

Vesi meres kerkib ja vajub

TARMO SOOMERE

Ilusa suve teisel poolel on meie meri supelrandades üsna soe, sageli paarkümmend kraadi või pisut enamgi. Vahel aga muutub vesi soojadel suvepäevadel jääkülmaks, kulgi päike kütab endiselt ja tuul ei ole kuigi tugev. Tegu on süvaveekerkega, nähtusega, mis teeb suvitajatele kindlasti meeolehärmi, kuid mille tõttu on mereelustik paljudes maailma eri piirkondades rikkalik ja kalasaagid rammusad.

Päikