodetuul hoovuste suuna seisukohast üleminekulise iseloomuga: põhjatuul tekitab siin siseneva ja läänetuul väljuva veevoolu.

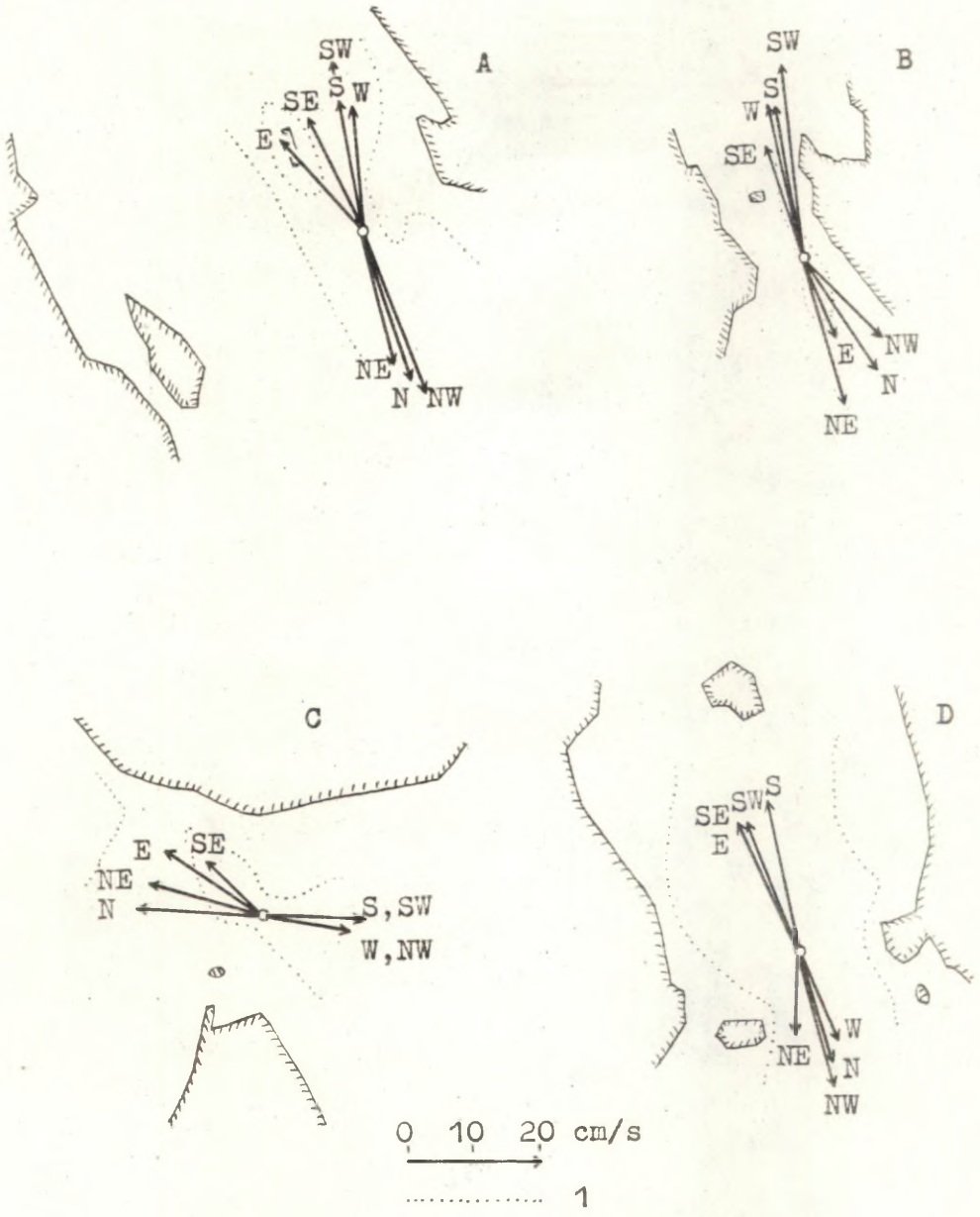
Hoovuse keskmine kiirus on loodetuule puhul Hari kurgus 24 cm/s, Voosi kurgus 16 cm/s, Soela väinas 13 cm/s ja Suures väinas 19 cm/s.

Loodetuulte korduvus on Väinameres 13 %. Suurem on loodetuulte korduvus suve algul - mais 19 % (kõige sagedamini esinev tuulesuund sel kuul), juunis ja juulis 17 % (edelatuule järel teisel kohal) (Мардисте М., 1967).

x x x

Nagu eelnevast nähtub, sõltub hoovuste suund väinades peale tuule suuna veel väina suunast. Viimasest ongi tingitud hoovuste kõrvalekalle tuule suunast. Hoovuste suuna ühtivust väinade suunaga erinevate tuulte korral näitab selgelt 19. joonis.

Eespool kirjeldatud hoovuste skeemid seostuvad enamiku tuule suundade puhul teiste autorite (Баранов, 1970; Бетин, Пантелеев , 1967, 1970) poolt koostatud Väinamere naaberalade hoovuste skeemidega.

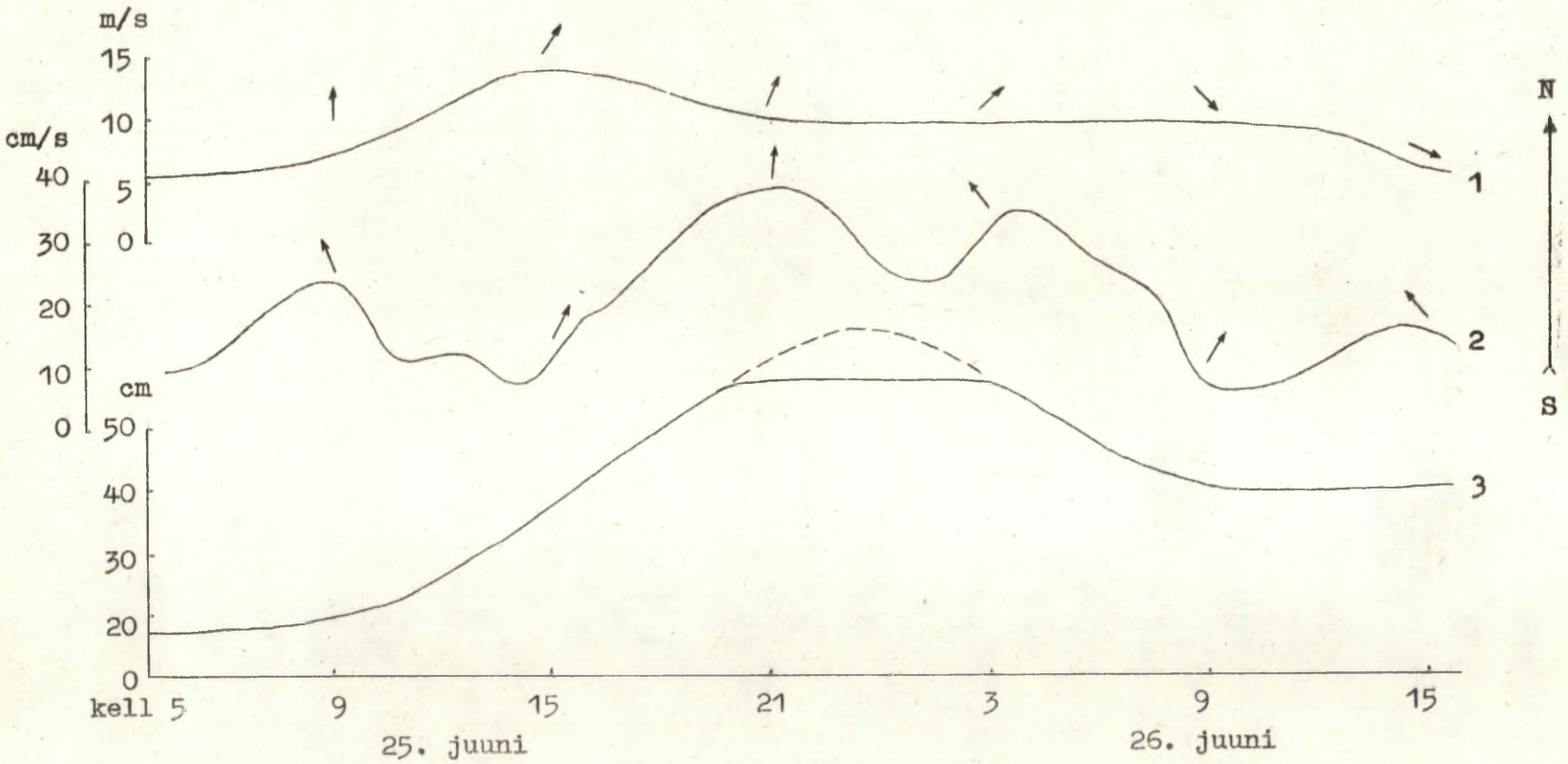


19. joon. Pinnahoovuste keskmine suund ja kiirus sõltuvalt tuule suunast Hari kurgu (A), Voosi kurgu (B), Soela väina (C) ja Suure väina (D) keskel 3 - 4 palliste tuultega. 1 - 5 m isobaat.

Hoovuste seos veetasemega. Eelpool (lk.64) nägime, et peamine veetaseme kõikumisi esilekutsuv jõud Väinameres on tuul, mis on ka peamiseks hoovuste tekitajaks. Kuuetunnise intervalliga mõõdetud veetaseme kõikumiste andmed ei võimalda kahjuks veetaseme kõikumisi päris täpselt hoovustega seostada. Üldiselt läänest ja edelast puhuvate tuultega, s.o. läbi Suure ja Soela väina Väinamerre sisenevate hoovustega, veetase kerkib, kuna idakaartest puhuvate tuultega on olukord vastupidi. Hoovuste mõõtmisega üheaegselt tehtud veetaseme tihendatud mõõtmisi on võrdlemisi vähe ja ka need ei anna veel head ülevaadet. Ainult mõningate tuule suundade korral võib veetaseme kõikumise ja hoovuste vahel leida sõltuvuslikke suhteid. Näiteks, veetase Virtsus langeb umbes 1 cm tunnis kui esineb põhjakaarte tuultest põhjustatud vee väljavool Suure väina kaudu kiirusega 30–40 cm/s ja tõuseb sama kiirusega kui esineb edelatuultest tingitud sisenev hoovus kiirusega 20–40 cm/s. Veetõus 1 cm tunnis esineb ka Heltermaal kui puhub edelatuul, kuigi Hari kurgus on tegemist väljuva hoovusega 25–35 cm/s.

Tuule, hoovuste ja veetasemete vahelist seost aitaks selgitada nende tihendatud sünkroonsed vaatlused isekirjutajate abil. Ainus taoline, kuigi lühiajaline mõõtmine (mareograafita) tehti 1962.a. juunis Suures väinas. Selle aja sisse sattus ka tugevate tuulte periood, mil tuule kiirus oli 10–14 m/s. Tuule tugevnemisele järgnenud hoovuste kiirus ja veetaseme tõusu näitab 20.joonis.

Kuigi tuule tugevuse ja hoovuste kiiruse vaheline seos



20. joon. Hoovuste ja tuulte kiiruse ning veetaseme muutused Suures väinas 25.- 26. juunil 1962. a. 1 - tuule suund ja kiirus (m/s), 2 - hoovuste suund ja kiirus (cm/s), 3 - veetase Virtsus (cm).

on hea, oleks kahtlemata huvitav uurida Väinameres esinevaid hoovusi seoses veetasemete muutustega. Kahjuks ei ole võimalik olemasolevatest vaatlusandmetest Väinamere ja temaga piirnevate mereosade veetasemete erinevuste põhjal arvutada voolukiirusi väinades ning Väinamere veevahetust üldse, nii nagu seda on tehtud Kura säärlõuka (Дубра , 1969, 1971) ja teiste ühe väina kaudu avamerega ühenduses olevate veekogude või merede (Соскин, Розова , 1956) kohta. Väinamere veevahetus on nelja väina tõttu hästi keerukas, ka puuduvad praegu veemõõdupostid kahel pool väinu, mis taoliste uurimiste puhul on vajalikud.

Hoovuste mõju vee soolsusele. Väinamere vee soolsust mõjustavad peamiselt veevahetus Läänemere teiste osadega ja vee juurdevool jõgedest. Viimase osa on suurem kevadel ja seda just veekogu idaosas, kuhu suubuvad käsiteldava piirkonna suurimad jõed.

Väinamere vee soolsus on keskmiselt 5,5–6,5‰. Kõige madalam on soolsus idas (Matsalu lahes alla 5‰) ja Suures väinas. Kõrgeim on vee soolsus uuritud mereala läänеosas (Sõrus kuni 7‰). Väikeste sügavuste tõttu on Väinamere vesi homohaliinne. Sügavamates väinades on põhjalähedane vesi mõni kümnendik promilli pindmisest soolasem.

Riia lahe põhjaosa vee keskmine soolsus on kevadel 5,0–5,5‰. Väikseim soolsus on seal olnud kevadel 4,0–4,5‰, maksimaalne aga ulatunud 6,5‰-ni (Ауниньш , 1966). Läänemere põhjaosas on pindmise veekihi keskmine soolsus kevadel

6,5-7,0‰ ning suvel ja sügisel 6,0-6,5‰ (Bock, 1971).

12-aastase perioodi (1958-1969) vaatluste andmete analüüs näitab, et keskmine soolsus väinades sõltub hoovuste suunast. Hari ja Voosi kurgus ning Soela väinas on Väinamerre sisenevate hoovuste korral vee soolsus suurem kui väljuvate hoovuste korral, Suures väinas aga vastupidi (vt. 25. tabel). Suurima soolsusega vesi tuleb Väinamerre Soela väina, väikseima soolsusega vesi aga Suure väina kaudu. Soolsuse erinevus sisenevate ja väljuvate

25. tabel

Vee soolsus (‰) väinades sõltuvalt hoovuste suunast

Väin, vaatluspunkt	Hoovuste suund Väinamere suhtes	Soolsus Pinnal	Soolsus Põhjas	Vaatluste arv
Hari kurk, M_5	sisenev	6,44	6,51	90
	väljuv	6,20	6,24	122
Voosi kurk, M_9	sisenev	6,21	6,23	47
	väljuv	6,12	6,14	102
Soela väin, M_{21}	sisenev	6,89	6,94	115
	väljuv	6,84	6,89	125
Suur väin, M_{35}	sisenev	5,90	5,99	99
	väljuv	5,99	6,18	76

hoovuste vahel on suurim Hari kurgus, kus pinnal on vee soolsus siseneva hoovuse puhul 0,24‰, põhja lähedal aga 0,27‰ suurem väljuva vee soolsusest. Suuremad vee soolsuse muutused leiavad aset tormide ajal, millede kohta aga mõõtmisandmed puuduvad. Väinades tehtud mitmeööpäevaste vaatluste ajal on ilmnenud märgatavad hoovustest tingitud vee soolsuse muutused. Näiteks, vähenes 26.-27.septembril

1962.a. soolsus väljuva hoovuse ajal pidevalt. Ööpäeva vältel langes soolsus pinnal 0,3‰ ja 10 m sügavusel 0,2‰. Ka Suures väinas on registreeritud 0,2‰ soolsuse muutusi ööpäevas.

Kestvate ida- ja kagutuulte ajal, mil Suures väinas esinevad Väinamerre sisenevad ja teistes väinades väljuvad hoovused, väheneb Väinamere soolsus. Lääne- ja loodetuultega on olukord vastupidine. Teisesuunaliste tuulte (hoovuste) puhul on vee soolsuse muutused vähem korrapärased: Väinamere ühes osas võib soolsus suureneda, teises aga samal ajal väheneda.

Veevahetus naabermeredega. Väinade kaudu toimuv veevahetus Väinamere ning Riia lahe ja Läänemere põhjaosa vahel on olulisemaid veekogu hüdroloogilist režiimi kujundavaid faktoreid. Veevahetuse intensiivsust iseloomustavad vooluhulgad väinades. Vooluhulkade leidmisel kasutati aastail 1958-62 reidivaatluste käigus väinades mõõdetud hoovuste andmeid (vt. lk.21). Reidipunktide arv väinades oli järgmine (sulgudes on toodud hoovuste mõõtmiste arv ristlõikes ühe väljasõidu jooksul): Hari kurk - 6 punkti (14 mõõtmist), Voosi kurk - 3 punkti (4 mõõtmist), Soela väin - 6 punkti (12 mõõtmist) ja Suur väin - 6 punkti (20 mõõtmist). 1963.a. vähendati reidivaatluste mahtu, mistõttu detailseks vooluhulkade arvutamiseks on kasutatavad ainult eeltoodud 5-aastase perioodi mõõtmisandmed.

Vooluhulgad igal üksikjuhul (kokku 364) arvutati jõgede vooluhulkade leidmiseks kasutataval graafilisel meetodil (Быков , Васильев , 1972). Neil juhtudel, kui hoovuse

suund erines üle 30^{0} profiili ristsuunast, mis vastab enamvähem väina pikiteljele, kasutati hoovuse kiiruse täpsustamiseks valemit:

$$v = v_0 \cos \alpha ,$$

kus v_0 - hoovuse mõõdetud kiirus, α - ristsuunast kõrvalekalde nurk. Veetaseme muutustega seotud ristprofiili pindala muutusi, kui väikesi, ei arvestatud. Vooluhulki ei arvutatud nõrkade ja muutlike tuultega tehtud vaatluste põhjal. Neil juhtudel olid ka hoovuste suunad väina eri osades erinevad. Eraldi leiti vooluhulgad sisenevate ja väljuvate hoovuste korral. Valdav enamus vaatlusi tehti 3-4 palliste, s.o. Väinamerel keskmise tugevusega tuultega. Selliste tuultega esinevad keskmised vooluhulgad on toodud 26. tabelis. Kuna hoovuste kiirused väinades erinevad vähe üksteisest, siis vooluhulgad sõltuvad väina ristlõike pindalast.

Keskmise tuule tugevuse puhul on keskmine vooluhulk Suures väinas umbes 8000 m^3/s, Hari kurgus aga umbes 7000 m^3/s. Soela väina ja Voosi kurgu keskmised vooluhulgad on hoopis väiksemad, vastavalt 1500 ja 800 m^3/s. Maksimaalsed arvutatud vooluhulgad on keskmistest umbes 3 korda suuremad. Kuna hoovusi pole tormide ajal mõõdetud, siis suurimad võimalikud vooluhulgad on teadmata. Kui pinnahoovuse kiirus väina keskel on umbes 100 cm/s (vt.lk.78), siis võiks vooluhulk ulatuda Hari kurgus 27 000 - 33 000 m^3/s ja Suures väinas 33 000 - 37 000 m^3/s, teistes väinades oleks see väiksem.

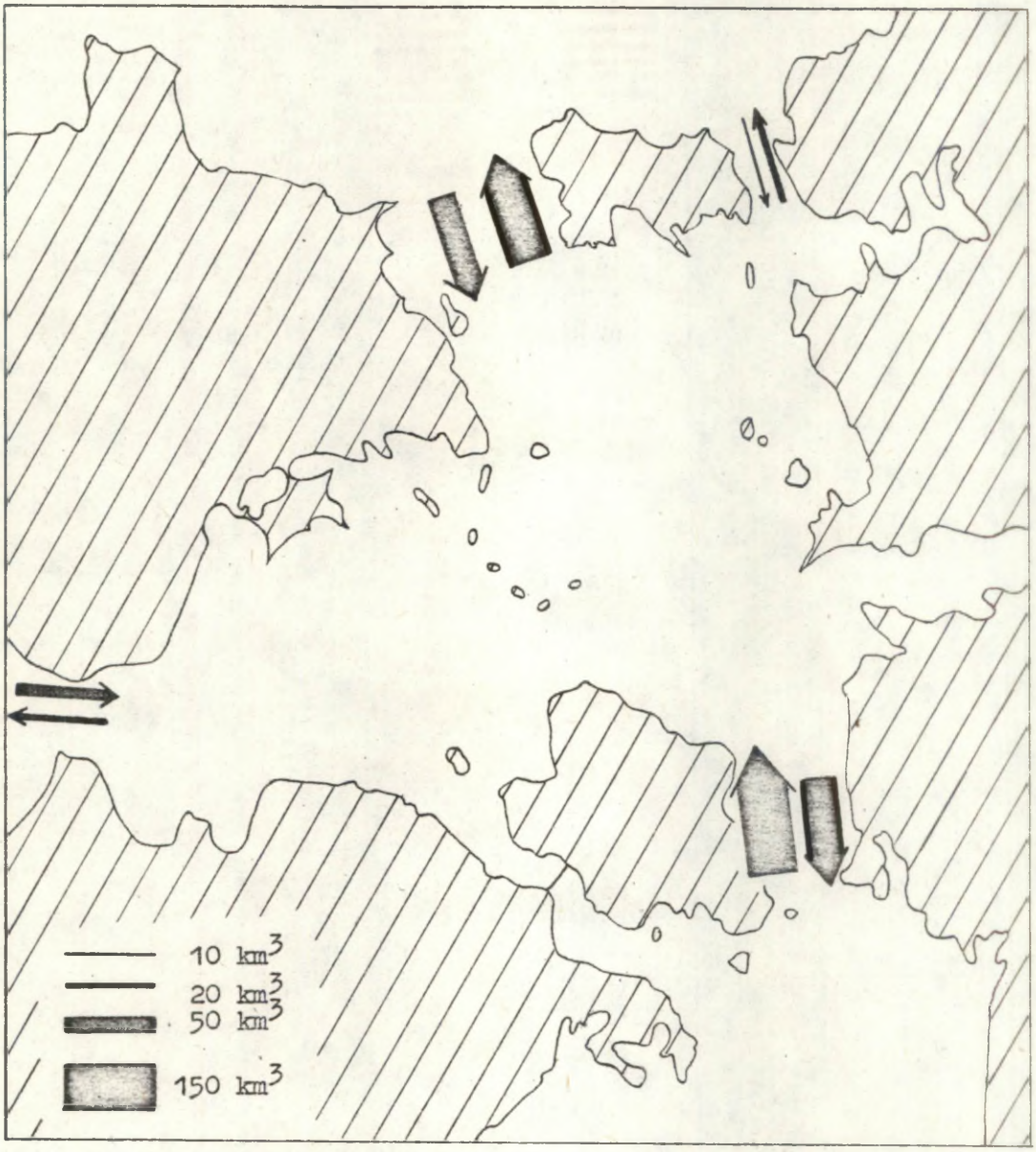
Suure väina (Väinamere) osa Riia lahe veevahetuses on suurem kui seda on otseste mõõtmisandmeteta hinnanud A. Pastors (Пастерс , 1967). Suure ja Irbeni väina ristlõike pindala põhjal, millede suhe on 1:10, väidab ta,et Suure väina osa Riia lahe veevahetuses moodustab umbes 10% ja võib seetõttu lahe veebilansi koostamisel arvestamata jääda. Hoovuste kiirused Suures väinas on suuremad kui Irbeni väinas ja seega ka vooluhulgad ristlõike pindala arvestades suhteliselt suuremad. Meie arvestuste alusel on maksimaalsed vooluhulgad Suures väinas ainult 5 korda väiksemad Irbeni väina maksimaalsetest vooluhulkadest A. Pastorsi järgi. Seega on Suure väina osa Riia lahe veevahetuses märksa suurem kui seda on oletanud A.Pastors. 26. tabelis toodud andmeist nähtub, et põhiline Väinamere veevahetus leiab aset meridionaalsuunas, s.o. läbi Suure väina ning Hari ja Voosi kurgu. Soela väina osa veevahetuses on väike.

26. tabel

Keskmine vooluhulk (Q) väinades 3–4 palliste tuulte korral

Väin	Sisenev hoovus		Väljuv hoovus	
	Q (m^3/s)	Vaatluste arv	Q (m^3/s)	Vaatluste arv
Hari kurk	6840	37	7330	36
Voosi kurk	770	30	870	69
Soela väin	1510	57	1460	61
Suur väin	8610	49	7120	25

Keskmiste vooluhulkade usaldusväärsuse kindlakstegemiseks arvutati tuule suundade korduvuse ja neile vastavate vooluhulkade põhjal Väinamere orienteeruv aastane veebilanss. Seejuures võeti veevahetus väinade kaudu (21.joon.) vee-



21. joon. Aastane veevahetus väinades.

bilansi ainsaks komponendiks. Teised bilansi komponendid - juurdevool jõgedest, sademed ja aurumine on veevahetusega võrreldes väga väikesed. Hoovuste suundade korduvus (positiivne või negatiivne vooluhulk) leiti väinale lähima hüdrometeoroloogiajaama andmete (Справочник по климату СССР, вып. 4, часть III) põhjal. Kaldajaamade andmete kasutamine on õigustatud, sest nagu näitas M. Mardiste (Мардисте М., 1967) erineb tuule suund Väinamere üksikute osade vahel vähe. Arvutuste tulemusena selgus, et kõigi väinade positiivsete ja negatiivsete vooluhulkade summa erines ainult 2%, s.o. 26. tabelis toodud vooluhulgad on lähedased tegelikele.

Vooluhulkade arvutamine igal üksikjuhul on väga töömahukas. Arvutuste lihtsustamiseks ja lähteandmete saamiseks vajalike ekspeditsioonilise tööde vähendamiseks leiti seos vooluhulga (m^3/s) ja pinnahoovuse kiiruse (cm/s) vahel väina keskel. Selleks kasutati andmeid hoovuste kohta kiirusega kuni 50 cm/s.

Funktsionaalse sõltuvuse $y = ax + b$ parameetrid a ja b on leitud järgnevalt:

$$a = r \frac{\sigma_y}{\sigma_x}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

korrelatsioonikordaja r_{xy} arvutati lihtsustatult:

$$r_{xy} = \frac{\frac{\sum x_i y_i}{n} - \bar{x}\bar{y}}{\sigma_x \sigma_y}$$

kusjuures keskmine ruuthälve σ arvutati valemi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2}}{N}$$

abil.

Saadud empiirilisi seoseid väinade kaupa näitavad järgmised regressioonivõrrandid:

Hari kurk	sisenev hoovus	$Q = 270\ v + 360$	$r = 0,92$
	väljuv hoovus	$Q = 330\ v + 400$	$r = 0,94$
Voosi kurk	sisenev hoovus	$Q = 40\ v + 10$	$r = 0,96$
	väljuv hoovus	$Q = 60\ v - 390$	$r = 0,91$
Soela väin	sisenev hoovus	$Q = 100\ v + 110$	$r = 0,93$
	väljuv hoovus	$Q = 100\ v - 40$	$r = 0,81$
Suur väin	sisenev hoovus	$Q = 310\ v + 2100$;	$r = 0,81$
	väljuv hoovus	$Q = 360\ v + 1000$;	$r = 0,91$

Ligikaudseid vooluhulki saab arvutada ka kaudselt lähtudes tuule koefitsiendist (α)(vt.lk. 80).

Leitud seoseid tuulehoovuste ja vooluhulkade vahel võib kasutada Väinamere veevahetuse (veebilansi) arvutamisel. Selle igati korrektselt tegemiseks on vajalikud andmed hoovuste suuna ja kiiruse muutlikkuse ning hoovuste maksimaalse kiiruse kohta. Seda on võimalik saada hoovuste isekirjutajate abil, millised tuleks esmajärjekorras üles panna Suurde väina ja Hari kurku.

5.3. Lainetus

Lainetust Väinamerel on lähemalt uurinud R. Kirikal (Кирикал, 1967), kes seda teemat on käsitlenud ka oma diplomitöös.[1] R.Kirikal on koostanud Väinamere laineväljade kaardid kaheksa põhilise tuulesuuna puhul (tuule kiirus 10 m/s); ühtlasi on ta arvutanud kaldavaatlustel mõõdetud tuule kiiruse ning lainete kõrguse ja perioodi vahelised empiirilised sõltuvused. Ta töötas välja metoodika lainete kõrguse arvutamiseks Väinamere jaoks, mida kasutatakse Tallinna Ilmajaamas vastavate prognooside tegemisel. R.Kirikali poolt arvutatud lainete kõrgused ja perioodid on heas vastavuses tegelike mõõtmiste andmetega. Seetõttu peatutakse järgnevalt neil küsimustel ainult põgusalt. Lisaks tuuakse aga mõningaid andmeid lainete pikkuse kohta, millele R.Kirikal on vähem tähelepanu osutanud.

Väinamere madalaveelisus, veevälja piiratus, saarterohkus ning kitsad ühendused Läänemere teiste osadega takistavad kõnesoleval merelisel basseinil lainetuse arengut. Valdav on tuulelainetus, selle kõrval esineb Hari kurgu ja Soela väina avamere poolses ning Suure väina Riia lahe poolses osa vahel uumikat ja segalainetust.

Tuulelainete mõõtmed sõltuvad teatavasti peale tuule kiiruse veel tuule mõjule alluva veepinna ulatusest, tuule kestvusest ja veekogu sügavusest. Igale tuule kiirusele vas-

[1] Kirikal,R. Lainetus Väinameres sõltuvalt tuulest. Tartu, 1964. Käsikiri TRÜ geograafia osakonnas.

27. tabel

Lainete valdavad kõrgused (h) ja perioodid (τ) Väinamerel 10 m/s puhuva tuulega (Курикал, 1967 järgi)

Tuule suund	Hari kurk		Voosi kurk		Väinamere idaosa		Kassari laht		Soela väin		Suur väin	
	h	τ	h	τ	h	τ	h	τ	h	τ	h	τ
N	1.0–1.2	3.0–3.5	0.5–0.6	2.0	1.0–1.2	2.8–3.0	0.8–1.2	2.5–3.0	0.6–0.8	2.3–2.4	1.0–1.4	3.0–3.5
NE	1.0–1.2	2.8–3.0	0.5	2.0	1.0–1.2	2.8–3.0	1.0–1.2	2.8–3.0	0.8	2.4–2.5	1.0–1.2	2.5–2.8
E	1.0–1.2	2.8–3.0	0.5	2.0	1.0–1.2	2.8–3.0	1.0–1.2	2.8–3.0	0.6–0.7	2.5	1.0–1.2	2.8–3.0
SE	1.0	3.0	0.6	2.0	1.0–1.2	2.8–3.0	1.0–1.2	2.8–3.0	0.6–0.8	2.1–2.5	1.2	3.0
S	0.8–1.0	2.5–2.8	0.5–0.6	2.0	1.0–1.2	2.8–3.0	1.0–1.2	2.5–3.0	0.8	2.5	1.0–1,5	2.5–4.8
SW	0.8–1.2	2.8–3.0	0.6	2.0	1.0	2.5–2.8	0.8–1.2	2.5–3.0	0.8	2.3–2.4	0.5–0.8	2.0–2.5
W	0.8–1.2	2.5–3.0	0.5–0.6	2.0	0.8–1.2	2.5–3.0	0.8–1.2	2.5–3.0	0.8–1.4	2.5–4.6	0.5–0.8	2.0–2.5
NW	1.2	3.0	0.5–0.6	2.0	1.0–1.2	2.8	0.5–1.0	2.0–2.8	0.8	2.5	1.0–1.6	3.0–4.0

tavad laine elementide maksimaalsed väärtused, mis edaspidi enam ei suurene, ükskõik kui kaua ka tuul puhuks. Sel juhul on tegemist täielikult välja kujunenud lainetusega. Väinameres saavad täielikult välja kujuneda kuni 3 pallisele tuulele vastavad lained. Tugevama tuule tekitatud lainete profiil muutub veekogu madaluse tõttu ning lained ei saavuta kunagi neid mõõtmeid, mis esinevad antud tuulega sügavas meres. Läänemere põhjaosas on suurima korduvusega (70%) kuni 1 m kõrgused lained. 1 - 1,5 m kõrguseid laineid esineb seal 17,5 % juhustest (Атлас волнения и ветра , 1965). Lainete kõrgus Väinameres on enamasti alla poole meetri. Tuule tugevusega lainete mõõtmed kasvavad (27. tabel). Väinamere siseosas ulatub lainete kõrgus siiski ainult 1,5 m-ni. Põhjakaarte tormide ajal, mil tuule kiirus on üle 14 m/s, kanduvad Läänemere põhjaosast Hari kurku kuni 2,5 m kõrgused lained (Кирикал , 1967). Nimetatud töös Helterma kohta toodud lainete kõrgused põhjatuulte puhul on aga ilmselt tegelikest väiksemad. Viide sellele, et 5 m/s suurema tuule kiirusega on lainete kõrgus kogu aeg 0,5 m, ei ole täpne. Lainemõõtja abil määratud lainete kõrgus oli Heltermaal 3,5 m sügavuses vees põhjatuule puhul kiirusega 6 m/s 0,5–0,6 m, 7 m/s - 0,6–0,7 m ja 8–9 m/s 0,8 m.

Lainete pikkus 0,4–0,6 m kõrguste lainete puhul on enamasti 3–7 m. Tormi ajal on Sõrus edelatuulega täheldatud kuni 35 m pikkusi laineid. Need on aga tekkinud väljaspool Väinamerd. Väinamere siseosa rannikulähedase mere suurimaid lainepikkusi näitab 28. tabel, mille koostamisel on kasutatud R.Kirikali andmeid aastate 1958–60 kohta (Кирикал ,1967),

mida täiendati 1962-64.a. vaatlustega.

Heltermaal tehtud mõõtmiste põhjal on idast puhuvate tuulte puhul lainete pikkus järgmine: kiirusega 5 m/s puhuv tuul tekitab 8 meetri, 6 m/s - 9 meetri, 7 m/s - 10 meetri, 8 m/s - 11,5 meetri ja 9 m/s - 12,5 meetri pikkusi laineid. Mõõtmistel saadud andmed vastavad hästi teoreetilistele arvutustele, millede järgi (Титов , 1969) keskmine lainete pikkus madalas vees vastab enamvähem kolmekordsele veekogu sügavusele.($\bar{\lambda}$ = 3,33 H).

28. tabel

Maksimaalne lainete pikkus ja neile vastav tuul Heltermaa andmeil (1958-60, 1962-64)

	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Laine pikkus (m)	16	15	20	20	20	19	18	17
Tuule suund	SW	NW	NE	ENE	N	NW	SE	E
Tuule kiirus (m/s)	10	10	12	12	12	14	10	10

Väinamere lained on järsud. Nende järskus (kõrguse ja pikkuse suhe) on keskmiste lainete puhul 0,14-0,20 (Кирикал , 1967). Heltermaal 5-10 m/s tugevusega idakaarte tuulega tekkivate lainete järskus on väiksem: 0,05-0,10.

Suhteliselt väikestele mõõdetele vaatamata on termide ajal Väinamere lainetel märgatav mereranda murrutav mõju. Murrutus avaldub selgelt suurema kaldenurgaga rannaosadel - järsakrandadel, enamasti ka moreen- ja kliburandadel. Äärmiselt laugetes rannalõikudes aga lained murduvad enne rannikuni jõudmist. Sellistes kohtades on kujunenud kamardunud rand (vt.lk. 44). Väinamere madalates osades ulatub lainete mõju suuremal või vähemal määral veekogude põhjani. Neis kohtades uhuvad lained põhjasetteid, mida siis hoovused edasi kannavad.

5.4. Merevee temperatuurid

Peamisteks merede temperatuurirežiimi kujundavateks faktoriteks on päikesekiirgus, soojusvahetus atmosfääriga ning konvektiivne ja adektiivne soojusvahetus. Madalaveelistes isoleeritud mereosades on kahe viimatinimetatud faktori osakaal üldiselt väike. Näiteks domineerib Riia lahe soojusbilansi (Шастров, 1966) tuluosas päikesekiirgus (84 %), kuluosas on aga võrdlemisi suure osatähtsusega kolm faktorit - efektiivne kiirgus (38,5%), aurumisel eralduv soojus (38,6%) ja soojusvahetus atmosfääriga (21,4 %). Väinamere puhul lisandub nimetatud faktorile veel veevahetus avamere ja Riia lahega ning kaudse tegurina veekogu madalaveelisus.

Temperatuuride aastane käik. Läänemere pinnatemperatuur jälgib üldjoontes õhutemperatuuri, kuid teatud hilinemisega. Pinnatemperatuuri miinimum saabub veebruaris-märtsis, maksimum augustis (Соскин, 1963). Väinamere veetemperatuuri aastases käigus (29. tabel) avaldub selgesti veekogu mandrilisus ja madalaveelisus. Väinameres esineb madalaim veetemperatuur veebruaris, see on üheaegselt õhutemperatuuri miinimumiga ja kõrgeim juulis, seega samuti üheaegselt õhutemperatuuri maksimumiga. Veebruaris on merevee keskmine temperatuur rannikujaamade andmeil 0 kuni -0,3° C, juulis aga 18 kuni 18,5° C. Üldiselt on Väinamere veetemperatuur suvel kõrgem ja talvel madalam kui avameres. Väinades, kus avaldub avamere või Riia lahe mõju, on kõige soojem kuu (Suures ja Soela väinas august, teistes juuli) temperatuur eeltoodust umbes ühe kraadi võrra madalam. Veetemperatuuri

29. tabel

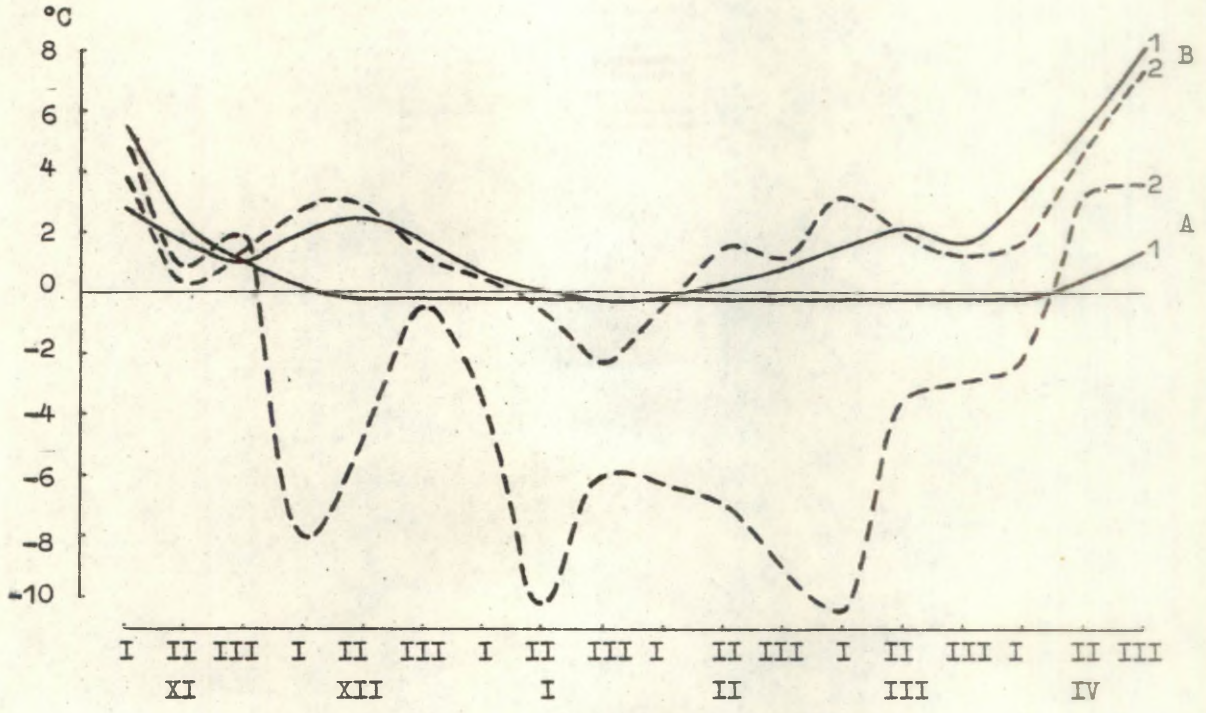
Kuu ja aasta keskmine pinnatemperatuur

Vaatluspunkt	Periood	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Heltermaa	1950-69	-0,2	-0,2	0,0	2,3	10,5	16,3	18,5	17,7	13,5	8,1	2,8	0,3	7,4
Rohuküla	1949-69	-0,2	-0,2	-0,1	1,8	9,7	16,0	18,3	17,6	13,8	8,2	3,0	0,3	7,4
Virtsu	1947-69	-0,2	-0,2	-0,1	1,5	9,0	15,4	18,0	17,6	14,0	8,7	3,7	0,7	7,3
Sõru	1947-64	-0,1	-0,2	0,1	3,6	11,2	15,9	18,5	17,7	13,6	8,2	2,9	0,9	7,7
Vormsi	1945-58	-0,1	0,0	0,0	2,5	9,8	15,2	17,4	17,0	13,5	7,8	2,7	0,6	7,2
Haapsalu	1946-57	0,0	0,0	0,0	3,3	12,1	17,2	19,6	18,3	13,7	7,2	1,7	0,5	8,1
Raugi	1945-69	-0,1	-0,2	-0,1	2,6	10,4	16,0	18,3	17,2	13,1	7,6	2,8	0,6	7,4
Virtsu	1899-10	-0,1	-0,1	0,1	1,6	10,7	15,3	18,0	16,6	12,7	8,0	2,8	0,2	7,2
Viirelaid	1926-39	0,0	-0,3	-0,1	2,8	10,7	15,9	19,4	18,3	13,5	7,7	4,0	1,5	7,8
M_5	1958-69					7,2	12,7	16,9	16,8	14,5	10,1	6,0		
M_9	1958-68					9,3	15,2	17,9	17,5	14,1	8,9	4,8		
M_{21}	1958-69					9,2	15,2	17,6	17,8	14,5	10,0	5,1		
M_{35}	1923-39 1958-69					8,2	14,8	17,2	17,8	14,7	10,3	6,0		
Viire kurk	1925-34		-0,3	-0,2	1,5	6,6	13,7	18,8	18,6	14,6	9,3	5,5		

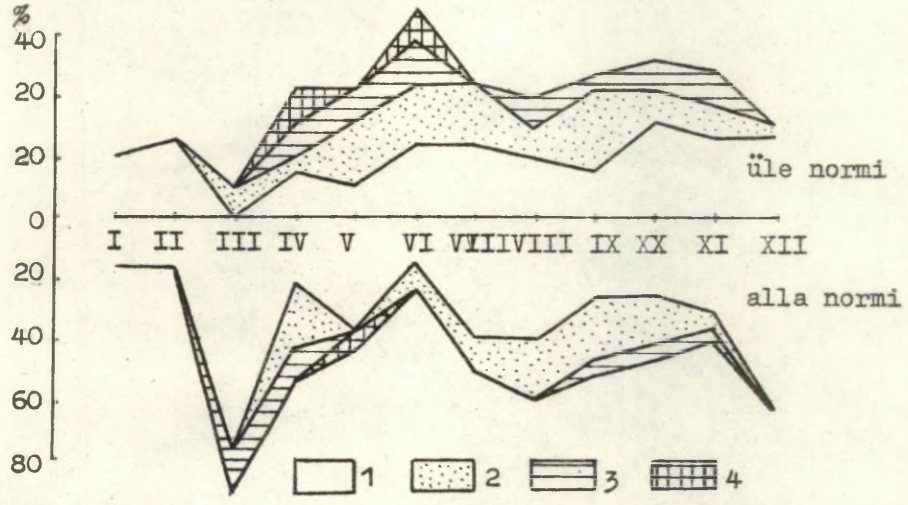
aastane amplituud on Väinameres 17-19°, mis on 2-4° võrra suurem kui naabruses paiknevates Läänemere osades (Lenz, 1971).

Talvekuudel (jaanuar-märts) on keskmine veetemperatuur kogu ala ulatuses -0,3 kuni 0,1° C. Veetemperatuur on alla 0° keskmiselt 70-85 päeva vältel; karmidel talvedel on see arv ulatunud 120-ni. Väga külmal 1959/60.a. talvel, mil õhutemperatuur oli Heltermaal alla 0° detsembri esimesest dekaadist aprilli esimese dekaadini (22. joon.), tekkis kinnisjää 6. detsembril ja püsis 23.aprillini. Järgnev, 1960/61.a. talv oli aga erandlikult soe (22. joon.). Veetemperatuur oli alla 0° kogu talve jooksul ainult 30 päeva. Klimaatiliste näitajate järgi võib 1960/61.a. talve lugeda viimase saja aasta kõige pehmemaks talveks Eestis (Raik, 1962).

Üle 0° tõuseb veetemperatuur märtsi teisel poolel (30. tabel). Selle piiri läbimise kuupäevades on olnud väga suuri kõikumisi. 22-aastase vaatlusperioodi (1948-69) jooksul oli Virtsus varaseim vee temperatuuri tõus üle 0° 21. veebruaril 1961.a. ja hiliseim - 29.aprillil 1955.a. Maikuu keskmine veetemperatuur on ranniku lähedal 7-8° kõrgem kui aprillis ja juunis 5-6° võrra kõrgem kui mais. Kui talvekuudel ei ole erinevate aastate kuu keskmiste temperatuuride vahel suuremaid erinevusi, siis kevadkuudel on need küllaltki suured (23.-25.joon.). Näiteks on Sõru andmeil aprilli keskmine temperatuur 17-aastase vaatlusperioodi kestel kõikunud 0,1° C (1963.a.) ja 6,4° C (1953.a.) vahel (keskmine 3,6° C). 23. joonisel on toodud kuu kesk-



22. joon. Dekaadi keskmise vee- (1) ja õhutemperatuur (2) Heltermaal 1959./60. a. (A) ja 1960./61. a. (B) talvel.

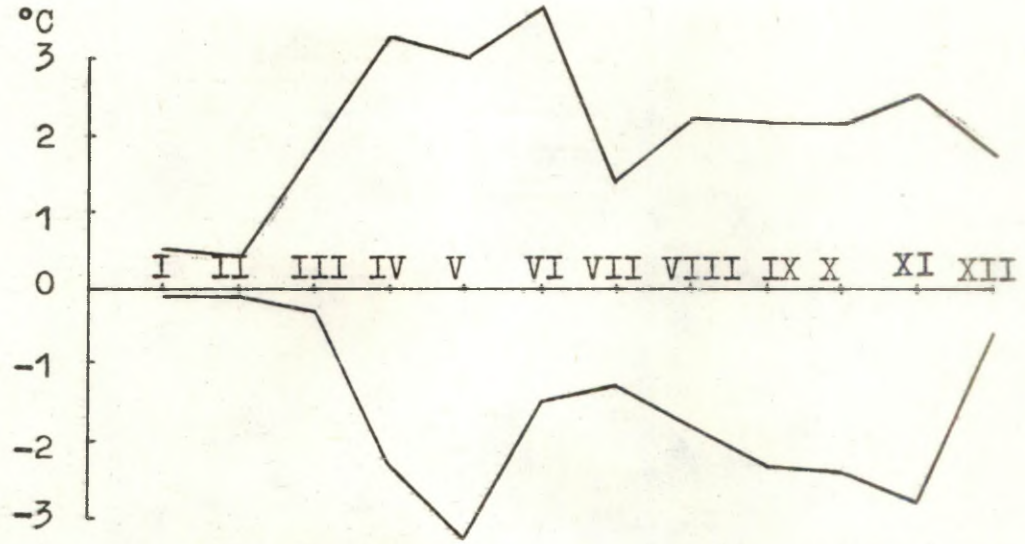


23. joon. Kuu keskmiste veetemperatuuride kõrvalekallete korduvus (%) normist Heltermaal 1950 - 69.11 - 0,1 - 1°C, 2 - 1,1 - 2°C, 3 -2,1-3°C, 4 - üle 3°C.

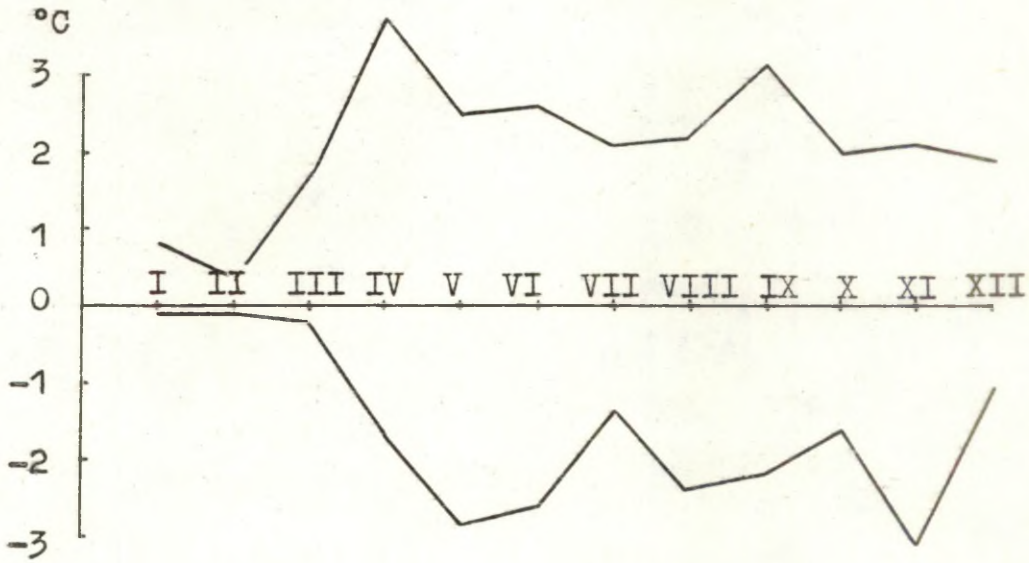
30. tabel

Ööpäeva keskmise veetemperatuuri 0°, 3°, 8°, 12°, 15° ja 18° läbimineku keskmised kuupäevad

Vaatlusjaam (-post)	Temperatuuri tõus üle						Temperatuuri langus alla					
	0°	3°	8°	12°	15°	18°	18°	15°	12°	8°	3°	0°
Heltermaa	15.III	18.IV	7,V	20.V	5.VI	2.VII	14.VIII	8.IX	23.IX	16.X	14.XI	31.XII
Haapsalu	18.III	18.IV	30.IV	14.V	1.VI	21.VI	18.VIII	7.IX	21.IX	11.X	6.XI	-
Rohuküla	26.III	22.IV	8.V	26.V	8.VI	10.VII	10.VIII	9.IX	25.IX	18.X	15.XI	1.I
Sõru	15.III	15.IV	1.V	19.V	8.VI	7.VII	14.VIII	7.IX	24.IX	18.X	14.XI	5.I
Virtsu	26.III	25.IV	11.V	28.V	13.VI	11.VII	12.VIII	10.IX	27.IX	20.X	19.XI	2.I
Raugi	21.III	19.IV	5.V	21.V	7.VI	9.VII	5.VIII	5.IX	21.IX	14.X	12.XI	5.I



24. joon. Suurimad kuu keskmise veetemperatuuri kõrvalekalded normist Heltermaal 1959 - 69.



25. joon. Suurimad kuu keskmise veetemperatuuri kõrvalekalded normist Virtsus 1945 - 69.

miste veetemperatuuride kõrvalekallete korduvus (%) normist Heltermaal. Kõige väiksemad on kõrvalekalded (v.a. talvekuud) olnud juulis.

Üle 15° C on rannikulähedase vee temperatuur 90-95 päeva - juuni esimesest poolest septembri esimese dekaadi lõpuni. Üle 20° on kuu keskmine veetemperatuur tõusnud ainult üksikutel suvedel. Ainult madalas Haapsalu lahes on pooltel suvedel juuli temperatuur olnud mõni kümnendik kraadi üle 20° C. Sama võib oletada ka Matsalu lahe kohta. Mõnel aastal on kõige soojemaks kuuks osutunud august ja kahel korral (1956. ja 1961.a.) juuni.

Sügisel on veetemperatuuri langus veidi aeglasem kui kevadine tõus. Alla 0° langeb temperatuur võrdlemisi hilja - tavaliselt detsembri lõpul või jaanuari algul. Selle piiri läbimise äärmuskuupäevad Virtsu andmeil on 7.november 1956.a. ja 17. jaanuar 1961.a.

Väinamere avaosa temperatuuri aastast käiku täpselt iseloomustada ei ole praegu veel võimalik. Küllaldane hulk vaatlusandmeid on selle ala kohta ainult maist novembrini, talvekuudel aga on selles piirkonnas veel vähe vaatlusi tehtud. Suvekuudel on Väinamere avaosas ja väinades temperatuur madalam, sügiskuudel aga kõrgem kui rannikulähedase vee temperatuur (vt. lk. 120).

Sügavamates kihtides on temperatuuri käik ajaliselt sarnane pinnakihi omale, ainult amplituud on väiksem. Ainult Viire kurgus saabus 1925-34.a. vaatluste põhjal sügavkihtide maksimum augustis (pinnal juulis). Samade andmete põhjal on temperatuuri aastane amplituud pinnal 19°, 20 m sügavusel aga 16,5°.

Vee- ja õhutemperatuuri aastase käigu võrdlemisel ilmneb, et nende vahel valitseb võrdlemisi tihe seos (26. joon.). Temperatuuri kevadise tõusu perioodil (aprillis, mõnes kohas ka mais) on veetemperatuur rannikujaamade andmeil veidi madalam kui õhutemperatuur. Teisel kuudel on aga merevee temperatuur õhutemperatuurist kõrgem. Lisaks aprillile avaldab ka maikuus Väinamere avaosa jahutavat toimet õhule. Väinamere vees akumuleerunud suhteliselt märgatavad soojusevarud (avamerega võrreldes siiski väikesed) avaldavad soojendavat toimet ümbritsevale maismaale just sügiskuudel (vt.lk. 52).

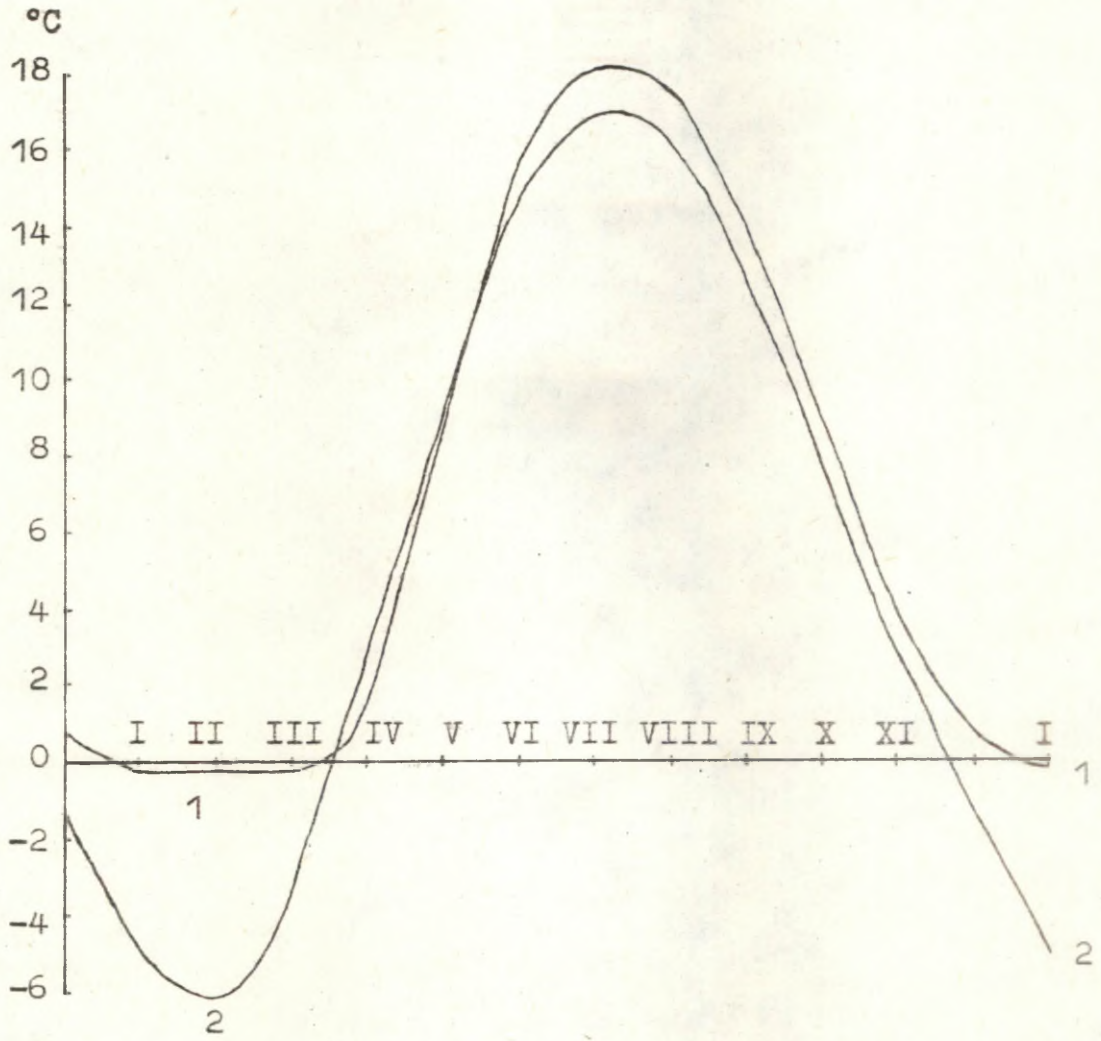
Mõnede dekaadide keskmise õhu- ja veetemperatuuri vahelist seost näitab 31. tabel. Kõige tihedam on seos sügiskuudel ($r > 0,90$), mil ei esine enam järske temperatuurimuutusi.

31. tabel

Dekaadi keskmise õhu- (t_a) ja veetemperatuuri (t_w) seos

Kuu ja dekaad	Vaatlusjaam	Vaatlusperiood	Regressioonivõrrand	Korrelatsioonikordaja (r)
Mai I	Heltermaa	1959-69	$t_w=1,1t_a+0,4$	0,75
	Virtsu	1947-69	$t_w=0,7t_a+0,5$	0,62
Juuli III	Heltermaa	1959-69	$t_w=0,3t_a+14,9$	0,67
	Virtsu	1947-69	$t_w=0,9t_a+3,3$	0,89
Oktoober III	Heltermaa	1959-69	$t_w=0,8t_a+1,3$	0,92
	Virtsu	1947-69	$t_w=0,7t_a+3$	0,94

<u>Ekstreemsed temperatuurid.</u> Merevee temperatuur kõigub, eriti rannikulähedases madalas vees, suurtes piirides. Õhukese veekihi tõttu on Väinamere veemassi üldine soojusmahtu-



26. joon. Vee- (1) ja õhutemperatuuri (2) aastane käik Virtsus 1947 - 69.

32. tabel

Veetemperatuuri absoluutsed miinimumid

Vaatluspunkt	Vaatlusperiood	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	1945–58	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	0,1	6,1	5,3	3,2	6,1	-0,3	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)
Haapsalu	1946–57	(-0,3)	(-0,3)	(-0,3)	-0,2	0,1	8,6	13,3	11,5	5,4	-0,1	(-0,3)	(-0,3)	(-0,3)
Rohuküla	1949–69	(-0,3)	(-0,3)	(-0,3)	(-0,3)	0,4	8,1	14,0	11,5	7,1	2,3	(-0,3)	(-0,3)	(-0,3)
Heltermaa	1949–69	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	0,2	7,8	13,0	10,6	4,4	0,2	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)
Sõru	1947–64	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	0,5	7,7	9,5	6,8	4,5	-0,3	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)
Raugi	1945–69	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	0,3	7,7	11,1	10,6	5,1	0,0	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)
Virtsu	1945–69	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	0,0	8,2	13,2	10,2	5,5	1,1	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)
Viirelaid	1925–40	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)	-0,3	1,0	8,4	11,6	12,4	4,8	1,0	(-0,4)	(-0,4)	(-0,4)
M_5	1958–69					4,2	4,3	9,3	6,9	9,9	6,2	2,9		
M_9	1958–68					6,6	7,1	14,0	9,2	10,6	4,1	1,4		
M_{15}	1923–39 1949–69					6,4	9,8	13,8	15,3	10,2	5,8	2,3		
M_{21}	1958–69					4,4	8,9	13,3	14,6	8,3	5,2	0,5		
M_{26}	1957–69					6,3	11,0	16,3	14,6	11,1	7,4	1,7		
M_{35}	1923–39 1958–69					2,2	8,6	14,2	14,4	10,2	7,4	1,6		

Märkus: Sulgudes on toodud vee külmumistemperatuur

vus väike ja järsud ilmastikutingimuste (temperatuur, pilvisus, tuul) muutused kutsuvad esile järske veetemperatuuri muutusi. Üksikute aastate ilmastiku suure muutlikuse tõttu esineb ka merevee temperatuurides väga suuri kõikumisi.

Suurimad temperatuuri amplituudid ranniku lähedal on täheldatud kevade lõpul ja sügise algul, ulatudes mais 20-25°-ni, septembris kuni 18°-ni. Väinades kõiguvad ekstreemsete temperatuuride amplituudid maist novembrini 6 ja 16° vahel. Rannikujaamade andmeil on need samadel kuudel 8-24°. Väinade paksem veekiht ja aktiivsem vete segunemine ühtlustavad veetemperatuuri. Väiksemad amplituudid väinades võivad ka osaliselt olla tingitud lühemast vaatlusperioodist ja väiksemast vaatluste arvust.

Veetemperatuuri absoluutne miinimum (32. tabel) on -0,4° C, mis vastab 6,5-8‰ soolsusega vee külmumistemperatuurile. Seda temperatuuri on mõõdetud kõigis vaatluspunktides (välja arvatud Haapsalu) kõigil talvekuudel novembrist aprillini. Suvel on veetemperatuur üldiselt kõrge. Vahel aga tungib Läänemerest väinadesse ka jahedamat süvavett. Taoline olukord esines, näiteks, 1959.a. juuli- ja augustikuus (Нардисте Х., 1967). Nimetatud kuud olid väga soojad - veetemperatuur oli ranniku lähedal umbes 2° keskmisest kõrgem. Hari kurgus aga oli merevee temperatuuride jaotus järgmine:

Horisont \ Kuupäev	16.VII	20.VII	24.VII	2.VIII	7.VIII	13.VIII
0 m	18,9°	18,3°	20,0°	6,9°	14,5°	17,0°
10 m	18,92°	11,84°	5,78°	6,82°	5,71°	10,98°

Kõnesoleval perioodil tungis jahedam vesi Hari kurku, kus augusti algul kerkis kuni pinnani. Samal ajal oli kaldavaatluste järgi nii vee- kui ka õhutemperatuur kõrged (Heltermaal vastavalt 18–24° ja 15–23° C).

Võrreldes avamerega on Väinamere maksimumtemperatuurid (33. tabel) tunduvalt kõrgemad. Rannikuvaatluste põhjal kõiguvad absoluutsed maksimumtemperatuurid sügavamates mõõtmiskohtades (Heltermaa, Virtsu, Rohukülla) 24–25° ümber,[1] madalamas rannikulähedases vees (Vormsi, Haapsalu, Sõru) aga 26–27° ümber. Erandlikult kõrged temperatuurid (28–31°) mõõdeti 1945.–48.a. Raugil, kus vaatlusi tehti väga madalas rannikulähedases vees. Väinamere avaosas on maksimumtemperatuurid 21–22°C.

Tavaliselt esinevad maksimumtemperatuurid juulis või augustis. Mõnel suvel aga on kõrgeim temperatuur registreeritud juunis või isegi septembris (Virtsus 1968.a.). Kõige soojemateks kuudeks pärastsõjaperioodil olid 1945.a. juuli ja 1955.a. august, millede Väinamere keskmine merevee temperatuur oli mitme rannikujaama andmeil veidi üle 20° C. Kõrgeim kuu keskmine temperatuur Väinameres (21,5°C)[2] re-

[1] Veelgi kõrgemad temperatuurid mõõdeti 1973.a. juulis – Heltermaal 26,9° ja Virtsus 25,5°C.

[2] 1972.a. juuli keskmine veetemperatuur Heltermaal oli 22,1°C.

33. tabel

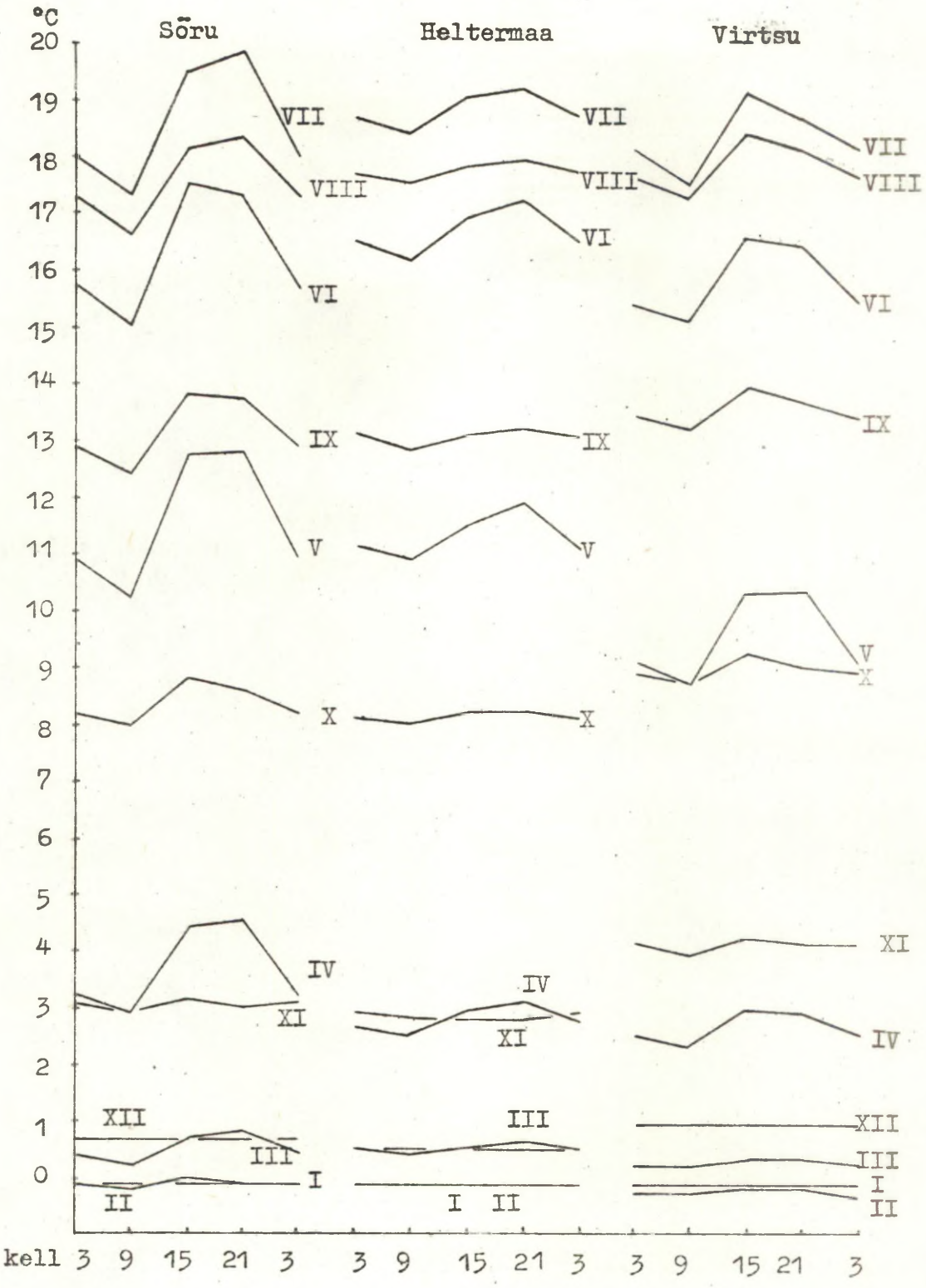
Veetemperatuuride absoluutsed maksimumid

Vaatluspunkt	Vaatlusperiood	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vormsi	1945–58	2,6	2,2	5,0	16,0	24,4	26,2	25,9	25,3	22,5	14,0	8,6	4,7	26,2
Haapsalu	1946–57	1,5	0,9	1,8	15,4	22,2	26,8	26,0	24,4	21,1	13,8	7,6	5,0	26,8
Rohuküla	1949–69	1,2	0,6	2,3	11,3	18,0	23,1	23,7	23,9	21,3	14,0	9,1	3,8	23,9
Heltermaa	1949–69	2,1	1,2	4,1	13,2	20,6	25,0	24,6	24,5	21,9	13,2	9,2	4,9	25,0
Sõru	1947–64	3,7	2,3	5,6	15,2	23,2	26,6	27,1	25,2	22,6	14,5	10,1	5,8	27,1
Raugi	1945–69	2,6	2,0	4,5	16,4	24,3	28,5	31,2	29,6	22,6	14,6	9,4	5,6	31,2
Virtsu	1945–69	2,4	1,3	3,5	11,2	19,1	24,8	25,3	24,o	22,3	14,3	9,6	4,9	25,3
Viire-laid	1925–40	3,4	0,2	3,3	14,7	24,8	28,8	28,5	25,8	22,4	16,o	10,0	5,9	28,8
M_5	1958–69					12,4	2o,o	2o,9	21,3	19,6	13,5	9,7		21,3
M_9	1958–68					12,4	21,4	21,6	21,7	17,2	13,1	7,8		21,7
M_{15}	1923–39 1949–69					11,1	19,6	2o,1	22,3	19,4	13,4	9,9		22,3
M_{21}	1958–69					15,8	2o,4	22,o	21,2	2o,6	13,8	9,3		22,0
M_{26}	1957–69					11,8	21,5	2o,6	22,4	2o,8	13,4	8,9		22,4
M_{35}	1923–39 1958–69					14,3	21,1	21,3	21,6	20,3	13,9	10,1		21,6

gistreeriti 1955.a. augustis Haapsalus. 24-aastase vaatlusperioodi kõige soojemad dekaadid olid Virtsus 1945.a.juuli teine dekaad (22,8°C) ja 1959.a. juuli kolmas dekaad (21,4°C). Jahedamatel suvedel (1956, 1958, 1965.a.) ei ole kõige soojema kuu veetemperatuur Virtsus tõusnud üle 17°C.

Merevee temperatuuri ööpäevane kõikumine. Kuna tihendatud (igatunniseid) temperatuuri mõõtmisi on Väinamere ääres väga vähe tehtud, siis järgnevalt on rannikuvööndi pinnatemperatuuri ööpäevase käigu analüüsiks kasutatud Sõrus, Heltermaal ja Virtsus 1959.-63.a. tehtud standardvaatluste (kell 3, 9, 15 ja 21) andmeid. 27. joonisel on kujutatud veetemperatuuri ööpäevane käik nimetatud jaamade kohta kuude kaupa. Veetemperatuuri maksimum saabub Väinameres üldiselt 2,5-3 tundi peale keskpäeva, miinimum aga enne päikesetõusu. Nimetatud joonisest nähtub, et veetemperatuuri ööpäevase kõikumiste amplituud omab järgmise aastase käigu. Detsembrist veebruarini, mõnel aastal ka novembrist märtsini, on temperatuur lähedane vee külmumistemperatuurile. Jääl oleva lumepinna suure albeedo /A.Pastorsi (Пасторс, 1966) järgi on see Riia lahel talvel 50-60 %/ tõttu ei avalda talvekuude niigi väike päikesekiirgus nimetamisväärset mõju veetemperatuurile. Ka hoovused on talvel nõrgad.

Märtsist maini leiab aset võrdlemisi kiire ööpäevaste amplituudide kasv. Temperatuuride ööpäevased amplituudid on suurimad maist juulini. Madala veega Sõrus olid keskmised amplituudid mais 2,6°, sügavama veega Heltermaal aga 1,0°. Tallinna Hüdrometeoroloogia Observatooriumis arvuta-



27. joon. Keskmise veetemperatuuri ööpäevane käik kuude kaupa 1959 - 63.

tud veetemperatuuride suurimaid ööpäevaseid muutusi kajastab 34.tabel. Nimetatud tabelis toodud andmete analüüs näitab, kuivõrd suuri temperatuuride kõikumise erinevusi põhjustab mõõtmiskoha asend. Väga madalas rannikulähedases vees (Raugi, Vormsi) on suvekuudel temperatuuri ööpäevane amplituud olnud kuni kaks korda suurem sügavamas vees (Heltermaa, Virtsu) esinevast amplituudist. Suured temperatuuri kõikumised on madala vee puhul tingitud suurtest kontrastidest öise ja päevase kiirgusbilansi vahel ja sügavamas vees tuule suuna muutustest. Maalt mere suunas puhuvad tuuled ajavad soojema pindmise veekihi ära ja pinnale kerkib jahedam vesi.

Juulist kuni jää tekkeni kahanevad merevee temperatuuride keskmised ööpäevased amplituudid ühtlaselt. Suuremad temperatuurikõikumised kevadkuudel ja nende vähenemine sügiskuudel on seotud pilvituse aastase käiguga. Mais ja juunis on selge taevas (üldpilvitus 0-2 palli) Väinamere piirkonnas 27-34 % korduvusega ja pilves taevas (8-10 palli) 48-52 % korduvusega. Vastavad arvud on oktoobris 14-18% ja 66-69% ning novembris 8-12% ja 78-82% (Справочник по климату СССР, вып. 4,ч. V). Vähene pilvitus kevadel ja suvel soodustavad suuri kontraste päevase ja öise kiirgusbilansi vahel ja seega ka suuremaid temperatuuri kõikumisi. Lauspilvisusega sügiskuudel on kiirguse osa temperatuuri lühiajalises kõikumises tunduvalt väiksem.

Nelja/tähtajaliste vaatluste põhjal esineb temperatuuri miinimum kell 9 ja maksimum kas kell 21 (Heltermaa) või kell 15 (Virtsu). Sõrul on maksimum mõnel kuul kell

34. tabel

Pinnatemperatuuri suurimad ööpäevased muutused (°C)
4 vaatlustähtaja jooksul

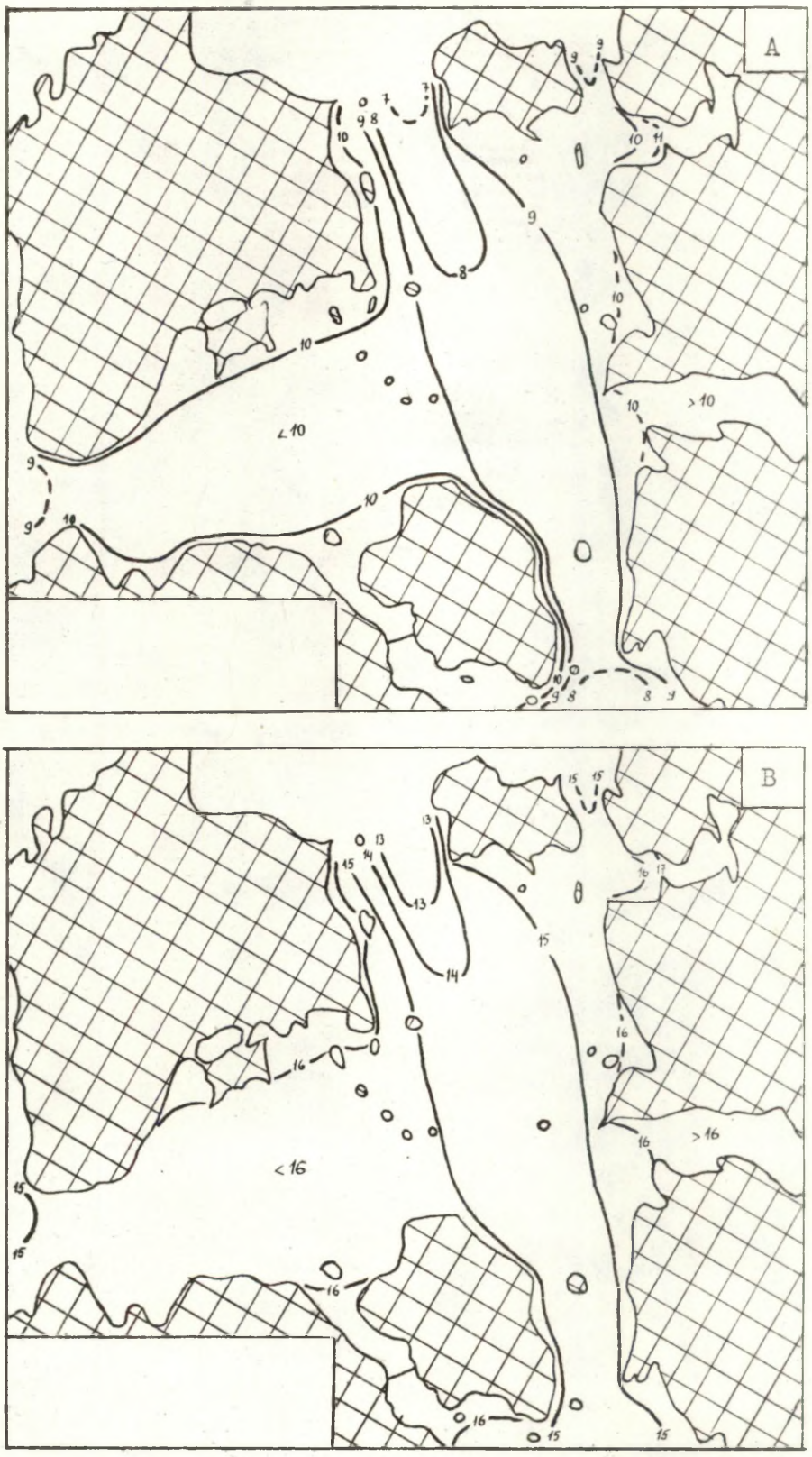
Jaam	Periood	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Vormsi	1952-58	2,1	1,6	2,8	8,1	10,7	12,3	12,4	8,8	5,7	4,2	3,8	2,2
Haapsalu	1947-56	0,8	0,7	1,2	6,7	7,5	6,5	9,0	5,4	3,4	5,4	3,0	3,0
Heltermaa	1959-64	1,8	0,8	2,1	6,8	4,3	7,7	3,5	5,3	4,5	5,8	4,9	1,8
Sõru	1948-63	2,4	1,9	4,0	7,6	10,3	8,1	9,8	9,5	5,2	5,8	5,4	4,9
Ruugi	1947-59	2,4	2,1	2,6	11,0	13,7	11,2	9,3	11,8	9,7	6,4	4,3	3,6
Virtsu	1950-64	1,3	1,1	3,1	6,0	7,2	7,2	6,3	4,3	3,6	5,6	3,0	2,4

15 (juuni, september, oktoober), enamasti aga kell 21.

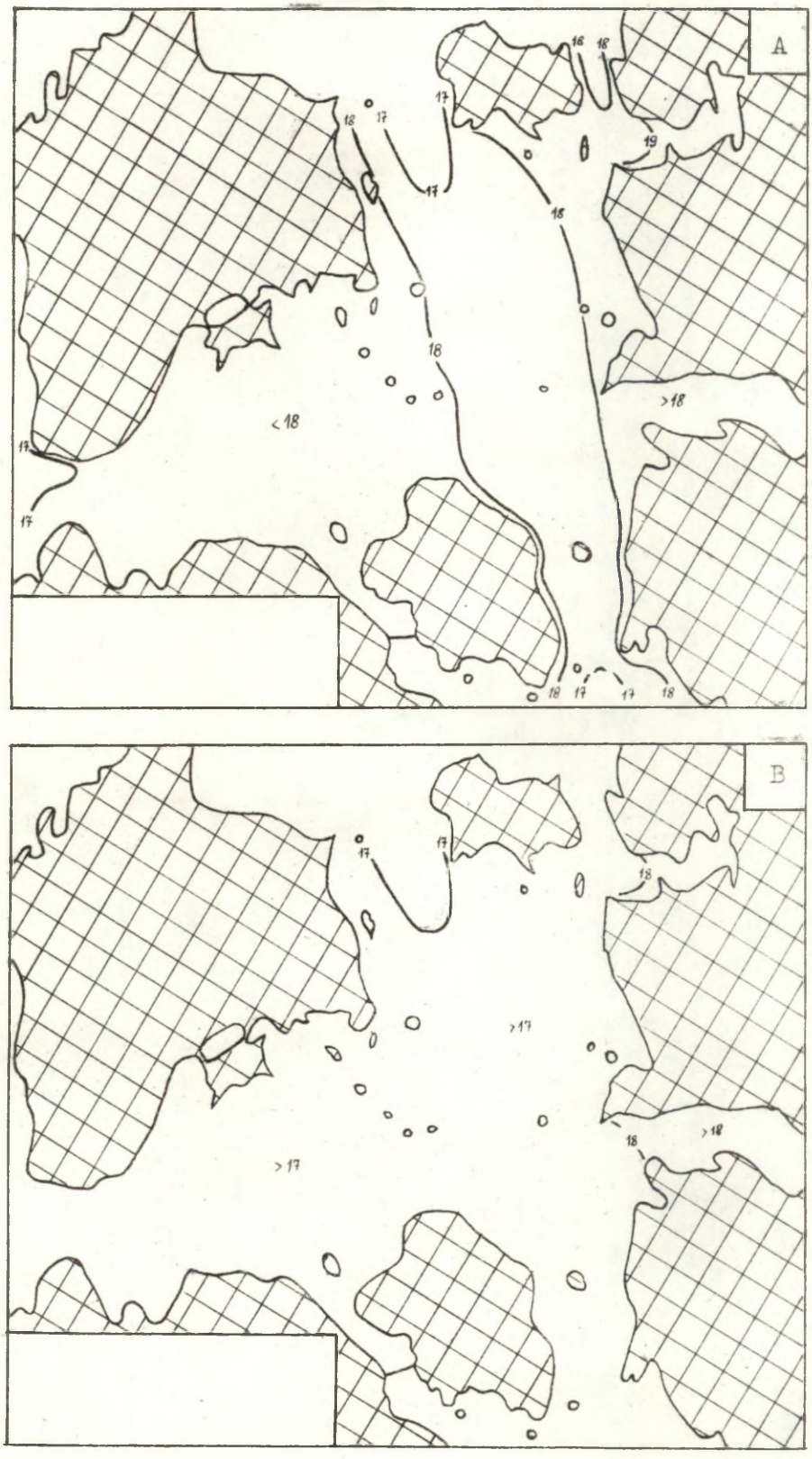
1964. aastal maist oktoobrini Helteraaal veidi rohkem kui 20 päeval sooritatud tihendatud temperatuurimõõtmised (2 tunnise intervalliga) aitavad mõnevõrra täpsustada temperatuuride ööpäevaseid muutusi. Veetemperatuuri miinimum saabus enamasti kell 9, harvemini kell 7, maksimum kell 19, mõnikord kell 21 või 17. Samadel päevadel registreeritud õhutemperatuuri miinimumist ja maksimumist saabusid vastavad veetemperatuuri näitajad kaks kuni neli tundi hiljem.

Väinamere avaosas on tihendatud vaatlusi temperatuuri lühiajaliste kõikumiste väljaselgitamiseks tehtud liiga vähe. Neist vähestest vaatlustest ilmneb, et ööpäevased temperatuuri kõikumised on tavaliselt alla 1°. Väinades avaldab veetemperatuurile peale päikesekiirguse tunduvalt mõju veevahetus Läänemere teiste osadega. Tugevate hoovuste puhul korrapäraseid temperatuuri ööpäevaseid muutusi sageli ei esinegi. Avamerest Hari kurgu kaudu siseneva veevoolu korral on mõnikord 1-2 päeva vältel esinenud pidev veetemperatuuri langus. Näiteks langes merevee temperatuur 1964. a. 12. augustist kella 9-st kuni 13.augustini kella 5-ni 4,2°.Veetemperatuuri languse põhjustas antud juhul jahedama vee tugev sissevool ja õhutemperatuuri langus.

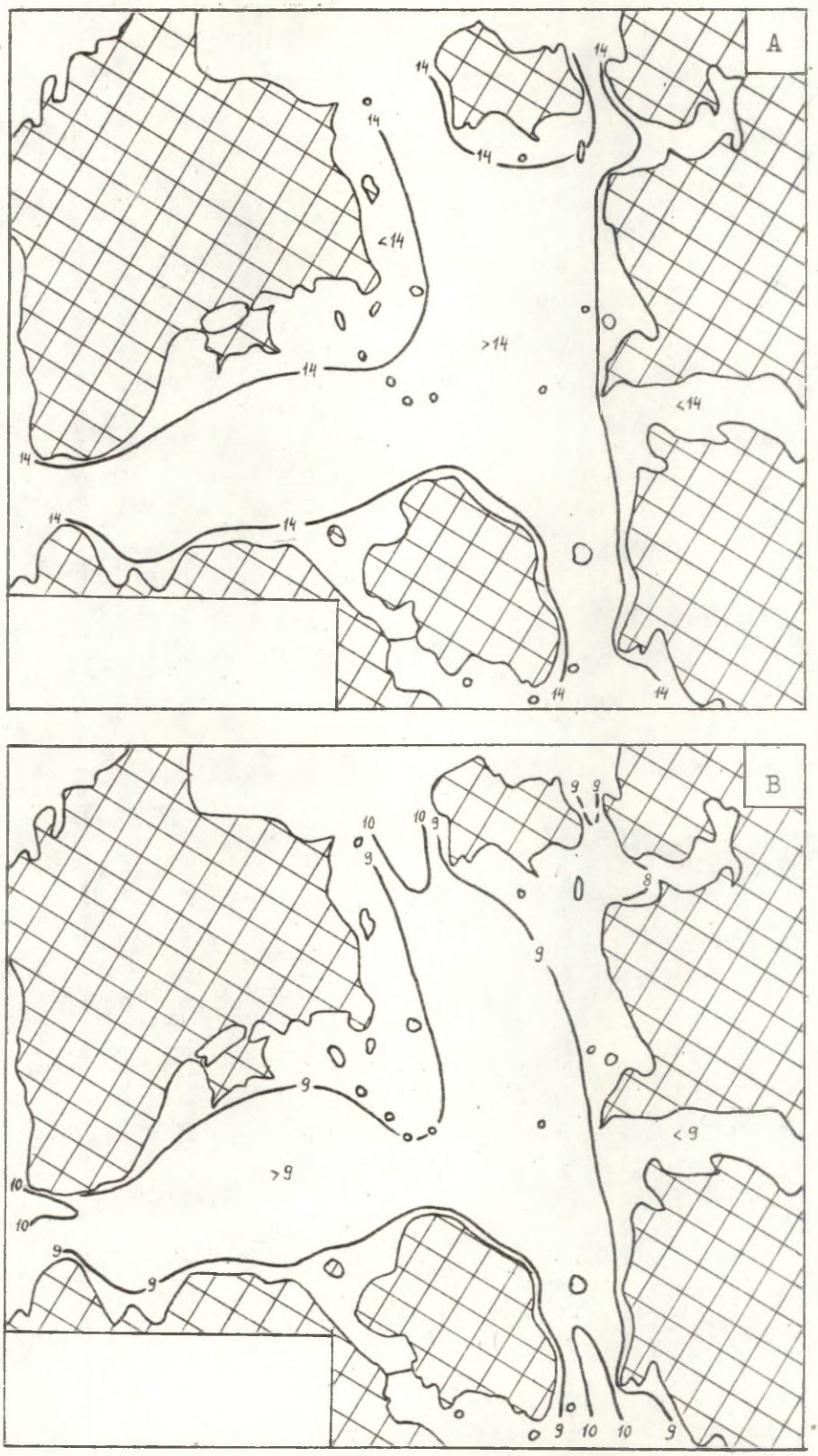
<u>Merevee temperatuuride horisontaalne jaotus.</u> Talvekuudel, kui Väinameri on jääkatte all, on merevee temperatuur kogu ala ulatuses väga ühtlane. Peale jää kadumist,mis leiab aset enamasti aprilli lõpul, algab kiire veetemperatuuri tõus, mis on intensiivsem ranniku lähedal ja Kassari lahes. Väinades on kevadel veetemperatuur 2-3° madalam kui



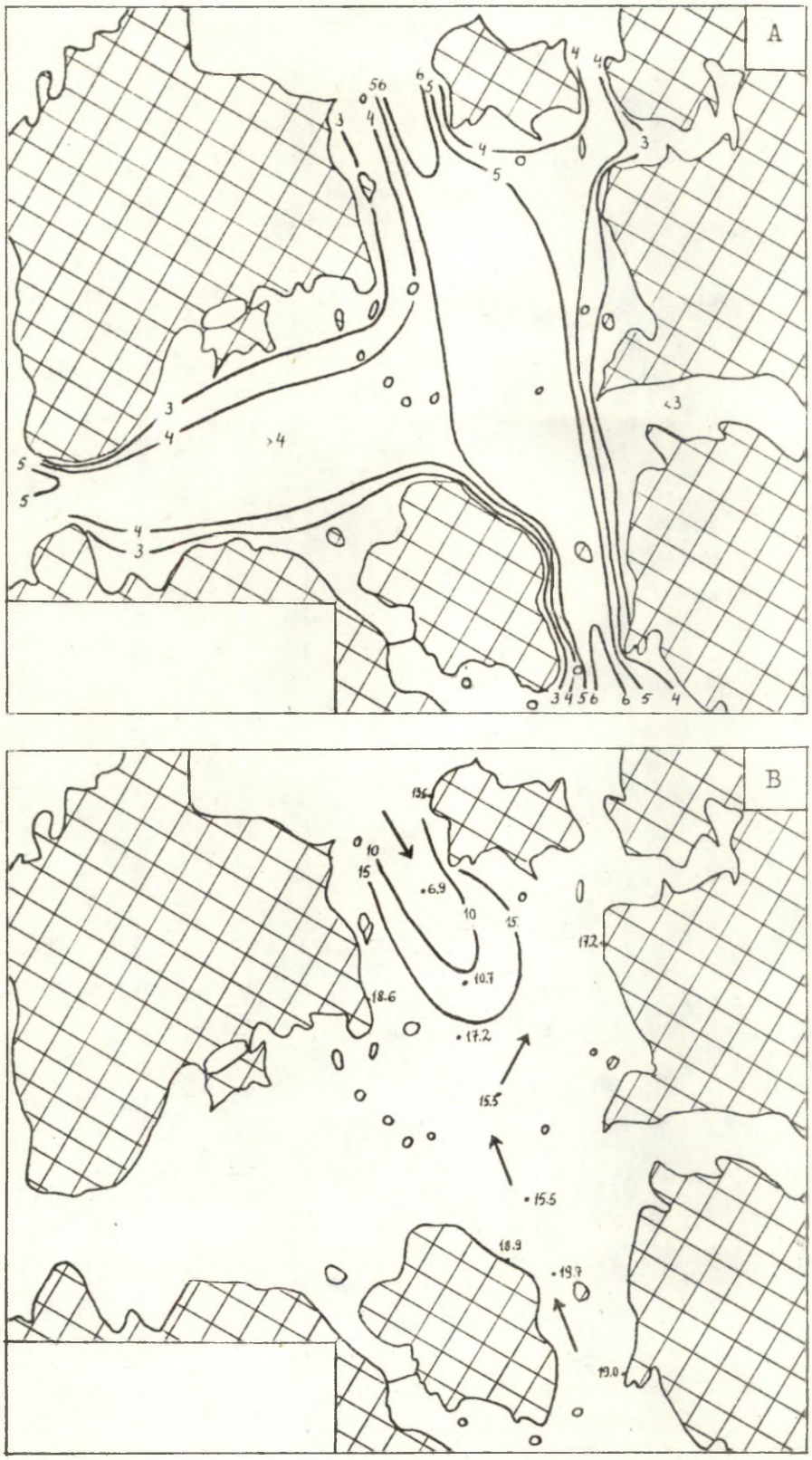
28. joon. Mai (A) ja juuni (B) keskmine veetemperatuur.



29. joon. Juuli (A) ja augusti (B) keskmine veetemperatuur.



30. joon. Septembri (A) ja oktoobri (B) keskmine veetemperatuur.



31. joon. Novembri keskmine (A) ja 2. aug. 1959. a. veetemperatuur (B). Nooltega on näidatud hoovuste suund.

ranniku lähedal (28.joon.). Kõige jahedam on vesi Hari kurgus; juunis on veetemperatuur seal enamasti 2° võrra madalam kui teistes väinades. Keskuvel on temperatuur kogu Väinamere ulatuses võrdlemisi ühtlane. Kõige kõrgemad merevee temperatuurid esinevad suvel Haapsalu ja Matsalu lahes (29.joon.). Juba augusti lõpupoole algab temperatuuri alanemine, mis on kiirem rannikulähedases madalas vees. Novembris on merevee temperatuurid rannikulähedases madalas vees 2-3° võrra madalamad kui väinades (31.joon.).28.-31. joonisel Väinamere äärmise lõunaosa kohta kujutatud temperatuurid on maist augustini 1-2° võrra madalamad ning oktoobris ja novembris 1-2° võrra kõrgemad A. Pastorsi (Пастрс, 1969) koostatud Riia lahe temperatuuride atlases toodud temperatuuridest. Ilmselt oli A. Pastorsil kasutada vähe vaatlusi Riia lahe põhjaosa kohta. Meie andmeist nähtub, et Riia lahe avaosa vete mõju (kevadkuudel jahutav, sügisel soojendav) Suure väina veetemperatuurile on suurem kui seda oletas A. Pastors.

Mõnikord on Väinameres täheldatud suuri kõrvalekaldeid ülaltoodud keskmistest merevee temperatuuridest. Erakordselt suured kontrastid Väinamere üksikute osade temperatuuride vahel olid 2.augustil 1959. a. Külma vee sissetungi tõttu Hari kurgust (vt.lk. 114) oli Väinamere põhjaosas suve kohta merevee temperatuur väga madal, Suurest väinast voolas aga Väinamerre lõunast soojemat vett. Muhu ja Kesselaiu vahel oli sel päeval merevee temperatuur 19,7° C, Hari kurgus aga ainult 6,9° C (31.joon.). Temperatuuride erinevus 40 km kohta oli seega 13°.

Erandlikele juhtudele vaatamata on väinade keskel ja lähemalasuvates rannikujaamades mõõdetud veetemperatuuride vahel küllaltki hea korrelatsioon. Üheaegselt Helterma al ja Hari kurgu keskosas mõõdetud pinnatemperatuurid andsid järgmise seose: temperatuuri tõusu perioodil (40 vaatlust maist juulini)

$$t_m = 1{,}28\ t_H - 7{,}1;$$

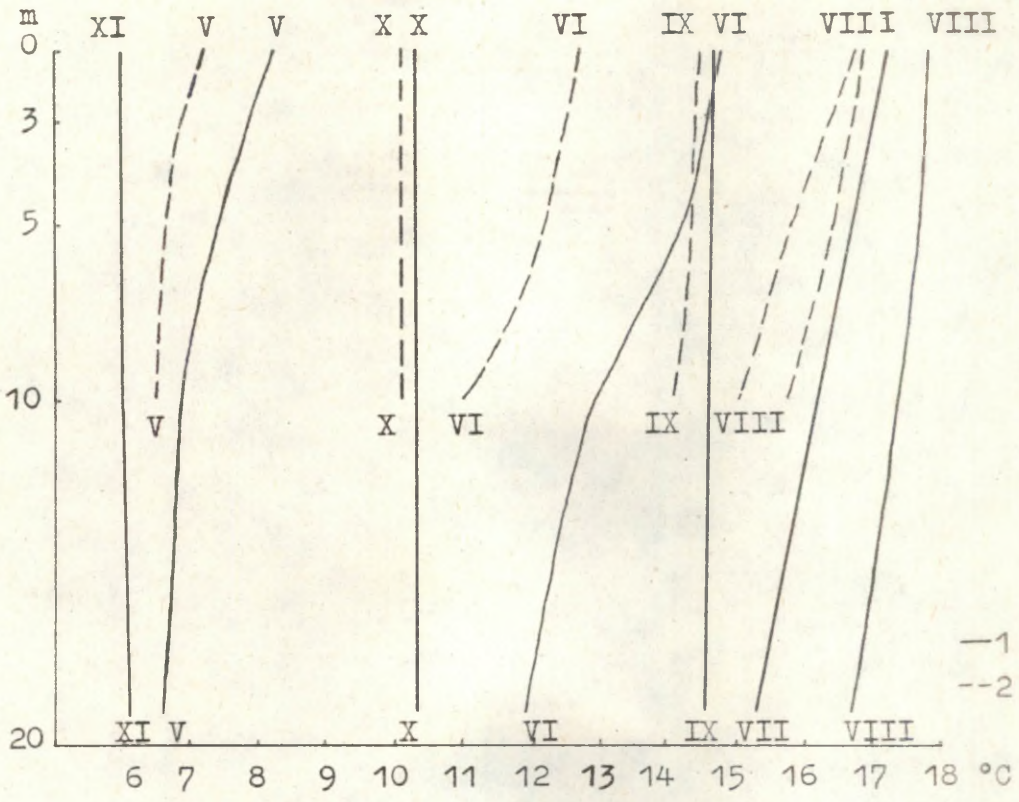
temperatuuri languse perioodil (42 vaatlust septembrist detsembrini) aga

$$t_m = 0{,}93\ t_H + 2,$$

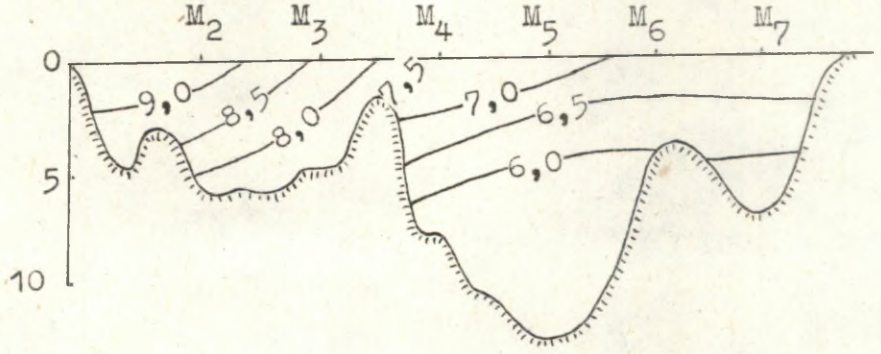
kus t_m - veetemperatuur Hari kurgu keskel, t_H - veetemperatuur Helterma al. Seos nimetatud temperatuuride vahel on tihe. Korrelatsioonikordaja (r) oli esimesel juhul 0,94 ja teisel juhul 0,98.

<u>Veetemperatuuri vertikaalne jaotus.</u> Madala vee, lainetuse ja tugevate hoovuste tõttu on Väinameres merevee temperatuuride vertikaalsed gradiendid väikesed. Keskmiste temperatuuride vertikaalne jaotus kuude lõikes on toodud 35. tabelis ja 32. joonisel.

Andmed näitavad, et maist augustini on merevee temperatuur pinnal veidi kõrgem kui põhjalähedases veekihis. Temperatuuri erinevus pinna- ja põhjalähedases veekihis on nimetatud kuudel Hari kurgus 0,7-1,8°, Voosi kurgus 0,2-0,7°, Soela väinas 0,3-0,7° ja Suures väinas 1,1-2,8°. Suuremad temperatuurikontrastid esinevad juunis, Hari kurgus aga enamasti augustis. Temperatuuride vertikaalne jaotus mais Hari kurgus on toodud 33. joonisel.



32. joon. Kuu keskmise veetemperatuuri vertikaalne jaotus Suures väinas (1) ja Hari kurgus (2).



33. joon. Mai keskmise veetemperatuuri vertikaalne jaotus Hari kurgus (Мардисте Х.,1967 järgi).

35. tabel

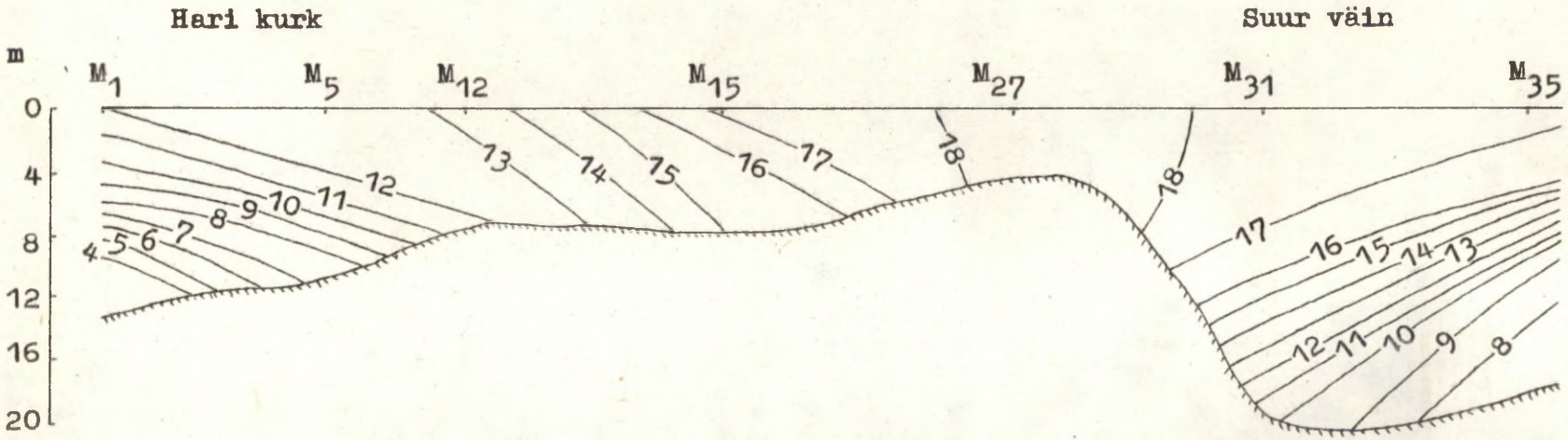
Veetemperatuuri vertikaalne jaotus

Vaatluspunkt	Horisont	IV$_{III}$	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII$_{I}$
	0		7,2	12,7	16,9	16,8	14,5	10,1	6,0	2,8
M$_5$	5		6,66	12,24	16,54	15,76	14,38	10,10	6,01	2,79
	10		6,50	11,08	15,77	14,99	14,13	10,07	6,03	2,89
	0	5,70	9,2	15,2	17,6	17,8	14,5	10,0	5,1	2,3
	3	5,28	8,97	14,81	17,29	17,60	14,51	10,10	5,23	2,39
M$_{21}$	5	5,52	8,68	14,61	17,27	17,54	14,53	10,09	5,16	2,48
	8	5,85	8,50	14,46	17,00	17,54	14,68	10,15	5,06	2,42
	0		8,2	14,8	17,2	17,8	14,7	10,3	6,0	3,0
	5		7,40	14,23	16,73	17,68	14,67	10,30	6,03	3,05
M$_{35}$	10		6,88	12,91	16,11	17,34	14,62	10,37	6,07	3,17
	19		6,64	11,95	15,28	16,71	14,54	10,31	6,10	3,19
	0		6,6	13,7	18,8	18,6	14,6	9,3	5,5	
Viire kurk	5		5,3	11,2	16,6	17,6	14,1	9,3	5,9	
	10		5,2	10,8	15,7	17,1	13,8	9,2	5,9	
	20		5,0	10,2	14,2	16,3	13,6	9,5	5,9	

Märkus: Aprillis on arvutatud III dekaadi ja detsembris I dekaadi keskmine temperatuur.

Septembrist novembrini temperatuuride keskmine erinevus pinna- ja põhjakihi vahel ei ületa enamasti 0,2°, ainult Hari kurgus ulatub see septembris 0,37°-ni. Mõningatel juhtudel on sellel perioodil seoses pinnakihtide intensiivse jahtumisega põhjalähedane vesi olnud veidi soojem. Detsembrist märtsini on kogu Väinamere ulatuses pindmine vesi põhjalähedasest veidi külmem. Jääkatte esinemise ajal on merevee temperatuuride vertikaalset jaotust vähe määratud. 1958., 1960. ja 1963.a. veebruaris ja märtsis oli veetemperatuur jää all -0,3° C, sügavamal -0,2 kuni -0,3° C, põhjalähedases kihis väinade keskel aga mõnikord umbes -0,1° C.

Mai lõpust augusti alguseni on Hari kurgu temperatuuri vertikaalses profiilis temperatuuri ühtlase alanemise asemel põhja suunas mõnikord esinenud selgelt väljakujunenud hüppekiht. Hüppekiht, mille paksus on juulis ja augustis 10-15 m, algab Läänemere põhjaosas 10-20 m sügavuselt (Lenz, 1971). Tugevate suuremat veekihti haaravate ja lõunasse voolavate hoovuste korral surutakse jahedam sügavvesi lõuna suunas madalduvas Hari kurgus pinnale lähemale. Samasugune nähtus, kuigi harvem ja vähemselgelt, leiab aset Suures väinas põhja suunduvate hoovuste korral. Temperatuuri hüppekiht Riia lahes asub juunis 12-14 m, juulis 18-22 ja augustis umbes 25 m sügavusel (Пасторс , 1969). Suurim temperatuurikontrast Suure väina keskel (M_{35}) mõõdeti 14. juunil 1961.a., kui veetemperatuur pinnal oli 21,1°, 5 m sügavusel 19,7°, 10 m sügavusel 15,19°, 15 m sügavusel 12,12° ja 19 m sügavusel 11,56° C. Hoopis suuremad vertikaalsed gradiendid olid samal ajal (13.juunil) Hari kurgus, kus 5 m sügavusel oli



34. joon. Veetemperatuuri vertikaalne jaotus Hari kurgu - Suure väina joonel 15. juunil 1966. a.

temperatuur 19,8° ja 7 m sügavusel 8,6° C. Hüppekihi üheaegset esinemist nii Hari kurgus kui ka Suures väinas illustreerib 34. joonis. Mõõtmiste ajal esines kogu profiili ulatuses lõunasse kiirusega 10–30 cm/s voolav hoovus. Mõnikord on hüppekiht kerkinud veepinnani. Harva mais ja juunis on hüppekihti märgatud ka Kassari lahes ja Soela väinas (vt. Мардисте Х., 1967, 4. joon.).

Tehtud mõõtmiste põhjal on temperatuuri hüppekiht juunis Hari kurgus esinenud umbes 25% juhustest (hüppekihi esinemiseks on loetud ka juhud, kui temperatuur võrreldes eelnevate mõõtmistega on kogu profiili ulatuses tunduvalt madalam). Juulis ja augustis on ta esinenud harvem – 8–10% juhtudest, mais ja septembris väga harva – 3–4% juhtudest.

5.5. Jääolud.

Jää levik. Väinameri kuulub Eesti NSV rannikumere kõige karmimate jäätingimustega piirkondade hulka. Pika jääperiodi tingivad veekogu madalaveelisus ja eraldatus avamerest. Väinamere vesi jahtub sügisel kiiresti (vt. lk.109), avamere soojema vee ja lainetuse jäätumist takistav mõju avaldub teatud määral ainult Hari kurgus ja Soela väinas. Saarterohkuse tõttu on lainetuse purustav mõju jääle võrdlemisi nõrk.

Jää algvormid tekivad madalates lahtedes tavaliselt novembri teisel poolel. Kõige varem kattuvad jääga Haapsalu, Matsalu ja Käina laht ning Väike väin ja Voosi kurk. Esimese jää tekkimise, samuti kõigi teiste jäänähtuste kuupäevad kõiguvad talve karmusest sõltuvalt väga suurtes piirides (36.tabel). Kui esimene jää tekib Väinamere siseosa rannikul harilikult novembri teisel poolel, siis mõnikord on jääd täheldatud juba oktoobri lõpus (Heltermaal ja Vormsis 24. okt. 1959.a.). Erakordselt soojadel sügistalvedel on jäätekke algus liikkunud isegi jaanuari lõpule (1930. a.).

Tavaliselt kattub Väinamere siseosa kinnisjääga detsembri lõpul - jaanuari algul. Peaaegu igal talvel laguneb veekogu avaosas alles tekkinud jääkate vähemalt ühe korra tormide ja sulade tagajärjel. Mõne väga muutliku talve kestel on kogu vaatluspunktidest nähtav meri (keskmiselt 10-15 km) üleni külmunud ja osaliselt jälle lahti läinud

36. tabel

Jäänähete esinemise keskmised (K), varased (V) ja hilised (H) kuupäevad (Алексеева, 1967 järgi)

Vaatluspunkt	Esimese jää tekkimine			Püsiva noorjää tekkimine			Püsiva kinnisjää tekkimine			Esimene täielik kinnikülmumine			Lõplik kinnikülmumine	
	K	V	H	K	V	H	K	V	H	K	V	H	K	V
Vormsi	7.XII	24. X	30. I	21.XII	7.XI	-	8. I	14.XI	-	5.II	3.XII	-	-	30. I
Haapsalu	25.XI	28. X	29. I	11.XII	1.XI	27.II	13.XII	7.XI	27.II	16.XII	8.XI	13.III	21.XII	19.XI
Rohuküla	28.XI	2.XI	30.XII	13.XII	8.XI	20. I	21.XII	19.XI	20. I	26.XII	30.XI	22. I	12. I	6.XII
Heltermaa	23.XI	24. X	15. I	18.XII	23.XI	10.II	27.XII	25.XI	-	30.XII	6.XII	4.II	18. I	6.XII
Sõru	27.XI	27. X	30. I	16.XII	29. X	-	26.XII	18.XI	-	9.II	23.XII	-	-	8.II
Raugi	14.XII	30. X	10.III	27.XII	26.XI	-	7. I	29.XI	-	6. I	29.XI	14.III	11. I	29.XI
Virtsu	13.XII	26. X	30. I	22.XII	23.XI	30. I	2. I	1.XII	-	7. I	2.XII	-	11. I	11.XII
Viirelaid	19.XII	19.XI	9.III	24.XII	25.XI	30. I	29.XII	25.XI	5.II	1. I	27.XI	13.II	14. I	10.XII

Märkus: 36. ja 37. tabelis esitatud kuupäevad on saadud järgmistest vaatlusperioodidest: Vormsi - 1892-1905, 1908-17, 1922-40, 1947-64; Haapsalu - 1923-40, 1947-57; Rohuküla - 1949-64; Heltermaa - 1947-52, 1953-64; Sõru - 1923-35, 1947-64; Raugi - 1923-40, 1947-64; Virtsu - 1914-17, 1923-24, 1929-30, 1932-40, 1948-64; Viirelaid - 1888-93, 1894-96, 1897-98, 1899-1902, 1909-11, 1912-17, 1922-40.

kuni 6–7 korda (Алексеева, 1967). Lõplikult (vähemalt üheks kuuks) külmub veekogu, v.a. Hari kurgu avamerepoolne osa, jaanuari keskpaiku. Väga karmidel talvedel on see aga aset leidnud juba detsembri algul. Väinamere kinnikülmumise ajaks on kinnisjääga kattunud ka Pärnu laht ja Saaremaa lõunaranniku lahed ning kitsas riba Narva lahe rannikuvööndist. Läänemere põhjaosas on veetemperatuur samal ajal paar kraadi üle 0°. Kinnisjää piir püsib Hari kurgus ja Soela väinas või nende lähistel kaua pärast Väinamere muude osade külmumist. Kui Väinamere siseosa külmumiseks kulub Virtsu andmeil enamasti 150–200 külma kraadpäeva (ööpäeva keskmiste negatiivsete õhutemperatuuride summa), siis Vormsist tunduvalt põhja poole nihkub kinnisjää piir alles siis, kui on kogunenud 500–600 külma kraadpäeva. Selleks ajaks on suurem osa Soome lahest jääkatte all.

Soojal talvel ei külmugi kogu Väinameri. Väga pehmel talvel, nagu näiteks 1924/25. ja 1960/61. aastal, ei teki püsivat kinnisjääd veekogu avaosas üldse. Seal esineb neil aastail ainult ajujääd. Kinnisjääga kattuvad soojadel talvedel ainult lahed ning mandri ja saarte rannikulähedane meri. 1960/61. a. talv oli Eestis kõige soojem viimase 100 aasta jooksul (Raik, 1962).

Õhutemperatuuri tõusuga üle 0° algab jää lagunemine. Algul sulab lumi jäält, siis muutub jää urbseks. Kinnisjää hakkab lagunema Soela väina ja Hari kurgu välisosas märtsi teisel poolel, Väinamere siseosas aga aprilli algul. Karmidel talvedel on jää purunemine alanud alles mai algul (37. tabel). Lõplikult laguneb kinnisjää tavaliselt aprilli

37. tabel

Jäänähete esinemise keskmised (K), varased (V) ja hilised (H) kuupäevad (Алексеева, 1967 järgi)

Vaatluspunkt	Kinnisjää lagunemise algus			Kinnisjää lõplik lagunemine			Esimene täielik jääst vabanemine			Lõplik jääst vabanemine			Jääpäevade arv		
	K	V	H	K	V	H	K	V	H	K	V	H	K	min.	maks.
Vormsi	18.III	21. I	1. V	13.IV	13.II	26. V	28. I	25. X	14. V	23.IV	8.III	26. V	123	43	171
Haapsalu	15.IV	19.III	5. V	20.IV	27.III	6. V	16. I	2.XI	6. V	21.IV	27.III	6. V	134	58	175
Rohuküla	12.IV	22.II	4. V	19.IV	5.III	6. V	4.II	3.XI	6. V	23.IV	9.III	10. V	134	56	169
Heltermaa	6.IV	26. I	8. V	15.IV	25.II	8. V	1. I	25. X	10. V	20.IV	31.III	10. V	129	63	163
Sõru	22.III	3.II	25.IV	11.IV	17.II	6. V	27.XII	29. X	2. V	17.IV	22.III	6. V	122	35	155
Raugi	8.IV	30. I	4. V	13.IV	7.II	6. V	5.II	31. X	8. V	21.IV	17.II	17. V	116	22	158
Virtsu	8.IV	-	4. V	15.IV	-	4. V	12.III	30. X	8. V	23.IV	28.II	10. V	124	53	159
Viirelaid	3.IV	-	30.IV	14.IV	5.III	4. V	27.II	24.XI	8. V	26.IV	19.III	18. V	123	65	160

keskel. Äärmuskuupäevad pikima vaatlusperioodiga Vormsi vaatlusposti järgi on 11. veebruar 1914.a. ja 12. mai 1917. a. Triivjää püsib pärast kinnisjää lagunemist meres nädalapäevad. Lõplikult kaob jää merest 20.-25.aprilli paiku. Väga soojadel talvedel on jää kadunud juba veebruari lõpul ja erakordselt külmadel alles mai keskpaiku (Hari kurgus 14. mail 1926.a.).

Eelnevalt nähtub, et erinevate talvede vahel on väga suuri kõikumisi jää levikus ja kestuses. Keskmiselt esineb Väinameres jääd talve jooksul 120-130 päeva kestel. Väga soojadel talvedel on jääd (kas kinnisjääd või isegi jää algvorme) olnud 22 (Raugi) kuni 50 päeva kestel. Väga külmadel talvedel ulatub jääpäevade arv 160-175-ni (37. tabel). Võrdluseks toome Eesti rannikumere kõige pikema jääperioodiga Pärnu lahe idaosa (sarnaste tingimustega Haapsalu ja Matsalu lahe idaosas ei ole jäävaatlusi tehtud), kus talve jooksul esineb jääd keskmiselt 142 päeva. Väga karmil talvel on olnud jääd 180 päeva, väga pehmel talvel aga 93 päeva (Буданова , 1967). Väinamerest veidi lääne pool - Vilsandi lääne- ja Kõpu poolsaare rannikul on tavaliselt 60-70 päeva jääd talve jooksul ja sedagi enamasti kitsa ribana piki rannikut (Атлас льдов ...,1960). Vormsi 41-aastasest vaatlusperioodist on umbes veerandil talvedest jääd olnud kuni 3 kuud, veerandil 3-4 kuud, veerandil 4-5 kuud ja veerandil üle 5 kuu. Haapsalu vaatlusjaama andmeil on kogu laht erandlikult olnud kinnisjääga kaetud kuni 5 kuud (1925/1926.a. talvel 28. novembrist 26. aprillini). Veelgi kauem võisid lahed olla jääkattes

38. tabel

Jää keskmine paksus (cm) (Алексеева, 1967 järgi)

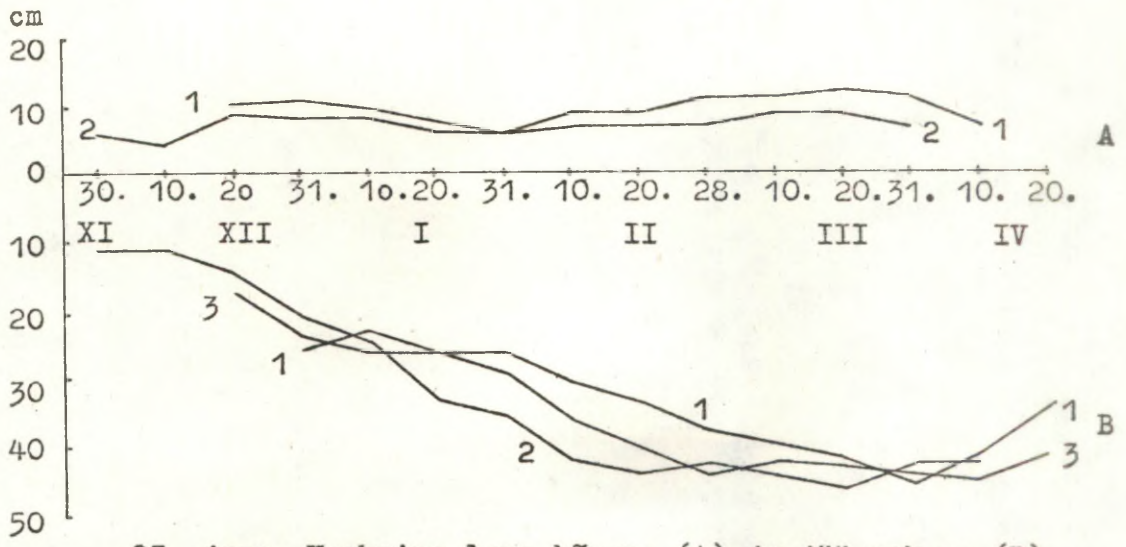
Vaatluspunkt	Vaatlusperiood	Kaugus rannikust (m)	Vee sügavus (m)	XII			I			II			III			IV
				20.	31.	10.	20.	31.	10.	20.	28.	10.	20.	31.	10.	20.
Vormsi	1922–40, 1959–64	0–200	0,4–1,8				14	26	30	33	40	39	37	37	43	37
Haapsalu	1922–40	?	?	14	21	24	33	35	42	44	43	44	46	43	42	45
Rohuküla	1949–64	700–800	4–5	18	23	25	28	28	32	38	40	43	44	44	45	
Heltermaa	1947–64	50–400	2–5	17	24	26	26	29	36	40	44	42	43	44	45	42
Sõru	1947–64	200–400	0,5–2,0			14	25	25	30	29	33	27	30	29	32	
Raugi	1923–40	?	?	13	18	25	28	32	34	39	40	41	37	39	36	25
Raugi	1947–64	100–200	1,3–4,2	29	24	27	29	28	32	32	42	43	45	48	44	34
Raugi	1947–64	200–400	2,6–5,3	26	24	22	30	29	32	40	40	40	44	42	43	36
Virtsu	1914–17, 1922–24, 1929–30, 1932–40	?	?		18	20	22	24	32	32	31	31	30	30	28	22
Virtsu	1949–64	100–200	1–5		25	23	26	26	31	34	38	40	42	45	41	34
Virtsu	1949–64	200–400	4–6				21	26	28	34	37	38	38	38	40	
Viirelaid	1909–17, 1922–24, 1925–40	?	?	11	17	22	25	29	31	32	35	39	38	39	34	27

Märkus: Jää paksus Haapsalus 20.XI on keskmiselt 6 cm, 30.XI 11 cm ja 10.XII 11 cm.

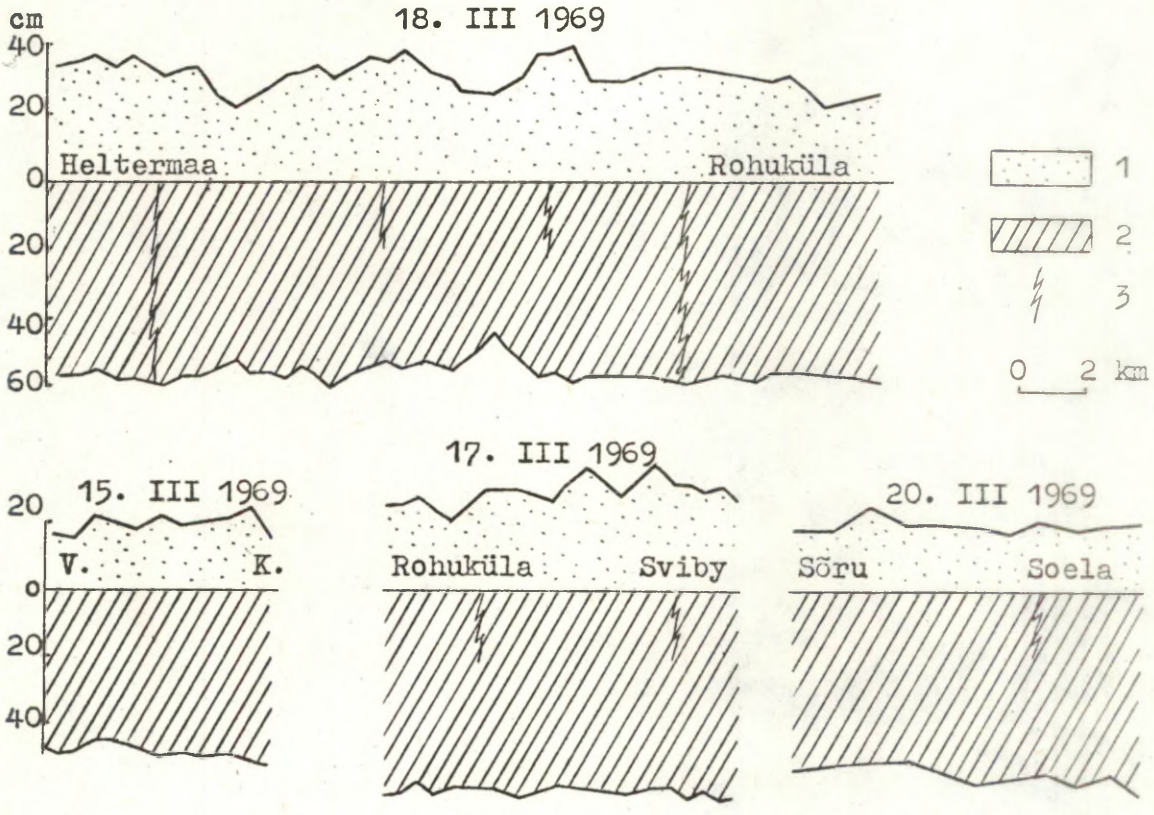
1941/42.a. talvel, mil 31. oktoobril kattus kogu Keemu vaatluspostist nähtav Matsalu lahe pind (Sisevete uurimise aastaraamat 1939-1941). Lahe lahtimineku kohta nimetatud talvel kahjuks puuduvad andmed. Nimetatud talve järel esines triivjääd Soome lahe keskosas veel 20.mail (Palosuo, 1953).

Jää paksus. Väinamere jää paksuse kulgu talve jooksul näitab 38. tabel ja 35. joonis. Jää paksuste ebaühtlane muutumine talve algul on tingitud lühemast vaatlusperioodist ja mõõtmiste alustamise erinevatest kuupäevadest. Pika jääperioodi tõttu on Väinamere jää paksus Eesti rannikumeredes suurimaid. Ainult Pärnu lahes ja arvatavasti ka Saaremaa lõunaranniku lahtedes (viimastes ei ole süstemaatilisi vaatlusi tehtud) on jää sama paks kui Väinameres. Maksimaalse paksuse saavutab jää tavaliselt märtsi teisel poolel, mil see on 40-45 cm. Avamerele lähemates postides Sõrul ja Vormsis ning kaldast kaugemal asuvas vaatluskohas Virtsu juures on jää veidi õhem (vt. 38. tabel). Õhem on jääkate Väinamere avaosas ning eriti Hari kurgus ja Soela väinas. Talve algul on jää üldiselt ebaühtlase paksusega.

Jää paksus oleneb paljudest faktoritest, milledest olulisemad on õhutemperatuur, lumikate ja hoovused. Jää kasvukiirus on sügisese õhukese jää ajal palju suurem (kuni 2-3 cm ööpäevas) kui kesktalvel paksema jää puhul. (1 cm ühe-kahe päevaga). Väga karmidel talvedel on jää paksus juba jaanuari lõpul olnud poole meetri ümber ning ulatunud märtsi lõpuks 70-80 cm-ni (39. tabel). Väina-



35. joon. Keskmine lume kõrgus (A) ja jää paksus (B) Virtsus (1), Haapsalus (2) ja Heltermaal (3).



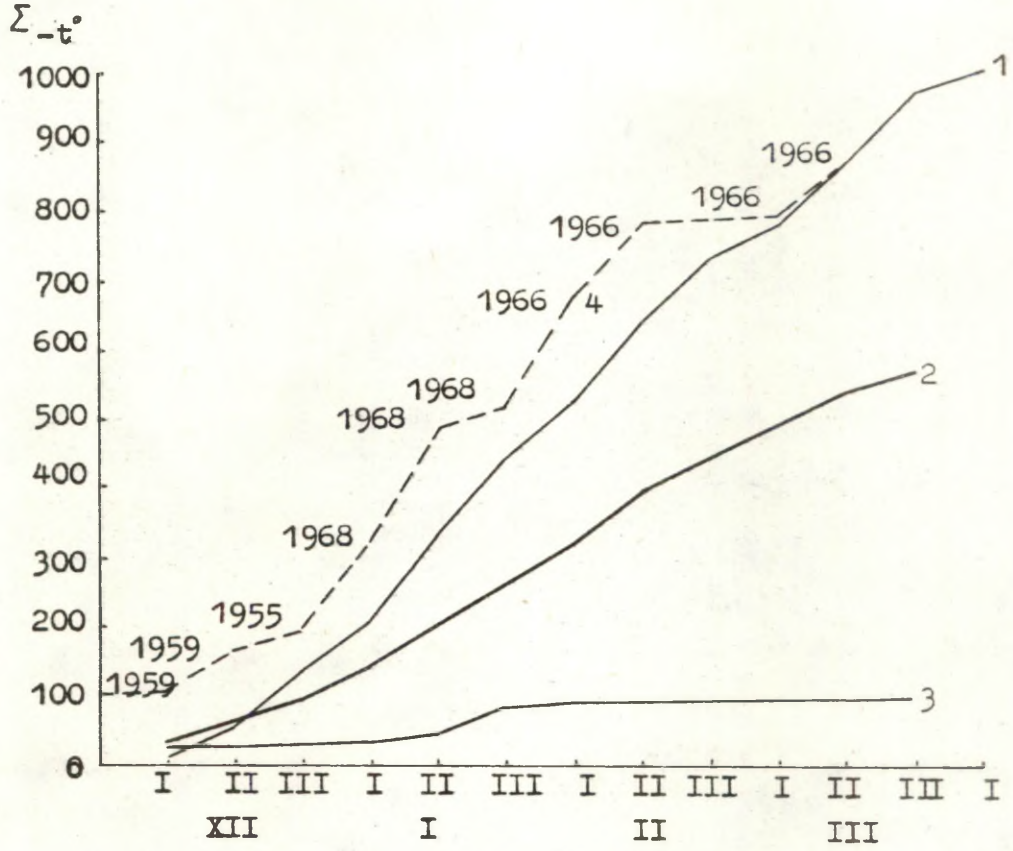
36. joon. Jääprofiilid 1969. a. märtsis. 1– lumi, 2 - jää, 3 - pragu, V.- Virtsu, K.- Kuivastu (Mardiste, 1971 järgi).

39. tabel

Jää maksimaalne paksus (cm) (Алексеева, 1967 järgi)

Vaatluspunkt	Vaatlusperiood	Kaugus rannikust (m)	XI		XII			I			II			III			IV	
			30.	10.	20.	31.	10.	20.	31.	10.	20.	28.	10.	20.	31.	10.	20.	30.
Vormsi	1922–40, 1959–64	0–200		10	12	12	12	25	77	79	79	79	83	83	83	60	60	54
Haapsalu	1922–40	?	22	28	31	36	37	45	50	65	65	60	65	60	80	80	60	56
Rohuküla	1949–64	700–800		23	33	38	40	42	48	54	59	60	61	61	63	66	64	63
Heltermaa	1947–64	50–400			44	46	55	54	56	61	66	66	65	70	70	69	57	50
Sõru	1947–64	200–400				17	16	35	55	44	40	59	53	53	53	49	38	
Raugi	1923–40	?		13	17	34	40	40	41	49	55	55	55	55	55	52	47	47
Raugi	1947–64	100–200		30	40	40	45	53	59	64	66	67	70	72	72	66	64	56
Raugi	1947–64	200–400		25	34	34	37	48	55	58	60	62	63	65	64	56	55	52
Virtsu	1914...40	?	14	10	13	28	28	38	48	59	55	52	55	55	55	55	72	30
Virtsu	1949–64	100–200			24	32	36	43	48	66	67	69	69	71	74	56	56	49
Virtsu	1949–64	200–400					23	22	34	41	43	50	54	54	54	54	54	44
Viirelaid	1909...40	?		16	20	34	36	40	45	48	54	62	68	68	68	64	55	41

meres mõõdetud jää oli kõige paksem 1940.a. märtsis-aprillis, mil jääkatte paksus ulatus Haapsalus 80 cm-ni, Puisel 75 cm-ni, Virtsus 72 cm-ni ja Viirelaiu juures 68 cm-ni. Pärastsõja-aastail esines kõige paksem jääkate 1959/60.a. talvel. Siis ulatus jää paksus Virtsus 74 cm-ni, Raugil 72 cm-ni ja Heltermaal 70 cm-ni. Vormsil tähendati isegi 83 cm paksust jääd, kuid seal oli tegemist mitmekihilise jääga (Алексеева , 1967). Veelgi paksem oli jää viimase 50 aasta kõige külmemal, 1941/42. a. talvel. Väinamere jää kohta nimetatud talvel puuduvad andmed, kuid Riia lahes oli siis suurim negatiivsete õhutemperatuuride summa ja kõige paksem jääkate perioodi 1922/23 - - 1963/64 kohta. Talve karmuselt ja jää paksuselt järgnesid 1939/40.a. talv, mil Riia lahes oli jää 10-15 cm õhem kui 1941/42.a. ja 1962/63.a. talv (Пасторс , 1965). Kui negatiivsete õhutemperatuuride summa ja jää paksuse vahel on üldiselt selge seos, siis erandi moodustas 1962/63.a. talv, mil negatiivsete õhutemperatuuride summa Virtsus oli 1002,4°, seega suurim aastatel 1949/50 - - 1969/70 (37. ja 38. joon.). Suurtele pakastele vaatamata kasvas jää sel aastal aeglaselt ja oli märtsi lõpuks 13 cm õhem kui 1959/60.a. talvel, mil negatiivsete õhutemperatuuride summa oli ainult 785°. Lume kõrgus jääl oli mõlemal talvel ligikaudu võrdne. Oodatust õhema jää tingis arvatavasti hilisem külmade saabumine ja vee suurem soojusvaru. 1959.aastal oli detsembri keskmine õhutemperatuur (-4,7° C) paljuaastasest keskmisest umbes 3° mada-



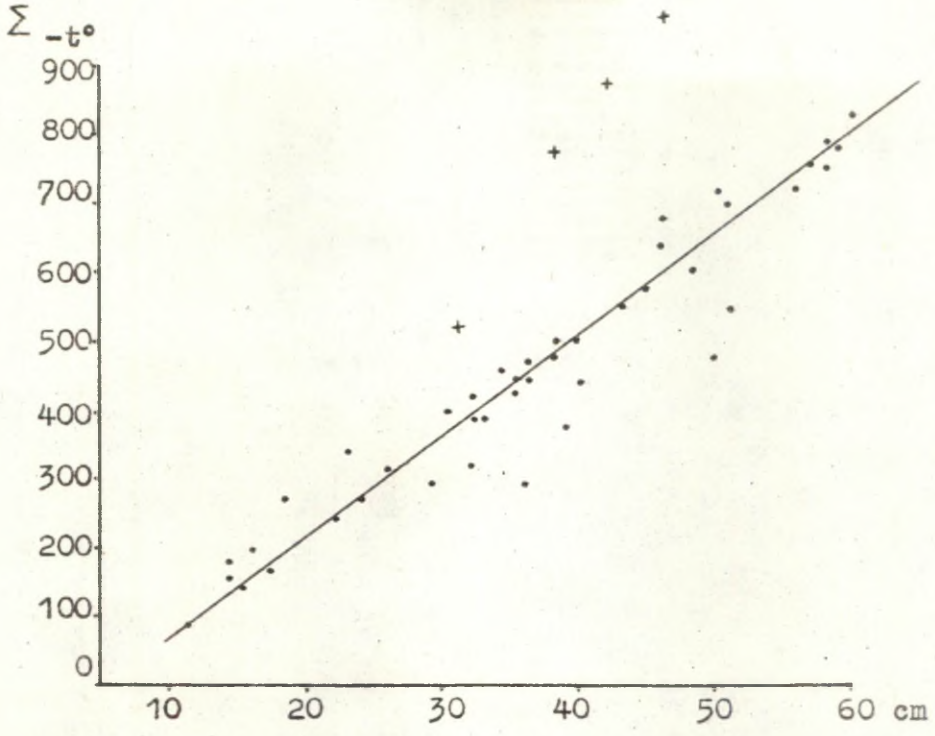
37. joon. Negatiivsete õhutemperatuuride summade kulg Virtsus. 1 - 1962/63. a. talvel, 2 - 1949/50.- 1969/70. a. keskmine, 3 - 1960/61. a. talvel, 4 - perioodi 1949/50.- 1969/70. a. maksimaalsed summad.

lam ja Väinameri kattus varakult jääga. Ka järgnevate kuude temperatuur oli umbes 2,5° keskmisest madalam. 1962.a. detsembri õhutemperatuur oli lähedane normile. Järgneva 3 kuu temperatuur oli aga 4–5° alla normi. 1962/63.a. kattus mere põhjaosa aeglasemalt jääga kui 1959/60.a. talvel (Бетин , Зайцев , 1961, 1966). Soojema vee läbivool Väinamerest 1962/63.a. talvel takistas samuti jää paksenemist.

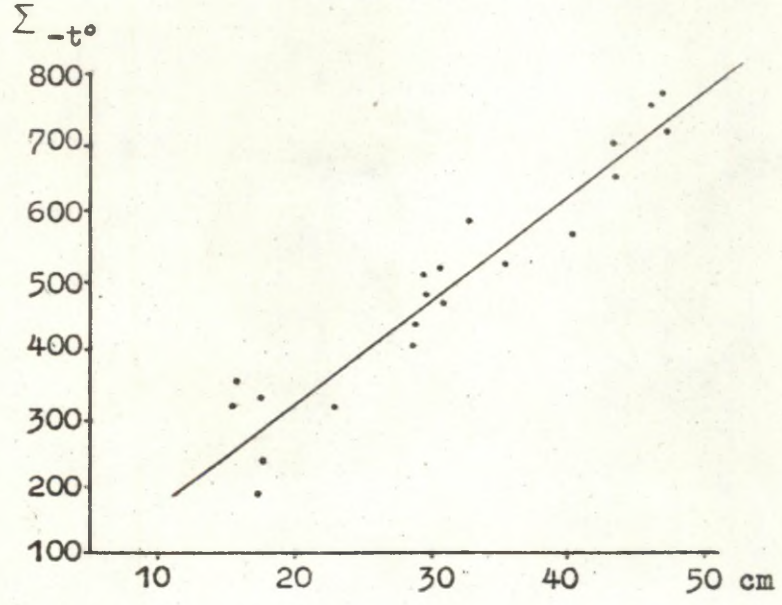
Väinamere avaosas toimub jää juurdekasv hoovuste tõttu aeglasemalt kui ranniku lähedal ja seda eriti talve algul. Külmal talvel ei erine jää paksus veekogu üksikute osade vahel nimetamisväärselt (vt. jääprofiilid Мардисте, 1971, стр. 46 ja Алексеева , 1967, стр. 38–39). 36. joonisel on näidatud jääprofiilid karmil 1968/69.a. talvel. Rohkem jäävaatluste andmeid on kogunenud Heltermaa–Rohuküla, Kuivastu–Virtsu ja Tärkma–Soela trasside kohta. Kõige paksema jää perioodil on minimaalne jää paksus trassidel tavaliselt 25–35 cm, karmil talvel aga 40–50 cm. Ainult Rohuküla–Sviby trassil on jää veidi paksem.

Heltermaa–Rohuküla jääteel on jää tavaliselt kõige õhem Heltermaalt 5,5–10 km kaugusel. Selles vahemikus leiab aset intensiivsem veevahetus Hari kurgu ja Väinamere siseosa vahel.

Vaatamata rannikulähedaste aladega võrreldes märksa keerukamatele jääkasvu tingimustele Väinamere keskosas, esineb siiski ka seal küllalt tihe seos negatiivsete õhutemperatuuride summa ning jää minimaalse paksuse vahel



38. joon. Jää paksuse ja negatiivsete õhutemperatuuride vaheline seos Virtsus. + - 1962./63. a. talve andmed.



39. joon. Virtsu - Kuivastu trassi minimaalse jää paksuse (cm) ja Virtsu negatiivsete õhutemperatuuride summa vaheline seos.

(39. joon.). Suurem kõrvalekalle üldisest seosest esines 1962/63.a. talvel (vt. lk.133). Soojadel talvedel on enamikus vaatluspunktides jää paksus ulatunud maksimaalselt 15–20 cm-ni. Ainult mandri rannikul (Haapsalu, Rohuküla, Puise, Virtsu) on jää siiski olnud 25 cm paksune.

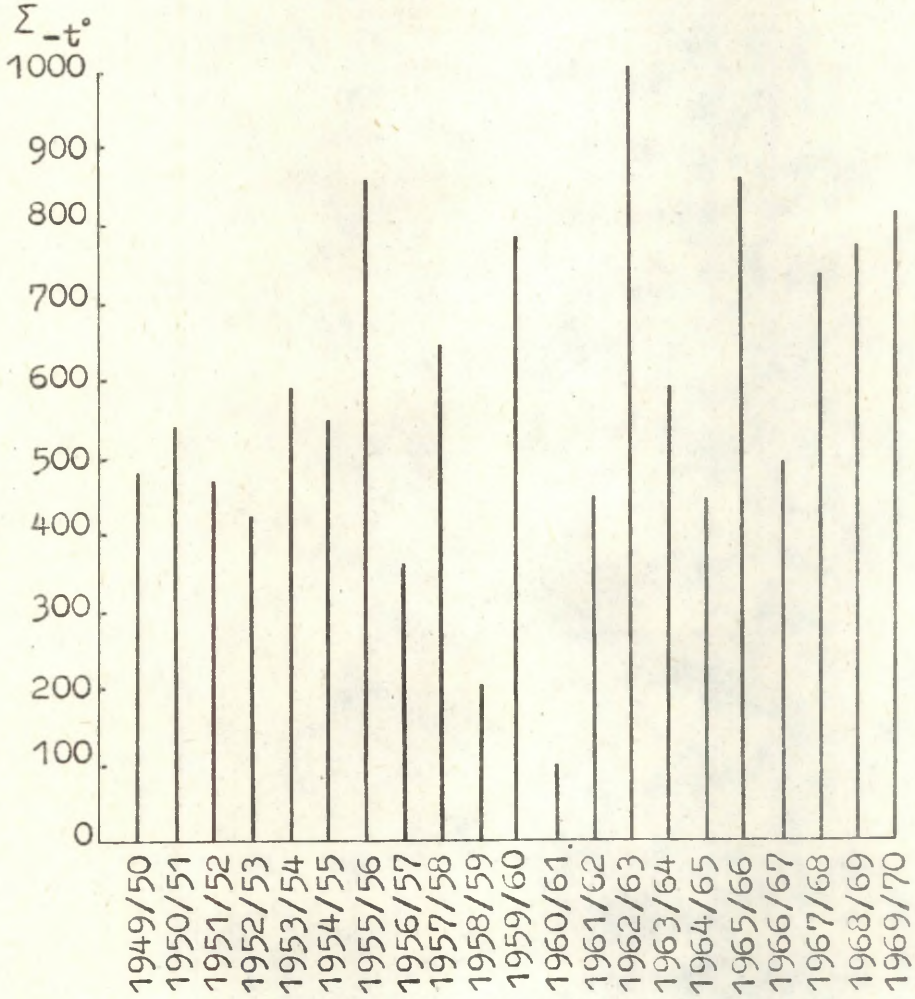
Keskmine lume kõrgus jääl on suurim veebruaris-märtsis, mil see enamiku vaatluspunktide andmeil on 10 cm ümber. Mõnel talvel on lumekiht ulatunud 40–50 cm-ni (Алексеева, 1967). Väinamere keskosas on lume kõrgus lühema kujunemisaja ja tuultele avatuse tõttu veidi väiksem kui ranniku lähedal. Tavalisest tunduvalt paksem oli lumi 1969/70.a. talvel, mil lumikatte tekkimisest kuni märtsi alguseni ei olnud ühtegi nimetamisväärset sula ega tuisku. Virtsu ja Kuivastu vahel iga 100 m järel mõõdetud lume kõrgus oli 30. jaanuaril keskmiselt 15 cm, maksimaalselt 25 cm ja minimaalselt 10 cm, 23. veebruaril vastavalt 24, 35 ja 15 ning 4. märtsil (pärast tuisku) 19, 28 ja 12 cm. Paksu koheva lume tõttu kasvas jää aeglaselt, olgugi et detsembri, jaanuari ja veebruari keskmine õhutemperatuur Virtsus oli 4,5° alla normi. Jää paksus, mida mõõdeti samades kohtades, oli 30. jaanuaril keskmiselt 35 cm ja minimaalselt 29 cm, 23. veebruaril olid vastavad arvud 39 ja 32 cm ning 4. märtsil 41 ja 34 cm (Мардисте, 1971).

<u>Jääolud aastate lõikes.</u> Põhja-Atlandi ja Lääne-Euraasia kohal aset leidvate atmosfääriprotsesside erinevast intensiivsusest ja suunast tingituna vahelduvad Läänemerel jätingimuste suhtes karmid ja pehmed talved ebakorrapäraselt

(40.joon.). Kui talvede tüpiseerimisel kogu Läänemere kohta arvestatakse enamasti mere jäätumise ulatust, siis Väinamere puhul see näitaja ei ole rakendatav, sest suuremal osal talvedest on veekogu lühemat või pikemat aega üleni jääkatte all. Paremini võrreldavaid andmeid Väinamere kohta annab jää paksus, sest selle ja Läänemere jäätumise ulatuse vahel on üldiselt hea seos (Крындин, 1957).

Viimastel aastakümnetel on Väinameres esinenud paksem jääkate 1924., 1929., 1931., 1940., 1941., 1942., 1947., 1960., 1963., 1966., 1968., 1969. ja 1970. aasta kevadtalvel. Õhukeseks jäi jää 1925., 1930., 1935., 1938., 1939., 1943., 1944., 1949., 1959. ja 1961.aasta kevadtalvel. Ülejäänud talvedel on jää paksus olnud keskmise lähedal.

Olemasolevate vaatlusandmete põhjal on mitmed uurijad püüdnud leida seaduspärasusi erineva karmusega talvede vaheldumises. R. Jurva (1952) arvates esinevad Läänemere jäätumise ulatuses 3, 5, 11 ja 33 aastased perioodid, V.V.Betini ja J.V.Preobraženski (Бетин , Рпеображенский , 1962) arvates aga 2-3, 5-6, 11, 15 ja 20-22 aastased perioodid, B. Rubaševi (Рубашев , 1964) arvates koguni 3, 6, 8 ja 14 aastased perioodid. Suhteliselt lühikese vaatlusrea tõttu ei ole need, eriti pikemad perioodid, kuigi usaldusväärsed. Karmide ja pehmete talvede korrapärane vaheldumine siiski esineb. Näiteks järgnes pehmetele 1937/38. ja 1938/39. a. talvedele kolm erakordselt karmi ning neile omakorda kolm väga pehmet talve. Perioodi 1920/21 - 1962/63 talvedest olid väga soojad 23%,



40. joon. Negatiivsete õhutemperatuuride summad Virtsus 1949/50 - 1969/70.

soojad 33%, mõõdukad 14%, karmid 7% ja väga karmid 23% (Крындин , 1965). Soojadel ja väga soojadel talvedel (56% talvedest) on jääga kaetud ainult Läänemere lahed ja Väinameri. Läänemere jääatlase (Атлас льдов...,1960) järgi oli perioodi 1902/03 - 1947/48 talvedest Läänemere põhjaosas sooje 38%, mõõdukaid 36%, karme 18% ja väga karme 8%.

Kuigi karm ilmastik mõjustab tavaliselt kogu Läänemere jäätumist, siis mõnel talvel on olnud mere põhja- ja lõunaosa jäätumise vahel erinevusi. Näiteks oli 1959/60.a. talv mere põhjaosas väga karm, lõunaosas aga aktiivse tsüklonaalse tegevuse tõttu tavaliselt tunduvalt soojem (Бетин , Зайцев , 1961).

Jääteed. Peaaegu igal talvel katkeb Väinamere külmudes laevaliiklus mandri ja saarte vahel. Kui jää võimaldab, võetakse siis kasutusele jääteed (Mardiste, 1971; Мардисте , 1971). Aastakümneid tagasi sõideti jääl regedega, nüüdisajal on aga peamiseks transpordivahendiks auto.

Hobuliiklus saarte ja mandri vahel algas tavaliselt jaanuari esimesel poolel ning kestis aprilli alguseni. 1925/26.a. karmil talvel läksid esimesed jalakäijad Vormsilt Haapsallu siiski juba 27. novembril ja viimased alles 29. aprillil, hobuliiklus kestis sel aastal aga 2.detsembrist 26. aprillini. Samal talvel sõideti regedega Hiiumaa ja Haapsalu vahet 4. detsembrist 18. aprillini (Merejää vaatlused 1925/26.). Et varem oli jäätee talviti saarterahva ainus ühendus mandriga, siis häda sunnil mindi

40. tabel

Liikluse alguse ja lõpu kuupäevad Rohuküla--Heltermaa jääteel (Мардисте , 1971 järgi)

Talv	Liikluse algus			Liikluse lõpp		
	regi	sõidu-auto	veo-auto	veo-auto	sõidu-auto	regi
1949/50	13.I	13.I	15.I			2.IV
1950/51	25.I	28.I	1.II	6.IV	6.IV	15.IV
1951/52	29.II					12.IV
1952/53	10.II	16.II	16.II	3.III		25.III
1953/54	4.II	8.II	8.II	7.IV	7.IV	7.IV
1954/55	25.II					17.IV
1955/56	16.I	18.I	4.II	3.IV	3.IV	29.IV
1956/57	19.III		-	-		3.IV
1957/58	12.II	15.II	15.II	15.IV	15.IV	
1958/59	-	-	-	-	-	-
1959/60		15.I	21.I	11.IV	11.IV	
1960/61	-	-	-	-	-	-
1961/62	13.III		20.III	22.III	28.III	
1962/63	-	24.I	17.II	12.IV	13.IV	-
1963/64	-	15.III	-	-	4.IV	-
1964/65	-	8.III	12.III	19.III	19.III	-
1965/66	-	26.I	6.II	1.IV	1.IV	-
1966/67	-	8.II	15.II	1.III	1.III	-
1967/68	-	27.I	13.II	26.III	26.III	-
1968/69	-	28.I	6.II	4.IV	7.IV	-
1969/70	-	21.I	26.II	17.III	2.IV	-

Märkused: 1. Tühi lahter näitab andmete puudumist
2. Kriips näitab liikluse puudumist

üle mere ka väga nõrga jää puhul.

Tänapäeval avatakse saarte ja mandri vaheliseks autoliikluseks tavaliselt 4 trassi: Virtsu-Kuivastu (7 km), Rohuküla-Heltermaa (24 km), Rohuküla-Sviby (10 km) ja Tärkma-Soela (10 km). Kõige varem, harilikult jaanuari teisel poolel pääsevad jääle sõiduautod Sviby ja Rohuküla vahel. Jaanuari lõpul - veebruari algul ulatub jää paksus teistelgi trassidel 25 cm-ni ja siis lubatakse ka seal sõiduautod jääle (40. tabel). Liiklus on esialgu hõre, sest takistavad kohev lumi ja jäärisi. Jää paksenedes saavad üle mere ka veoautod. Raskete autode sõitu võimaldab jää siiski ainult üksikutel tavedel. Viimase kahe aastakümne parimad jääolud autoliikluse seisukohalt olid 1955/56., 1959/60., 1962/63., 1965/66., 1968/69. ja 1969/70.a. talvel. Eriti hea tee kujunes 1959/60. a. talvel, mil Heltermaa-Rohuküla vaheline liiklus avati 15. jaanuaril ja lõpetati 12. aprillil. Juba veebruari keskpaiku oli Heltermaa ja Rohuküla vahel kõige õhemas kohas 50 cm paksune jää.

Kui varem liiklus üle mere oli autode vähesuse tõttu isegi hea tee puhul hõre, siis viimase aastakümne talvedel on jääteid kasutatud õige intensiivselt. Kuna ainult Heltermaa-Rohuküla ja Rohuküla-Sviby trassil registreeritakse ülesõitnud veokid, siis saame liiklustihedust iseloomustada üksnes nende teede kohta. Tugeva jääga 1962/63. a. talvel sõitsid esimesed sõiduautod Heltermaalt Rohuküla 24. jaanuaril, veoautod poole koormaga lubati jääle

17. veebruaril. Väga tihe liiklus oli aga märtsis ja aprilli esimesel dekaadil, kui mõlemas suunas kokku sõitis üle mere 5000 autot. Liiklust kõnesoleval trassil suurendas veel see, et halva jää tõttu Suures väinas sõitsid ka Kingissepa rajooni autod mandrile läbi Hiiumaa. Kogu talve jooksul kasutas jääteed umbes 6000 autot. Mõnel talvel on jääteed kasutanud ainult paarsada autot. Väga pehmetel talvedel aga ei külmu väinad üldse üleni kinni.

Liiklus üle mere ei sõltu ainult jää paksusest. Suureks takistuseks on jäärisi, praod ja lumikate. Pikaldase jäätekke puhul võib väinade keskosa päris kaua olla jäävaba. Tugevate tuulte mõjul triiviv ajujää kuhjub kinnisjää serva äärde ja külmub seal, moodustades kilomeetrite-, vahel kuni kümnete kilomeetrite pikkusi ning kuni 1-2 kilomeetri laiusi rüsijäävööndeid. Tasaselt jääpinnalt ulatuvad siis välja kuni meetrikõrgused rüsipangad.Taolised rüsivööndid tekivad Suures väinas ja Heltermaa-Rohuküla trassil Heinlaiu ning Hõralaiu vahel ja Rukkirahust veidi lääne pool. Autosõitu takistavad juba 20-30 cm kõrgused rüsivallid. Üle väikeste rüsivallide sõites purustab jää autode rattaid palju rohkem kui tasasel teel. Ebatasasel teel ei saa kasutada ka lumesahku.

Igal talvel tekivad jäässe praod, millede suund ühtib enamasti väinade pikiteljega. Mõned praod esinevad peaaegu igal aastal kindlates kohtades ("Rukkirahu pragu" jt.). Pragude laius on mõnikord ulatunud 1-2 m-ni. Järsul temperatuuri langusel tekib lumest puhastatud teedel tihe

kuivade pragude võrk.

Jääteede kandevõime leidmiseks kasutatakse tabelit, kus lisaks jää paksusele arvestatakse veel pragude laiust. Mõnikord tagab aga ohutu liikluse ka tabelis näidatust õhem jää. Jääkatte omadused sõltuvad ju peale jää paksuse veel temperatuurist, soolsusest, jää liigist, tugevusest ja jääpinna iseloomust. Väga lihtne oleks, kui saaksime looduslikku jääd võtta kui püsivate karakteristikutega füüsikalist keha. Tegelikult jää struktuur ja tugevus olenevad jäätuva vee omadustest, jäätumiskiirusest, jäätekke aegsetest sademetest, jää vanusest jne. Tugeva pakase korral kiiresti kasvav jää on nõrgem kui aeglaselt tekkinud jää, sest esimesel juhul jääb jäässe rohkem sooli. Merevee külmumisel soolad osaliselt eralduvad, osa sooli aga täidab kontsentreeritud lahusena pesakesi ja kapillaare jääs. Seetõttu on selline jää paindele (koormusele) vähem vastupidav kui siseveekogude jää. G.N. Panini (Панин, 1967) järgi oli 1-2 kuu vanune 3,5‰ soolsusega Valge mere jää 3-4 korda nõrgem järvejääst. Aja jooksul soolad eralduvad jääst. B.A. Saveljevi (Савельев, 1963) järgi on jää ja vee soolsuse suhe jäätekke ajal keskmiselt 1:1,7, jää lagunemise ajal aga 1:100. V.Arnold-Aljabjevi (Арнольд-Алябьев , 1929) poolt määratud Soome lahe jää kloorisisaldus annab Knudsen-Sörenseni valemi alusel lahe keskosas soolsuse 0,6‰, idaosas 0,2-0,5‰. Lahe keskosa soolsus on enam-vähem võrdne Väinamere vee omaga, idaosas aga madalam (Bock, 1971; Черновская и др., 1965). Analoogia

põhjal võib oletada, et Väinamere jää soolsus on alla 1‰. Kui palju on Väinamere jää nõrgem siseveekogude jääst, mille kandevõimet on palju rohkem uuritud kui merejää oma, selle kohta andmed puuduvad. See on aga vaja kindlaks teha.

Jää kandevõimet arvutatakse kas analoogia põhjal, empiiriliste valemitega või elastsusteoorial põhinevate arvutuslike meetoditega. Looduses on harva ühesuguste omadustega jääd ja seetõttu ei või kandevõimet arvutada ainult jää paksuse järgi, olgugi et paksus on olulisim karakteristik. Täpsemad on valemid, kus kandevõime leidmisel arvestatakse peale jää paksuse veel õhutemperatuuri, soolsust ja pragude iseloomu. Tuntuim on Šulman-Kazanski (Шульман , Казанский , 1946) valem:

$$P = \frac{100}{N} h^2 kS,$$

kus P on lubatav koormus tonnides, N - tugevusvaru koefitsient (pragudeta ühtlasel jääl pideva liikluse tingimustes N = 1,5), h - minimaalne jää paksus meetrites, k - temperatuurikoefitsient, S - soolsuse koefitsient. Mageda jää S = 1, soolase jää S = 0,7. Negatiivse temperatuuri korral arvutatakse temperatuurikoefitsient valemist $k = \frac{100+T}{100}$, kus T - kolme möödunud ööpäeva keskmine õhutemperatuur (plussmärgiga), positiivse temperatuuri korral aga valemist $k = 1-0{,}05\ n_1$, kus n_1 - päevade arv vee ilmumisest jääle. Väinamere pragudeta jää tingimustes oleks valem jää kandevõime leidmiseks järgmine:

$$P = 47\ h^2 k.$$

Tegelikult peaks soolsuse koefitsient Väinamere tingimustes olema 0,8 või isegi 0,9, nagu see on Soome lahes ida pool Tallinna meridiaani. Seega oleksid lubatud koormused veidi suuremad kui eelneva valemi järgi leitud. Eriuurimuseta täpset soolsuse koefitsienti aga kindlaks määrata ei saa.

Parimaid tulemusi annavad elastsusteoorial põhinevad arvutuslikud meetodid, mis on seotud aga suurema ajakuluga. Arvutuse eesmärgiks on lubatavate piirkoormuste määramine jää paksuse ja struktuuri, koormuse mõõtmete, meteoroloogiliste tingimuste ja veekogu iseloomu järgi (Песчанский , 1969).

Jää paksuse mõõtmisel tuleb tingimata arvesse võtta ka jää struktuuri. Mõnikord koosneb jää mitmest kihist. Läbipaistvast jääst nõrgem on matt jää, mis kujuneb sadava või märja lume külmumisel. Kogupaksuse leidmisel loetakse matt jää mõõdetust poole õhemaks. Jää temperatuuri mõõtmine on mõnevõrra raskem. Praktilistes arvutustes loetakse ka lumeta jää temperatuur võrdseks eelneva perioodi (vähemalt 3 päeva) keskmise õhutemperatuuriga. Tavaliselt on jää temperatuur õhutemperatuurist kõrgem. Mida madalam on jää temperatuur, seda suurem on tema kandevõime.

Jääteedel tuleb pidada õiget kiirust. Koormuse all jää paindub. Sõidul üle 20 km tunnikiirusega tekivad lainekujulised võnkumised, mis kanduvad jääd mööda edasi.Vastavalt veekogu sügavusele ja jää paksusele tekib teatud kiirusel jää pragunemise oht (nn. kriitiline kiirus). 30 cm

paksuse jää korral on kriitilised kiirused Kuivastu - - Virtsu trassil 30-35 km/h, teistel trassidel 25-30 km/h. 50 cm paksuse jää puhul aga vastavad kiirused 35-40 km/h ja 30-35 km/h. Enamasti ongi konarliku tee tõttu keskmine kiirus Väinamere jääteedel just selline. Et jäätee püsiks kauem terve, tuleks sõita kriitilisest kiirusest kas aeglasemalt, mis ei ole ökonoomne, või siis kiiremini. Kujukalt illustreerivad jää paindumist sõltuvalt auto liikumiskiirusest I. Ivanovi jt. (Иванов и др., 1946) mõõtmised 5-6 m sügavuse järve 38 cm paksusel jääl. Jää paindus 14-tonnise veoki liikumisel kiirusega 24 km/h 35 mm, 27 km/h - 47 mm, 34 km/h - 17 mm, 42 km/h - 10 mm ja 70 km/h - 8 mm. Mitme auto kõrvuti või vastusõidul võivad tekkinud lained liituda ning põhjustada jää purunemist. Nimetatud töös antakse soovitusi jäätrasside kasutamiseks, mida tuleks arvestada ka Väinamere jääteedel. Nõutav on, et sõidukid ei mööduks eessõitjast, autode vahe peab olema vähemalt 3 minutit, paralleelteede puhul aga peab teede vahe ulatuma vähemalt 150-200 m-ni. Jääteede kasutamise efektiivsust aitaks tõsta õhemates kohtades jää kasvatamine kastmise teel (Uustalu, 1968).

5.6. Vee läbipaistvus ja värvus

Erineva päritoluga veemasse meredes iseloomustab tavaliselt erinev läbipaistvus ja värvus, mis sõltuvad paljudest füüsikalis-keemilistest ja bioloogilistest faktoritest. Nende näitajate uurimine võimaldab jälgida merevee dünaamikat, samuti füüsikalis-keemilisi ja bioloogilisi muutusi veekogus.

Läbipaistvus. Secchi ketta abil mõõdetud vee läbipaistvus on tegelikult suhteline läbipaistvus. Vee tõelise (füüsikalise) läbipaistvuse määrab valguse nõrgenemise intensiivsus. V. Šuleikini (Шулейкин , 1959) järgi on läbipaistvus pöördvõrdeline molekulaarse hajuvuse koefitsiendiga: $H = \frac{2}{k}$, kus H on valge ketta silmist kadumise sügavus, k - molekulaarse hajuvuse koefitsient. Käesolevas töös kasutatav mõiste "vee läbipaistvus" tähendab tegelikult vee suhtelist läbipaistvust.

Naaberaladega võrreldes on Väinamere vee läbipaistvus madalast veest tingitud hõljuvate ainecsakeste ja planktoni rohkuse tõttu väike. Kui Lääne-Eesti saarestikust läänes ja loodes on keskmine merevee läbipaistvus E. Lisitzini (1938) andmeil 10-12 m, Soome lahe läänеosas L. Rudovitsi andmeil veidi üle 10 meetri (Рудовиц, 1943), Riia lahes N. Zahhartšenko andmeil 4-6 m (Захарченко, 1962), siis Väinameres on see ainult 2-5 m (41. tabel). Võrdluseks olgu märgitud, et aastail 1923-1939 tehtud suviste mõõtmiste andmeil oli merevee läbipaistvus avameres Eesti rannikuil 8-10 m (Frisch, 1927;Frisch,

Riikoja, 1925, 1929, 1931; Kirde, 1935, 1940). Need sõjaeelseil aastail 60 cm diameetriga kettaga sooritatud andmed on hilisematest 30 cm kettaga tehtud mõõtmistest tõenäoliselt veidi suuremad. Kuid erineva diameetriga ketastega tehtud võrdlusvaatlused (Holmes, 1970) näitasid, et sogases rannalähedases vees (läbipaistvus 4–5 m) ei anna erineva diemeetriga ketaste kasutamine erinevaid läbipaistvuse väärtusi.

Vee läbipaistvuse kulgu Väinameres jäävabal perioodil 10–12 aastase perioodi vaatluste põhjal näitab 41. joonis. Kevadel on vee läbipaistvus planktoni intensiivse arenemise ning suurvete poolt merre kantud anorgaaniliste

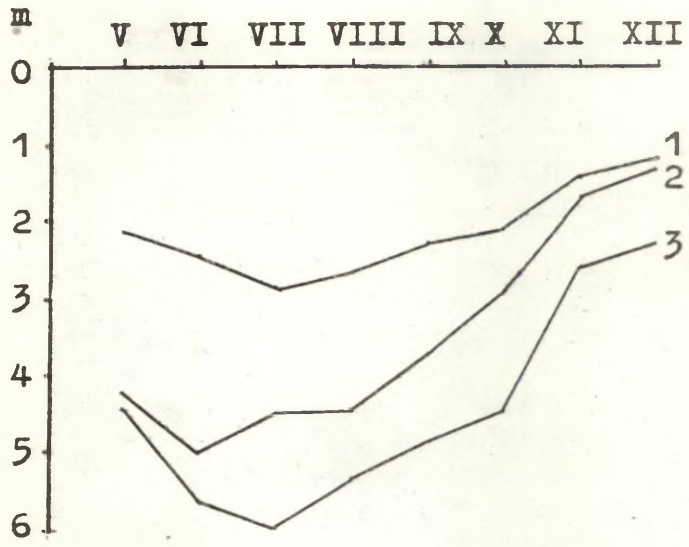
41. tabel

Kuu keskmise vee suhteline läbipaistvus (H) meetrites

Vaatluspunkt	V		VI		VII		VIII		IX		X		XI		XII	
	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n	H	n
M_5	4,3	29	5,1	36	4,4	38	4,5	42	3,8	44	3,0	38	1,7	20	1,3	12
M_9	2,8	16	2,8	24	3,1	24	2,8	27	2,2	31	2,5	24	1,6	17	0,8	8
M_{15}	3,2	11	4,2	16	4,2	19	4,1	16	3,1	16	2,5	12	1,9	10	1,0	2
M_{21}	4,5	34	5,7	42	6,0	41	5,4	38	4,9	38	4,5	31	2,6	34	2,3	13
M_{26}	2,0	14	2,7	14	3,5	14	3,4	11	3,0	14	1,6	7	1,7	6	1,4	2
M_{35}	2,2	32	2,5	40	2,9	44	2,7	40	2,3	38	2,1	36	1,4	28	1,2	9

Märkus: n – vaatluste arv

ja huumusainete rohkuse tõttu väike (Jerlov, 1955; Järvekülg, Veldre, 1963). Kõige rohkem kandub setteid Matsalu lahte, kuhu suubub Lääne-Eesti suurenaid jõgesid – Kasari



41. joon. Kuu keskmise vee läbipaistvuse (m) muutused Suures väinas (1), Hari kurgus (2) ja Soela väinas (3) maist detsembrini.

42. joon. Vee läbipaistvus (1) Kassari lahe idaosas ja tuule kiirus (2) Vilsandis 1967. a.

jõgi. Kasari aasta keskmine vooluhulk on 24,1 m^3/s, aprillis ulatub see 74,6 m^3/s (Основные гидрологические характеристики , 1966). 1 m^3 jõevett sisaldab vaatlusandmetel keskmiselt 8 g setteid,[1] aasta jooksul kannab Kasari seega oma deltasse ja Matsalu lahte kokku 6100 tonni setteid (Ресурсы поверхностных вод,1972). Läänemere avaosas on leitud keskmiselt 2-3 g setteid kuupmeetri vee kohta (Пустельников , 1969). Väinameres on läbipaistvust vähendavat hõljuvat materjali vees kindlasti rohkem, kui palju aga, selle kohta puuduvad andmed.

Suve algul fütoplanktoni hulk väheneb, hiljem aga kasvab veidi (Järvekülg, Veidre, 1963). Parimad valgustingimused on keskuvel, mil ka vee liikumine on nõrkade tuulte tõttu väiksem. Pikemaajaliste nõrkade tuulte perioodidel on 30 cm diameetriga valge ketas olnud mõnikord nähtav kuni veekogu põhjani (välja arvatud Suure väina sügavamad piirkonnad). Hari kurgus, näiteks, on maksimaalne vee läbipaistvus maist oktoobrini (kõikunud kuude lõikes 8,8 ja 11,2 m vahel (sügavus vaatluskohas 11-11,5 m). Voosi kurgus võrdub suvekuudel mõõdetud maksimaalne läbipaistvus väina sügavusega (5-5,5 m). Suures väinas on merevee maksimaalne läbipaistvus märgatavalt väiksem. See kõigub kuude lõikes 3,6 ja 5,4 m vahel. Kõigis väinades on läbipaistvus suurim avamerelt või Riia lahest siseneva

---

[1] Suudmele lähim veemõõdupost, mille andmeid on kasutatud käesolevas töös, asub Kasari külas (17 km jõe suudmest).

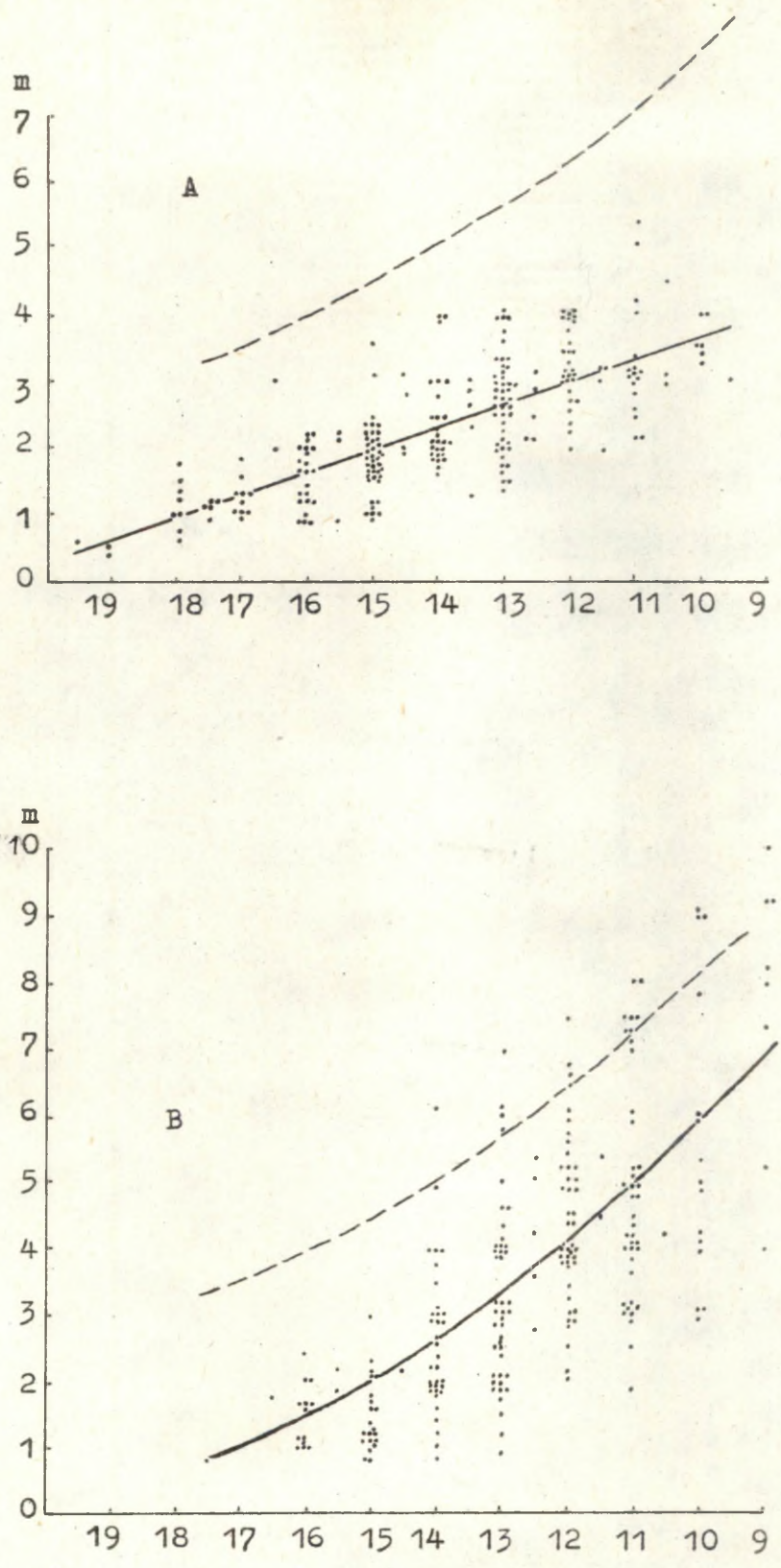
vooluse puhul. Näiteks oli 15. juunil 1965.a. vee läbipaistvus Hari kurgu avamere poolses osas 14 m (põhjani), väina lõunaosas aga ainult 9 m, Hõralaiust idas 7 m (põhjani) ja Heinlaiust idas 6 m. Vaatluste ajal esines nõrk sisenev hoovus. Väinamerele mitteomase vee sissetungi kõnesolevate vaatluste ajal näitasid peale suure läbipaistvuse ka pinnakihi temperatuurid, mis Hari kurgus olid 6,5–6,9°C ja Heinlaiu lähedal aga 10,1°C. Samal ajal oli vee läbipaistvus Suures väinas 3 m ja vee temperatuur 12–13°C. Ka suhteliselt isoleeritud Kassari lahes (sügavus vaatluskohtades 6–7,5 m) on valge ketas olnud nähtav veekogu põhjani. Ka Soela väina avamerepoolses osas on aastail 1951–57 tehtud mõõtmiste järgi vee läbipaistvus olnud enamasti suurem mõõtmiskoha sügavusest (5,5–6 m).

Tormituulte tagajärjel muutub Väinamere vesi kiiresti sogaseks. Maist augustini on minimaalne läbipaistvus kõigis väinades olnud kuude lõikes 1–1,5 m; Soela väin, kus see on juunis-juulis olnud 2 m ümber, on erandiks. Sügiskuudel, kui anorgaanilise ainese hulk vees on tugeva lainetuse tõttu suurim, on minimaalne läbipaistvus 0,5 ja 1 m vahel; Matsalu lahes on see isegi olnud 0,2–0,3 m. Tuule, lainetuse ja hoovuste mõju läbipaistvusele illustreerib 42. joonis, kusjuures tuule kiiruseks on märgitud vaatluspäeva ja kahe sellele eelnenud päeva keskmine kiirus Vilsandis. Tormi mõju läbipaistvuse vähenemisele näitavad 12.–13. ja 23.–24. augustil 1946.a. Kassari lahes sooritatud läbipaistvuse mõõdistamised tihendatud vaatluspunkti-

de võrguga. 12.-13. augustil oli läbipaistvus 4,6 - 8,8 m, 10 päeva hiljem (peale tormi) aga 1,9 - 4,6 m. Seega vähenes läbipaistvus tormi mõjul keskmiselt 3 m.

Vee värvus. Merevee värvus, nii nagu läbipaistvuski, oleneb peamiselt vees lahustunud ja vees hõljuvate aineosakeste hulgast ja suurusest. Väinamere veele on anorgaanilise ja orgaanilise materjali rohkuse tõttu omased mitmesugused kollakad varjundid. Kuna vee läbipaistvus ja värvus sõltuvad ühtedest ja samadest faktoritest, siis muutub ka värvus nii nagu läbipaistvuski sesoonselt. Kevadkuudel on vesi enamasti rohekaskollane (värvuste skaala järgi XIII-XIV), keskuvel kollakasroheline (XI--XII), mis sügisel läheb üle rohekaskollaseks (XIII--XIV) ning hilissügisel kahkjaskollaseks (XI-XII), mandri ranniku lähedal ja Suures väinas aga isegi pruunikaskollaseks (XVII-XVIII). Vee kollane värvus Läänemere rannavetes on O. Pustelnikovi ja M.Šmatko (Пустельников , Шматко , 1971) arvates tingitud mitmesuguste huumusainete esinemisest.

Hari kurgus ja Soela väinas on suvel sisenevate hoovuste korral vesi olnud võrdlemisi sageli roheline (IX--X), milline varjund on omane Läänemere põhjaosa vetele (Рудовиц , 1943). Teistes väinades on seda värvust täheldatud harva. Üldiselt on värvuste muutumiste amplituud suur. Nii on avamerega kõige vabama veevahetusega Hari kurgus igal kuul maist novembrini märgitud värvusi rohelisest kahkjaskollaseni. Mandri ranniku lähedal (Voosi



43. joon. Vee läbipaistvuse (m) ja värvuse (nr. värvuste skaalal) vaheline seos Suures väinas (A) ja Hari kurgus (B). Katkendjoonega on toodud nimetatud seos J.V. Preobraženski järgi.

kurgus, Matsalu lahes ja Suures väinas) on sügistormide järel olnud vesi pruunikates toonides (XVIII - XIX).

Vee suhtelise läbipaistvuse ja värvuse vahelist seost näitab 43. joonis. Vee värvusele vastav keskmine läbipaistvus Väinameres on 2-3 m võrra väiksem samale värvusele vastavast läbipaistvusest J.V. Preobraženski järgi (Истошин , 1969). Kõrvalekalde üldisest seosest tingivad arvatavasti Väinamere iseärasused: mandri mõju, madalaveelisus.

6. VÄINAMERE ELUSTIK.

Väinamere elustiku erijooned on tingitud peamiselt veekogu hüdrokeemilisest režiimist, madalusest, liigestatud rannajoonest ja saarterikkusest. Riimvee tõttu on Läänemere taime- ja loomaliikide arv suhteliselt väike. Kõige väiksem loomaliikide arv esineb Läänemeres üldiselt 5-7% soolsuse juures. Selline soolsus on mageveeliikidele liiga suur, mereliikidele aga liiga väike (Järvekülg, Veldre, 1963). Väinamere vee keskmine soolsus kõigub just nendes piirides. Keskmisest väiksem on soolsus Matsalu ja Haapsalu lahes, kus mageveeliikide arv on seetõttu suhteliselt suurem. Veekogu hapnikurežiim on tugevate hoovuste ja üldse vete hea segunemise tõttu veeorganismidele soodne.

Väinamere fauna ja floora erinevaid rühmi on lähemalt käsitletud 1970.a. ilmunud kogumikus "Lääne-Eesti rannikualade loodus". Järgnevalt peatutakse põhiliselt nende materjalide põhjal veidi lähemalt põhjataimestikul ja kalastikul. Väinamere põhjaloomastikku on uurinud A.Järvekülg (1970 jmt.).

Väikese sügavuse ja laineetuse eest varjatud asendi tõttu on Väinamere põhjataimestik rikkalikumaid ja mitmekesisemaid kogu Eesti rannikumeres. Eriti rikkaliku taimestikuga on Matsalu ja Rame laht ning Kassari lahe keskosa. Enamiku veetaimestikust moodustavad merevetikad, mida on

siin T.Trei (1965, 1970) andmeil kindlaks tehtud 68 liiki, varieteeti ja vormi. Rohkearvulisest vetikaliikidest on mitmel otsene majanduslik tähtsus. Agaraine estagari tootmiseks kogutakse Kassari lahest punavetikate hõimkonda kuuluvaid agarikku (Furcellaria fastigiata) ja füllofoorat (Phyllophora brodiaei f. baltica). Lahe keskosas on nad valdavateks liikideks. Umbes 200 km^2 alal 5-9 m sügavusel asub 4-5 kuni 10-12 cm, maksimaalselt 15 cm paksune põhjale kinnitumata vetikate kiht. Sealsete vetikate tööndusliku varusid hinnatakse umbes 20 000 tonnile (Trei, 1970). Suure biomassiga on Rame lahes kasvavad ruuged mändvetikad (Chara tomentosa).

Kõrgemaid taimi on Väinameres kindlaks tehtud 15 liiki. Nende levik piirdub enamasti 5 meetrist madalama merega. Madalates lahtedes ja mõnel pool ka valdava lainetuse suhtes varjulistes rannikuosades kasvab rohkesti pilliroogu (Phragmites communis). Ulatuslikud roostikud esinevad Matsalu, Haapsalu ja Käina lahes, Väikeses väinas, Voosi kurgus ja Jausast lõunas nn. Papsi rannas. Rohkesti kasvab Väinameres pikka meriheina (Zostera marina). T.Lippmaa (1936) järgi on Väinameri meriheina peamine kasvukoht Eesti rannikumeres. Merihein esineb laiguti, rohkem on seda Kassari lahe rannikulähedastes osades, Väikese väina põhjaosas, Väinamerd läbiva laidudeaheliku lähikonnas (Trei, 1970). Kõrgematest taimedest on arvukamad veel penikeeled ja kõrkjad.

Väinamere vetes esineb mere-, riimvee-, siirde- ja mageveekalu. Paljudele neist on madal Väinameri soodne kudemiskoht.

Merekaladest on arvukamad ja tööndusliku tähtsusega räim (Clupea harengus membras) ja tuulehaug (Belone belone). Väinameri on Läänemere kirdeosa räime põhilisi kudemisalasid (Раннак, 1970). Räim tuleb kudema peamiselt kevadel. Suuremad räimekoelmud asuvad L. Rannaku andmeil (Erm jt., 1970) Muhu põhja- ja idaranniku läheduses, Rukkirahu, Kõverlaiu ning Virtsu poolsaare ümbruses ja Matsalu lahe suus. Suvel liiga kõrgete, talvel aga liiga madalate temperatuuride tõttu esineb räime Väinameres neil aastaaegadel vähe või ei esine üldse. Väinamerest püütav räim moodustab 3/4 veekogu kalasaagist ja umbes 10 % Eesti NSV räimesaagist. Tuulehaug esineb Väinameres ainult kevadisel kudemisperioodil. Siin asub nimetatud liigi tähtsaim püügipiirkond Eesti vetes.

Poolsiirdekaladest on veekogus arvukamad merisiig (Coregonus lavaretus) ja meritint (Osmerus eperlanus). Siig koeb sügisel, kui veetemperatuur on alla 16°C. Merisiia peamised koelmud asuvad Haapsalu, Topu ja Matsalu lahes, Vormsi lõunaranniku lähedal, Väikese väina lõunaosas, Kõinastu laiu ümbruses ja Hiiumaa lõunaranniku vetes. Liiga sooja vee tõttu lahkub suvel enamik täiskasvanud siigu Väinamerest.

Mageveekaladest on enamlevinud ahven (Perca fluviatilis), haug (Esox lucius), säinas (Leuciscus idus) ja särg (Rutilus rutilus). Ahven on räime järel Väinamere kalasaagis teisel kohal ja annab umbes poole Eesti rannikumere ahvenasaagist. Haugi ja säina kudemispaigad peaaegu ühtivad merisiia kudemispaikadega.

Paljud Väinamere laiud ja mitmed rannikualad on tuntud oma rikkaliku ornitofauna poolest. Matsalu laht ja selle

ümbrus on suurim vee-, ranniku- ja rändlindude esinemispaik kogu Baltikumis. Nende kaitseks ja teaduslikuks uurimiseks rajati 1957. a. Matsalu Riiklik Looduskaitseala ja 1971. a. Käina lahe linnustikukaitseala. Ka Virtsu-Laelatu-Puhtu botaanilis-zooloogilise (1957) ja Hiiumaa laidude maastikukaitseala (1971) loomise tingisid suuresti nende linnderikkus.

+ + +

Väinamere rikkalik elustik, eriti põhjataimestik, mitmekesised põhjasetted ja madalaveelisus loovad head eeldused veekogu kompleksseks füüsilisgeograafiliseks (maastikuliseks) uurimiseks. Rannikumere maastikulist uurimist peetakse perspektiivseks nii puhtteaduslikel kui ka rakenduslikel eesmärkidel (Петров, 1971, 1973). Rannikumeri kujutab endast terviklikku looduslikku süsteemi, mis on kujunenud mitmete komponentide - a) pealiskorra kivimite, nüüdisaegsete põhjasetete ja pinnavormide, b) veemasside ja nende hüdroloogiliste iseärasuste ja c) elustiku vastastikusel mõjul. Madalate veekogude omapära on tingitud nende asendist Maa peamiste looduslike sfääride kokkupuutealal, s.o. nad on maismaal, atmosfääris, vees ja veekogu põhjas aset leidvate looduslike protsesside vastastikuse toime alaks (Петров, 1973). Välitöid veekogu maastikulisel uurimisel tuleb suures osas teha akvalangide kasutamisega. Väinameres on neid aga kasutatud ainult kohati üksikute komponentide (põhjasetted, põhjataimestik) uurimisel.

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös on Väinamere näitel leitud saarte ja mandri vahelise madala veekogu füüsilisgeograafilisi ja hüdroloogilisi iseärasusi, mis teatud määral iseloomustavad ka teisi sarnaseid isoleeritud mere osi. Üksikasjalikumalt on käsitletud rannatüüpide levikut, hoovusi, veetemperatuure ja jäätingimusi.

1. Nüüdisranna ehitus ja erinevate rannatüüpide levik Väinamere ääres on peale pinnakatte, pealiskorra kivimite ja reljeefi iseärasuste veel oluliselt tingitud tugevasti liigestunud rannajoonest, s.o. erinevate rannalõikude erinevast eksositsioonist valitsevate tuulte ja lainetuse suhtes, suhteliselt nõrgast lainetusest ja pikast jääperioodist. Ulatuslike madalate lahtede (Haapsalu, Matsalu) ja lainetuse eest varjatud väinade (Väike väin, Voosi kurk) tõttu on enamlevinud kuhjerannad. Umbest 560 km-st uuritud rannast moodustab möllirand 62 %. Lainetusele rohkem avatud rannikul esinevast murrutusrannast on valdav moreenrand (34 %). Teiste rannatüüpide osatähtsus on väike. Piki Muhu ja Saaremaa põhjarannikut kulgeva Lääne-Eesti paekaldaga on seotud mitmed lühemad pank- ja veeristikuranna lõigud.

2. Väinamere hüdroloogilise režiimi kujunemisele avaldavad kõige suuremat mõju järgmised faktorid: a) veekogu madalaveelisus ja eraldatus avamerest, b) mandri (ja ka suurte saarte) mõju, c) liigestunud rannajoon ning saarte ja väinade rohkus, d) veevahetus Läänemere põhjaosa ja Riia lahega.

Madalast veest, avamerest eraldatusest ja mandri läheduses on põhjustatud veetemperatuuride suured amplituudid, homoteermia ja naaberaladega võrreldes tunduvalt karmimad jääolud. Kontinentaalsete faktorite kõrval mõjutavad veetemperatuure ka

merelised faktorid, milledest olulisemadon veevoolavamerest ja Riia lahest Väinamerre.

Väinamere veetemperatuuri aastases käigus avaldub selgesti veekogu mandrilisus: nii madalaim kui ka kõrgeim veetemperatuur esineb vastavalt õhutemperatuuri miinimumi ja maksimumiga üheaegselt, s.o. veebruaris ja juulis. Veetemperatuuri aastane amplituud on 2–4° võrra suurem kui naabruses paiknevates Läänemere osades. Navigatsiooniperioodi kohta koostatud Väinamere kuu keskmiste veetemperatuuride kaartidest nähtub, et väinades on kevadel veetemperatuur 2–3° võrra kõrgem kui ranniku lähedal. Suvel, kogu veekogu ulatuses ühtlaste veetemperatuuride tingimustes, on Hari kurgus esinenud tunduvalt (kuni 10–13°) jahedama vee sissetunge. Mai lõpust augusti alguseni on Hari kurgus madala vee kohta võrdlemisi sageli täheldatud teravalt väljakujunenud hüppekihti.

Selgelt ilmneb hoovuste kiiruse ja suuna sõltuvus tuule tugevusest ja suunast. Olemasolevad mõõtmisandmed võimaldasid koostada hoovuste skeemid 8 tuule suuna kohta. Seni kirjanduses toodud seisukoht, et väinades esinevad sageli kahekihilised (-suunalised) hoovused, ei leia rohkete mõõtmisandmete põhjal kinnitust. Praktilist tähtsust omavad meie poolt leitud tuule kiiruse ja hoovuste kiiruse ning viimase kaudu vooluhulkade vahelise seose empiirilised valemid, millede abil tuule kiiruse alusel on võimalik arvutada hoovuste kiirusi ja vooluhulki väinades (veevahetust). Üldjoontes on selgitatud hoovuste vastassuunaliseks muutumise kiirus väinades tuule suuna muutumise järel: tuule suuna järsul muutu-

misel ja tuule tugevnemisel 4–5 pallini muutub hoovuse suund vastupidiseks 3–4 tunniga ja kiirus vastavaks tuule tugevusele 5–6 tunni möödudes. Väinamere majanduslikku kasutamist (sealhulgas sildade-tammide ehitamist) planeerides ning seejuures silmas pidades veekogus väljakujunenud elustiku säilitamise nõuet, tuleb arvestada seda, et Hari kurgu ja Suure väina osa Väinamere aastases veevahetuses on umbes 85 %.

3. Töös analüüsitakse üksikasjalikult Väinamere jääolusid autoliikluse seisukohalt ja antakse soovitusi jääteede paremaks kasutamiseks. Väga oluline on kriitiliste kiiruste, milledeks 30 cm paksuse jää korral on Kuivastu- Virtsu trassil 30–35 km/h, teistel trassidel 25–30 km/h, 50 cm paksuse jää puhul aga vastavalt 35–40 km/h ja 30–35 km/h, vältimise nõue. Vaatamata rannikulähedaste aladega võrreldes märksa keerukamatele jääkasvu tingimustele Väinamere keskosas, esineb ka seal küllalt tihe seos miinustemperatuuride summa ning jää minimaalse paksuse vahel.

4. Mitmesuguste teaduslike ja praktiliste ülesannete lahendamiseks on vaja jätkata uurimistööd Väinamerel eelkõige väga tugevate tuulte korral esinevate hoovuste (veevahetuse) ja veekogu avaosa talvise ja varakevadise hüdroloogilise režiimi väljaselgitamiseks. Täielikult puuduvad andmed Väinamere avaosa hüdroloogilise režiimi elementide (eelkõige hoovuste ja veetemperatuuri) lühiajaliste kõikumiste kohta. Nende analüüsiks vajalike andmete saamiseks tuleb väinadesse (vähemalt Hari kurku ja Suurde väina) üles seada autonoomseid isekirjutavaid mõõtmisriistu.

5. Väinameri on rikkaliku elustiku, eelkõige põhjatai-

mestiku, mitmekesiste põhjasetete ja madalaveelisuse tõttu rannikumere sobivaim osa veealuste maastikuliste uurimistööde alustamiseks meie vabariigis.

6. Väinamerel on häid eeldusi puhkemajanduse ja turismi arendamiseks. Väinamere suvised veetemperatuurid on kõrgemaid Eesti rannikuvetes ja seal ei esine selliseid järske temperatuuri langusi nagu aegajalt võib täheldada Soome lahe ning avamere põhjaosa rannikuvetes. Vete reostatus on üldiselt väike. Reostuse suurenemine Haapsalu lahes võib aga ohustada suplustingimusi Väinamere peamises lühiajalise puhkuse veetmise piirkonnas - Paralepa rannas. Tugeva lainetuse puudumine, paljude sadamasildade (Haapsalu, Rohuküla, Heltermaa, Orjaku, Triigi, Kuivastu, Virtsu) olemasolu ja omapärane maastikupilt on soodsaks eelduseks ekskursioonilaevade käikupanemiseks.

Kuna kalapüük Väinameres on peamiste liikide osas limiteeritud, siis saaki saab suurendada kalakasvatuse arendamisega. Suhteliselt kõrgete veetemperatuuride tõttu näib Väinameres olevat vähe sobivaid kohti meie tiigimajanduse peamise väärisкala - vikerforelli kasvatamiseks sumpades. Rohkem on eeldusi soojalembeste tiigikalade kasvatamiseks (Virtsu ümbruse lahed). Küllalt paksu jääkatte ja nõrga veevahetuse tõttu on viimasel juhul vajalik veekogude talvine aereerimine.

Eelnimetatud ja ka teiste kasutusviiside (näit. sildadetammide ehitamine) kavandamisel ja elluviimisel tuleb jälgida, et ei muudetaks oluliselt veekogu nüüdisaegset hüdroloogilist režiimi, sealhulgas ei tõkestataks veevahetust naaberveekogudega. Viimane võib tõsta Väinamere vete reostatust, mis on otseseks ohuks sealsetele vabariikliku tähtsusega puhkealadele (Vormsi, Kassari, Pammana ja Leisi) ja looduskaitsealadele.

Kasutatud kirjandus

Aaloe, A., 1958. Jaagarahu lademe pangad. Eesti Loodus, nr. 1.

Aaloe, A., 1967. Retk Kõinastu laiule. Eesti Loodus, nr. 7.

Aaloe, A., Miidel, A., 1967. Eesti pangad ja joad. Tln.

Astok, V., 1959. Kas Muhu väin, Väinameri või Lääne-Eesti väinastik? Eesti Loodus, nr. 5.

Baer, K.E., 1862. Über das Projekt Austernbänke an der russischen Ostseeküste anzulegen und über den Salzgehalt der Ostsee an verschiedenen Gegenden. Bull. de l'Acad. Imp. des Sc. de St.- Pétersbourg, T. 4.

Bagge, P., Voipio, A., 1967. Disturbed bottom and hydrographic conditions in some coastal areas of Finland. I. Loviisa. Merentutkimuslaitoksen Julkaisu, No. 223.

Bock, K.-H., 1971. Monatskarten des Salzgehaltes der Ostsee dargestellt für verschiedene Tiefenhorizonte. Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, Reihe B, Nr. 2. Hamburg.

Braun, M., 1884. Physikalische und biologische Untersuchungen im westlichen Theile des finnischen Meerbusens. Archiv für Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, Serie II, Bd. X, Lief. 1.

Eesti NSV kliimaatlas. Tln., 1970.

Eesti NSV kompleksse territoriaalplaneerimise skeem, Kd. 2. Looduslikud tingimused I. Tartu, 1970.

Eichwald, K.E., 1852. Dritter Nachtrag zur Infusorienkunde Russlands. Bull. de la Soc. Imp. des Naturalistes de Moscou, T. XXV, Nr. 2.

Einasto, R., 1961. Geoloogi pilguga Kübassaares. Eesti Loodus, nr. 1.

Frisch, K., (1924). Merejää vaatlused 1923/24 talvel Eestis. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 1.

Frisch, K., (1925). Sama 1925/26 nr. 3.

Frisch, K., (1926). Sama 1925/26 nr. 4.

Frisch, K., (1927). Sama 1926/27 nr. 6.

Frisch, K., 1927. Die Thalassologische Beobachtungen während der Terminfahrten 1925 und 1926. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 5.

Frisch, K., Riikoja, H., 1925. Eesti 1923. ja 1924. a. termiinsõidud. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 2.

Frisch, K., Riikoja, H., 1929. Eesti 1927. ja 1928. a. termiinsõidud. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 9.

Frisch, K., Riikoja, H., 1931. Eesti 1929. ja 1930. a. termiinsõidud. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 16.

Granö, J.G., 1922. Eesti maastikulised üksused. Loodus, nr. 2-5.

Hela, I., 1952. Drift currents and permanent flow. Soc. Sci. Fenn., Comm. Phys.-Math., Vol. XVI, No. 14.

Helmersen, G., 1856. Ueber das langsame Emporsteigen der Ufer des Baltischen Meeres und die Wirkung der Wellen und des Eises auf dieselben. Bull. de la classe physico-math. Acad. Sci. St.-Pétersbourg, Serie I, Bd. 14, Nr.13.

Hermann, U., 1970. Kuidas Virtsu sai poolsaareks. Eesti Loodus, nr. 1.

Holmes, R.W., 1970. The Secchi disk in turbid coastal waters. Limnol. and Oceanogr., No. 5.

Homen, Th., 1907. Hydrographische Untersuchungen im nördlichen Teile der Ostsee, im Bottnischen und Finnischen Meerbusen in den Jahren 1898-1904. Finnl. Hydrogr.- Biol. Untersuchungen, Nr. 1. Helsingfors.

Jerlov, N., 1955. Factors influencing the transparency of the Baltic waters. Göteborgs kungl. vetenskaps- och vitterhets-samhälles Handligar, sjätte följden, Ser. B, B.6, N. 14.

Jurva, R., 1952. On the variation and changes of freezing in the Baltic during the last 120 years. Fennia, Vol. 75.

Järvekülg, A., Veldre, I., 1963. Elu Läänemeres. Tln.

Kessel, H., 1961. Balti mere arenemisest Eesti NSV territooriumil holotseenis. ENSV TA Geoloogia Instituudi uurimused, VII.

Kildema, K., 1958. Kivide rändamine rannikul. Eesti Loodus, nr.2.

Kildema, K., 1970. Lääne-Eesti saarestik ja tektoonika. Eesti Loodus, nr. 11.

Kirde, K., 1935. The thalassological cruises in the Estonian seas in 1931, 1932, 1933, 1934. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 22.

Kirde, K., 1940. Termiinsõidud Eesti välisvetes 1935-1939. Loodusvarade Instituudi Avaldised, nr. 5. Tln.

Klaamann, E., 1962. Saastna "kassikullast". Eesti Loodus, nr. 3.

Kowalik, Z., 1969. Wind-driven circulation in shallow sea with application to the Baltic Sea. Acta Geophys. Polonica, Vol. 17, No. 1.

Kägi, E., 1939. Einfluss des Luftdruckes und des Windes auf den

Wasserstand an der estländischen Küste. Annalen der Hydrographie und Maritimen Meteorologie, Bd. 67, Nr. 12.

Lenz, W., 1971. Monatskarten der Temperatur der Ostsee dargestellt für verschiedene Tiefenhorizonte. Ergänzungsheft zur Deutschen Hydrographischen Zeitschrift, Reihe B, Nr. 11. Hamburg.

Lepik, L., 1971. Väike väin, tamm ja kalavarud. "Rahva Hääl", nr. 7, 9. jaan.

Lisitzin, E., 1938. Über die Durchsichtigkeit des Wassers im nördlichen Teil des Baltischen Meeres. Fennia, Bd. 65, Nr. 3.

Lisitzin, E., 1945. Die Gezeiten des Finnischen Meerbusens. Fennia, Bd. 68, Nr. 2.

Luha, A., 1930. Kesselaid. Loodusvaatleja, nr. 6.

Lume- ja jääolud Eestis talvel 1919/20. Põllutööministeeriumi väljaanne nr. 6. Tartu, 1920.

Läänemaa. Maateaduslik, majanduslik ja ajalooline kirjeldus. Üldosa. Tartu, 1938.

Mardiste, H., 1970. Väinameri. Rmt.: Lääne-Eesti rannikualade loodus. Tln.

Mardiste, H., 1971a. Väinamere jääteed. Eesti Loodus, nr. 2.

Mardiste, H., 1971b. The Väinameri - inland sea of Estonia. Acta et Comment. Univ. Tartuensis, 282, Publ. on Geogr., VIII. Tartu.

Mardiste, H., 1973. Jäärünnak Haapsalu lahes. Eesti Loodus, nr.1.

Merejää vaatlused 1927/28 talvel Eestis. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 7.

Sama 1928/29 nr. 10. Tartu, 1929.

Merejää vaatlused 1929/30 talvel Eestis. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 11. Tartu, 1930.

Sama 1930/31 nr. 15. Tartu, 1931.

Sama 1931/32 nr. 17. Tartu, 1932.

Sama 1932/33 nr. 19. Tartu, 1933.

Sama 1933/34 nr. 20. Tartu, 1934.

Sama 1934/35 nr. 23. Tartu, 1935.

Sama 1935/36 nr. 27. Tartu, 1936.

Sama 1936/37 nr. 29. Tartu, 1937.

Sama 1937/38 nr. 31. Tartu, 1938.

Merejää vaatlused 1938/1939. a. talvel Eestis. Loodusvarade Instituudi avaldised, nr. 4. Tln., 1940.

Merevee kõrguse vaatlused Eestis 1923-1931. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 18. Tartu, 1932.

Sama 1932-1937 nr. 30. Tartu, 1940.

Merevee temperatuuri, soolsuse ja voolu vaatlused 1924-1928. Tartu Ülikooli Eesti veekogude uurimise komisjoni väljaanne nr. 12. Tartu, 1930.

Sama 1929-1934 nr. 25. Tartu, 1936.

Meteoroloogia aastaraamat 1921. Tartu, 1922.

Meteoroloogia aastaraamat 1922. Tartu, 1923.

Mey, J., 1922. Baltimere hüdrograafia. Laevandus, nr. 4-11.

Mey, J., 1924. Lühike ajaloolik ülevaade hüdrograafilisest meremõõtmisest Eesti vetes. Topo-Hüdrograafia Aastaraamat 1924.

Mey, J., 1927. Eesti loots. Tln.

Müürisepp, K., 1963. Looduslikest muutustest Eesti pinnamoes

viimastel sajanditel. EGS-i aastaraamat 1962. Tln.

Orviku, K., 1961. Tänapäeva ranniku geoloogiast Muhu saarel ja Pärnu-Virtsu vahelisel alal. LUS-i aastaraamat 1960. Tln.

Orviku, K., 1966. "Langevarjuga" kivid. Eesti Loodus, nr. 1.

Orviku, K., 1973. Nüüdisranna alltüüpidest Eestis. X Eesti looduseuurijate päeva ettekannete kokkuvõtted. Tln.

Orviku, K., Orviku, K. jun., 1961. Jooni tänapäevase ranniku geoloogiast. ENSV TA Geoloogia Instituudi uurimused, VII.

Palmen, E., 1930. Untersuchungen über die Strömungen in den Finnland umgebenden Meeren. Soc. Sci. Fenn., Comm. Phys.-Math., Bd. V, Nr. 12.

Palosuo, E., 1953. A treatise on severe ice conditions in the Central Baltic. Merentutkimuslaitoksen Julkaisu, No. 156.

Parts, A., 1934. Noarootsi liitumisest mandriga. Loodusevaatleja, nr. 2.

Raik, A., 1962a. Eesti meteoroloogiajaamade võrgu kujunemise ajaloost. EGS-i aastaraamat 1960/61. Tln.

Raik, A., 1962b. 1960/1961. aasta talve ekstreemsusest. Eesti Loodus, nr. 1.

Raik, A., 1967. Eesti klimaatilisest rajoneerimisest. Eesti Loodus, nr. 2.

Raukas, A., Punning, M., Rähni, E., 1969. Millal taandus Eestist mandrijää. Eesti Loodus, nr. 7.

Reichenbach, H., 1922. Rahvusvaheline mereuurimise nõukogu (Conseil permanent international pour l'exploration de la mer) ja teaduslik- rakendusline meredeuurimine. Loodus, nr. 1.

Sager, G., 1967. Gezeiten und Gezeitenströme in der Ostsee. Wiss. Zeitschr. der Univ. Rostock, Math.-Naturwiss. Reihe B, Bd. XVI, Nr. 9/10.

Schmidt, F., 1854. Flora der Insel Moon, Nebst orographisch-geognostischer Darstellung ihres Bodens. Archiv für Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, Ser. 2, Bd. 1.

Schmidt, F., 1858. Untersuchungen über die silurische Formation von Ehstland, Nord-Livland und Oesel. Archiv für Naturkunde Liv-, Ehst- und Kurlands, Ser. 1, Bd. 2.

Schützler, A., 1968. Gliederung und Bezeichnung der Ostsee. Seeverkehr, Nr. 5.

Sepp, U., 1962. Maastikulistest kompleksidest merest kerkivatel laidudel. Geograafiliste tööde kogumik I. Tartu.

Sepp, U., 1964. Väinamere idaosa laidudest. Kodu-uurijate seminar-kokkutulek Haapsalus ja Hiiumaal. Tln.

Sepp, U., 1966. Väinamere laidudest. EGS-i aastaraamat 1964/1965.

Sepp, U., 1969. Vormsil matkates. Eesti Loodus, nr. 6.

Sepp, U., 1970a. Laiud, rahud, kared ja nasvad. Eesti Loodus, nr. 6.

Sepp, U., 1970b. Väinamere saared. Rmt.: Lääne-Eesti rannikuala-de loodus. Tln.

Sepp, U., 1972. Vormsi saare maastiku struktuurist. EGS-i aastaraamat 1969. Tln.

Simonov, A.I., Justchak, A.A., 1972. Recent hydrochemistry variations in the Baltic Sea. 1st Soviet-Swedish Symposium on the Pollution of the Baltic, Stockholm, Sept. 8th - 10th 1971. Ambio special Report, No. 1.

Sisevete uurimise aastaraamat 1939-1941. Tln., 1943.

Stein, B., 1937. Vohilaiu geoloogiast. Eesti Loodus, nr. 5.

Svansson, A., 1959. Some computations of water heights and currents in the Baltic. Tellus, Vol. VII, No. 2.

Zhelnin, G., 1966. On recent movements of the Earth's surface in the Estonian S.S.R. Suomalaisen Tiedeakatemian Toimituksia, Ser. A III, Geol.- Geogr., 90. Helsinki.

Tammekann, A., 1933. Eesti maastikutüübid. LUS-i Aruanded 1932, 39 (1, 2). Tartu.

Tammekann, A., 1940. Mannerjää viimane retsensioon ja otsmoreenid. Neljas Eesti loodusteadlaste päev 18. ja 19. märtsil 1940. Ettekannete kokkuvõtted. Tartu.

Tiik, L., 1970. Saared ja laiud Hiiumaa ümber. Eesti Loodus, nr.9.

Trei, T., 1965. Materjale Väinamere põhjataimestiku ja tööndusliike punavetikate kasutamise kohta. ENSV TA Toimetised, XIV kd., biol. seeria, nr. 2.

Trei, T., 1970. Väinamere põhjataimestik. Rmt.: Lääne-Eesti rannikualadelloodus. Tln.

Uustalu, A., 1968. Saarte ja mandri vahelise transpordiühenduse parandamiseks. Tehnika ja Tootmine, nr. 10.

Varep, E., 1958. Eesti NSV rannikumerede hüdrograafilise uurimise ajaloost (kuni 1917. aastani). TRÜ Toimetised, 46, Matem.-Loodust. töid.

Varep, E., 1959. Kas siiski mitte Väinameri? Eesti Loodus, nr. 5.

Varep, E., 1960. Jooni Eesti kartograafia ajaloost. EGS-i publikatsioonid, I. Tln.

Wattenberg, H., 1949. Entfurf einer natürlichen Einteilung der Ostsee. Kieler Meeresforschungen. Bd. VI.

Wichmann, A., 1930. Die Überschwemmungsgefahr an der Küste Estlands im Zusammenhang mit den Überschwemmungen in Leningrad. Hydrologische Konferenz der Baltischen Staaten. Warszawa.

Viiding, H., Kala, E., Pobul, E., 1969. Paluküla mõistatus la-

heneb. Eesti Loodus, nr. 8.

Orik, A., Laasi, A., 1937. Läänemaa geoloogia. Tartu Ülikooli Geoloogia-Instituudi Toimetused, nr. 51.

Алексеева Л.В., 1961. Исключительно низкие уровни на побережье Эстонской ССР в декабре 1959 г. Инф. письмо ГУГМС, № 2. М.

Алексеева Л.В., 1967. Ледовые условия в проливах Муху-Вяйн. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 5.

Алексеева Л.В., Колесникова М.Д., 1970. Наводнение у берегов Эстонской ССР 18 октября 1967 г. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 7.

Асток В.К., 1964. Течения у плавучего маяка Таллин. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 1.

Атлас волнения и ветра Балтийского моря. Ч. 1. Таллин, 1965.

Атлас льдов Балтийского моря и прилегающих районов. Ч. 1. Балтийское море, Рижский залив, Датские проливы и прилегающая часть Северного моря. Л., 1960.

Баранов А.Н., 1964. Прибрежные течения Рижского залива на участках: Айнажи-Скулте, Рагациемс-Колка. Сб. работ Рижской ГМО, вып. 5.

Баранов А.Н., 1965а. Прибрежные течения Рижского залива. Тр. ГОИН, вып. 87.

Баранов А.Н., 1965б. К вопросу изучения прибрежных течений Рижского залива на участке Мерсраге-Колка. Сб. работ Рижской ГМО, вып. 8.

Баранов А.Н., 1965в. Схемы поверхностных течений Рижского залива. Сб. работ Рижской ГМО, вып. 8.

Баранов А.Н., 1966. Течения в северо-западной части Рижского залива. Сб. работ Рижской ГМО, вып. 9.

Баранов А.Н., 1967. Некоторые закономерности изменения течений

в Рижском заливе и Ирбенском проливе. Сб. работ Рижской ГМО, вып. II.

Баранов А.Н., 1970. Течения в Рижском заливе и Ирбенском проливе. Сб. работ Рижской ГМО, вып. 13.

Бетин В.В., Зайцев А.П., 1961. Особенности замерзания Балтийского моря в зиму 1958-60 г. Тр. ГОИН, вып. 63.

Бетин В.В., Зайцев А.П., 1966. Ледовые условия на Балтийском море в очень суровую зиму 1962-1963 г. Сб. работ Ленинградской ГМО, вып. 3.

Бетин В.В., Пантелеев М.В., 1966. Постоянные течения Финского и Рижского заливов. Сб. работ Ленинградской ГМО, вып. 3.

Бетин В.В., Пантелеев П.В., 1967. Карты поверхностных течений Финского и Рижского заливов, уточненные по материалам аэрофотосъемки течений 1966 г. Сб. работ Ленинградской ГМО, вып. 4.

Бетин В.В., Пантелеев П.В., 1968. Постоянные течения в открытой части собственно Балтийского моря. Сб. работ Ленинградской ГМО, вып. 5.

Бетин В.В., Пантелеев П.В., 1970. Сезонные вариации схем постоянных течений в Балтийском море и их изменения под влиянием ветра. Сб. работ Ленинградской ии Петрозаводской ГМО, вып. 6.

Бетин В.В., Преображенский Ю.В., 1962. Суровость зим в Европе и ледовитость Балтики. Л.

Буланова В.А., 1967. Краткая гидрометеорологическая характеристика залива Пярну-Лахт. Сб. работ Таллинской ГМО, вып.5.

Быков В.Д., Васильев А.В., 1972. Гидрометрия. Л.

Вагане Э.П., Кипман Л.Р., 1963. О ресурсах морской грязи в Эстонской ССР и их использовании. Тр. по курортологии I, II.

Воронцов В.В., Широков К.П., 1970. Характеристика гидрологического года и ледовитости зимы 1968/69 г. на Балтийском море. Сб. работ Ленинградской и Петрозаводской ГМО, вып. 6.

Гидрогеология СССР. Т. XXX. Эстонская ССР. М., 1966.

Горшкова Т.И., 1963. Донные осадки Балтийского моря и его заливов. В кн.: Дельтовые и мелководно-морские отложения. М.

Гуделис В.К., 1970. Общие черты геологии и геоморфологии дна центрального сектора Балтийского моря. Baltica, 4.

Дубра И., 1969. К вопросу о водообмене через Клайпедский пролив. В кн.: Гидрометеорологический режим и агроклиматические ресурсы. Вильнюс.

Дубра И., 1971. Расчет течений в Клайпедском проливе с некоторой заблаговременностью. Hidrometeorologiniai straipsniai, IV.

Захарченко Н.Е., 1962. Прозрачность вод Рижского залива. Сб. работ Рижской ГМО, вып. I.

Зубов Н.Н., 1956. Основы учения о проливах Мирового океана. М.

Иванов К.Е., Кобеко П.П., Шульман А.Р., 1946. Деформация ледового покрова при движении грузов. Журнал технической физики. Т. XVI, вып. 3.

Истомин Ю.В., 1969. Океанология. Л.

Кессел Х., Пуннинг Я.-М., 1969а. Об абсолютном возрасте голоценовых трансгрессий Балтики на территории Эстонии. Изв. АН Эст. ССР. Химия • Геология, 2.

Кессел Х., Пуннинг Я.-М., 1969б. О распространении и стратиграфии отложений Иольдиевого моря на территории Эстонии.

Изв. АН Эст ССР. Химия • Геология, 2.

Кессел Х., Раукас А., 1967. Прибрежные отложения Анцилового озера и Литоринового моря в Эстонии. Таллин.

Кирикал Р.Ф., 1967. Режим волнения в проливах Муху-Вяйн и прогноз его элементов. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 5.

Коновалова И.З., 1970. Статистическая характеристика течений в прибрежной зоне. Тр. ГОИН, вып. 103.

Кресса Н.Р., 1970. Опасные метеорологические явления в Эстонии. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 7.

Крыдин А.Н., 1957. О соотношении между ледовитостью и толщиной льда в Балтийском море. Метеорология и гидрология, 2.

Крыдин А.Н., 1965. Межгодовые изменения ледовитости Балтийского моря и возможности их долгосрочного предсказания на основе учета осенне-предзимнего теплового состояния океана и атмосферы. Тр. ГОИН, вып. 86.

Лабзовский Н.А., 1971. Непериодические колебания уровня моря. Л.

Лазаренко Н.Н., 1961. Колебания уровня Балтийского моря. Тр. ГОИН, вып. 65.

Лебединцев А.А., 1910. Гидрологические и гидрохимические исследования восточной части Балтийского моря с заливами Финским и Рижским по международной программе в августе и сентябре 1908 г. Тр. Балтийской Экспедиции, вып. I. СПб

Ленская О.А., 1965. Об упорядочении результатов наблюдений над уровнем моря по Эстонской ССР. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 3.

Лоция Балтийского моря. Ч. I. Финский и Рижский заливы и пролив Мухувяйн. 1948.

Мардисте М.Р., 1967. Ветровой режим проливов Муху-Вяйн. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 5.

Мардисте Х.Х., 1964. Течения проливов Муху-Вяйн. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 2.

Мардисте Х.Х., 1966. О некоторых вопросах гидрологического режима пролива Муху-Вяйн (Вяйнамери). У республиканская конференция по вопросам исследования климатообразующих процессов, гидрометеорологического режима и агроклиматических ресурсов (Материалы). Вильнюс.

Мардисте Х.Х., 1967. Термический режим проливов Муху-Вяйн. Сб. работ Таллинской ГМО, вып. 5.

Мардисте Х., 1971. О ледовых условиях проливов Муху (Вяйнамери) и об учитывании их при движении по льду. Уч. записки Тартуского гос. ун-та, вып. 288, Тр. по географии IX.

Михайлов Ю.Д., 1960. Характер колебаний уровенной поверхности Финского залива и их связь с колебаниями поверхности всего Балтийского моря. Тр. ГОИН, вып. 56.

Михайлов Ю.Д., 1962. Оценка приливных колебаний уровня в Таллине и Кронштадте. Тр. ГОИН, вып. 69.

Михайлов Ю.Д., Писаревская В.Д., 1962. Результаты исследования ветра над Финским заливом с корабля. Тр. ГОИН, вып. 69.

Орвику К.К., 1965. О накоплении валунов на морских берегах Эстонии. Океанология, вып. 2.

Орвику К.К., 1966. Этапы развития небольших прибрежных островов в условиях поднятия земной коры на северо-западе Эстонии. В кн.: Развитие морских берегов в условиях колебательных движений земной коры. Таллин.

Орвику К.К., Орвику К.К. мл., 1961. О закономерностях строения и развития современного морского берега Эстонии.

Орвику К.К. Орвику К.К. мл., 1969. Зависимость морфологического строения абразионных берегов поднимающегося побережья Эстонии от характера и рельефа коренных пород. Изв. АН Эст. ССР. Химия • Геология, 2.

Основные гидрологические характеристики. Т. 4. Прибалтийский район, вып. I. Эстония. Под ред. Т.Ф. Эйпре. Л. 1966.

Панин Г.Н., 1967. Влияние солености на прочность льда. Вестник Моск. ун-та, серия У. География, 5.

Пасторс А.А., 1954. Водообмен между Рижским заливом и Балтийским морем. Тр. ГОИН, вып. 019.

Пасторс А.А., 1961. Исторический низкий уровень в Рижском заливе. Тр. ГОИН, вып. 65.

Пасторс А.А., 1965. Ледовитость Рижского залива, с приложением "Атласа ледовитости Рижского залива". УГМС Латв ССР. Рига.

Пасторс А.А., 1966. Тепловой баланс Рижского залива, с приложением "Атласа теплового баланса поверхности Рижского залива". УГМС Латв. ССР. Рига.

Пасторс А.А., 1967. Водный и тепловой баланс Рижского залива. В кн.: Морские заливы как приемники сточных вод. Рига.

Пасторс А.А., 1969. Температура воды и воздуха на акватории Рижского залива, с приложением "Атласа температуры воды и воздуха на акватории Рижского залива". УГМС Латв. ССР. Рига.

Петров К.М., 1971. Береговая зона моря как ландшафтная система. Изв. ВГО, 5.

Петров К.М., 1973. Комплексное физико-географическое изучение морских мелководий. Изв. ВГО, 2.

Песчанский И.С., 1969. Ледоведение и ледотехника. Л.

Пирус Э., 1968. Ленточные глины Эстонии. Таллин.

Прохорова З.Л., 1968. Редкое явление природы. Инф. письмо УГМС ЭССР, I(41). Таллин.

Пустельников О.С., 1969. Количественное распределение взвеси в центральной и юго-восточной частях Балтийского моря. Океанология, вып. 6.

Раннак Л.А., 1970. Салака Clupea harengus membras L.(Биологические группировки, их изменчивость, микроэволюция и динамика численности). Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора биол. наук. Тарту.

Раукас А., Рыхни Э., Майдел А., 1971. Краевые ледниковые образования Северной Эстонии. Таллин.

Ресурсы поверхностных вод СССР. Т. 4. Прибалтийский район, вып. I. Эстония. Под ред. М.С. Протасьева и Т.Ф. Эйпре. Л., 1972.

Рубашев Б.М., 1964. Проявление циклов солнечной активности в ледовитости Балтийского моря. Солнечные данные, I.

Рудовиц Л., 1917. О колебаниях уровня Балтийского моря. Зап. по гидрографии. Т. 41, вып. 2-3, 4-5, 6.

Рудовиц Л.Ф., 1930. Физико-географический обзор Финского и Рижского заливов. В кн.: Лоция Финского и Рижского заливов с Моонзундом. Л.

Рудовиц Л.Ф., 1943. Гидрометеорологическая характеристика Балтийского моря. М.- Свердловск.

Рыымусокс А.К., 1967. Стратиграфия вируской и харьюской серии (ордовик) Северной Эстонии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора геол.- минерал. наук. М.- Тарту.

Рыымусокс А., 1970. Стратиграфия вируской и харьюской серии (ордовик) Северной Эстонии I. Таллин.

Савельев Б.А., 1963. Строение, состав и свойства ледяного покрова морских и пресных водоемов. Изд. МГУ.

Сиур Эстонии. Под ред. Д.Л. Кальо. Таллин, 1970.

Соскин И.М., 1961. Течения у плавучего маяка Хиумаадал. Тр. ГОИН, вып. 65.

Соскин И.М., 1962. Эмпирические зависимости для расчета ветровых течений. Тр. ГОИН, вып. 70.

Соскин И. М., 1963. Многолетние изменения гидрологических характеристик Балтийского моря. Л.

Соскин И.М., 1964. Схема расчета ветровых течений Балтийского моря. Тр. ГОИН, вып. 81.

Соскин И.М., Денисов В.В., 1957. Расчет стационарной горизонтальной циркуляции вод для двух типов ветра. Тр. ГОИН, вып. 41.

Соскин И.М., Розова Л.В., 1956. Водообмен между Балтийским и Северным морями. Труды ГОИН, вып. 41.

Справочник по климату СССР. Вып. 4. Эстонская ССР. Часть I. Солнечная радиация, радиационный баланс и солнечное сияние. Л., 1966.

Справочник по климату СССР. Вып. 4. Эстонская ССР. Часть II. Температура воздуха и почвы. Л., 1965.

Справочник по климату СССР. Вып. 4. Эстонская ССР. Часть III. Ветер. Л., 1966.

Справочник по климату СССР. Вып. 4, Эстонская ССР. Часть IV. Влажность воздуха, осадки и снежный покров. Л., 1968.

Справочник по климату СССР. Вып. 4. Эстонская ССР. Часть V. Облачность и атмосферные явления. Л., 1968.

Титов Л.Ф. 1969. Ветровые волны. Л.

Шулейкин В.В., 1959. Краткий курс физики моря. Л.

Шульман А.Р., Казанский М.М., 1946. Теоретические и опытные основания таблиц грузоподъемности ледяного покрова. Тр. научно-исследовательских учреждений (ГУГМС). Серия У, вып. 20.

Черновская Е.Н., Пастухова А.Г., Кудрявцева М.Э., Аунинып Э.А., 1965. Гидрохимический режим Балтийского моря. Л.

Käsikirjalised tööd

Astok, V., 1958. Väinameri. Diplomitöö. Käsikiri TRÜ füüsilise geograafia kateedris.

Kirikal, R., 1964. Lainetus Väinameres sõltuvalt tuulest. Diplomitöö. Käsikiri TRÜ füüsilise geograafia kateedris.

Orviku, K., 1959. Tänapäeva ranniku geoloogiast Eestis. Diplomitöö. Käsikiri TRÜ geoloogia kateedris.

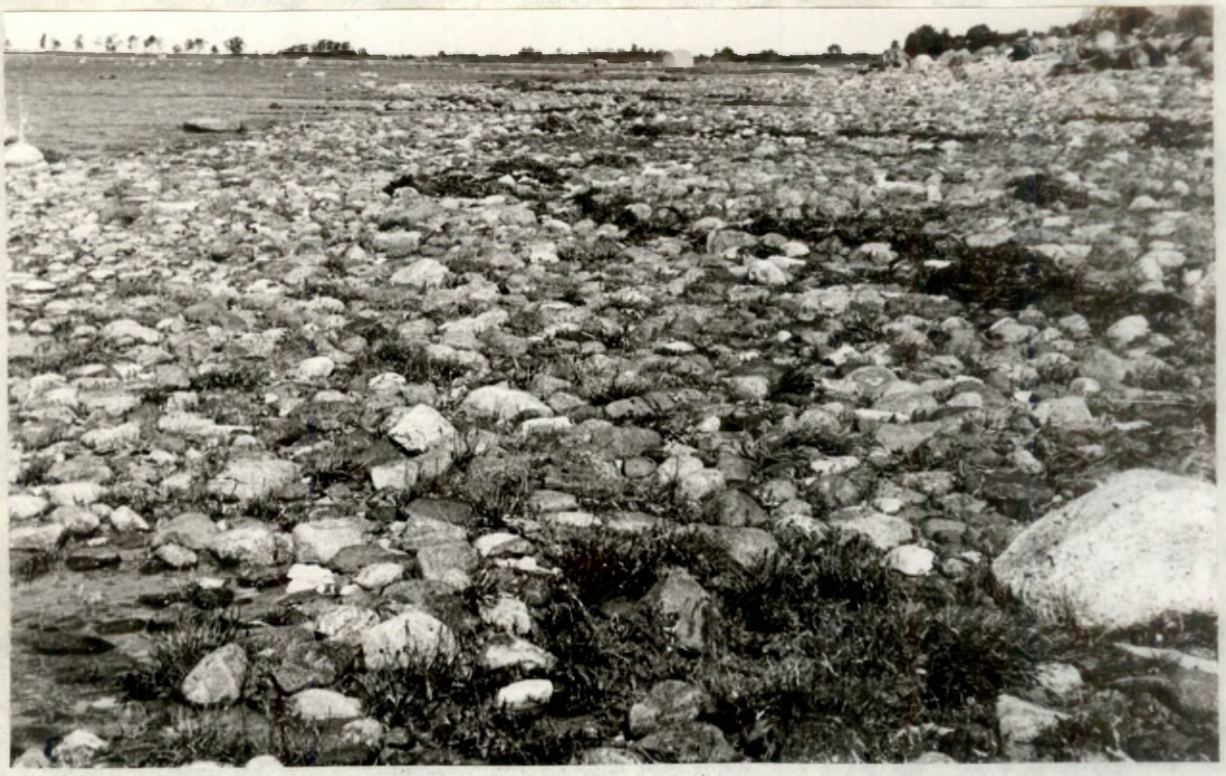
Serp, U., 1963. Looduslikest kompleksidest merest kerkivatel saartel. Diplomitöö. Käsikiri TRÜ füüsilise geograafia kateedris.

1A. Püssina pank

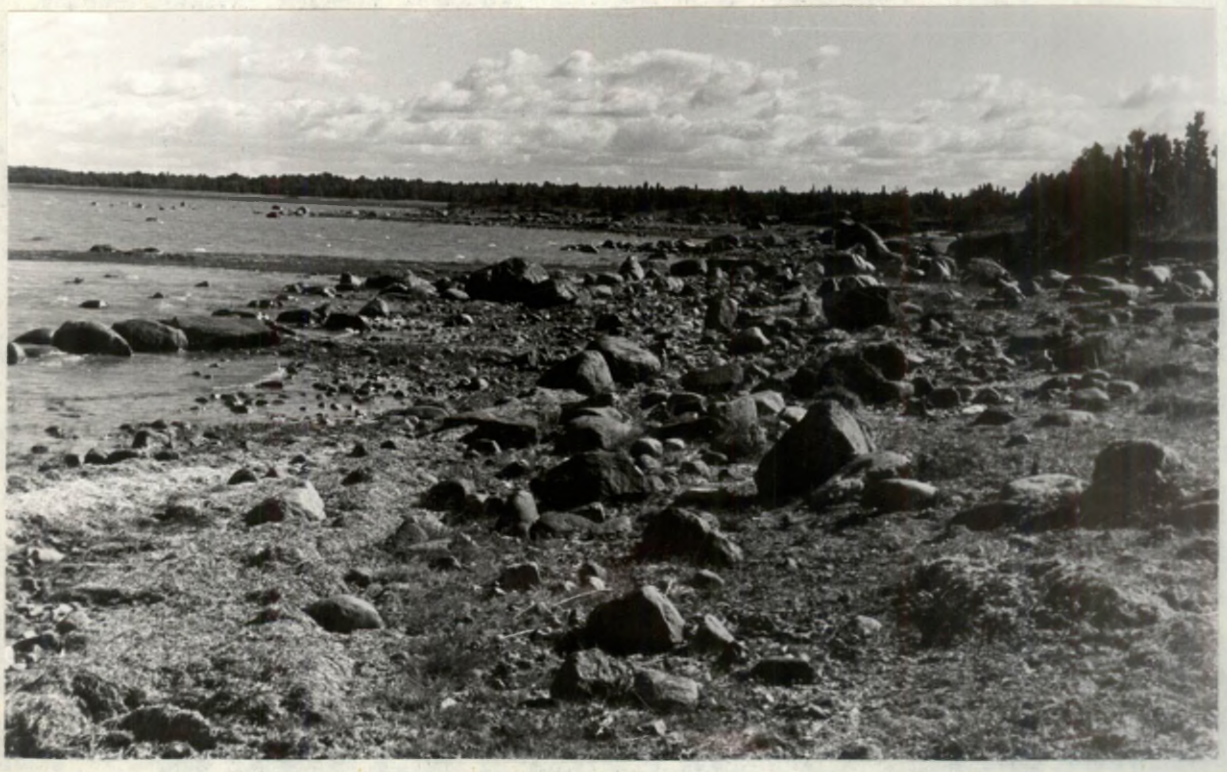
1B. Uisu pank

2A. Astangrand neemikul Muhu loodeosas

2B. Möllirand Väikese väina ääres Koguvast lõunas



3A. Rändkividest sillutis moreenrannas Ranna kohal (Muhu)



3B. Moreenrand Muhu loodeosas

4A. Moreenrand Muhu loodeosas

4B. Veeristikurand Muhu idaosas Püssina pangast lõunas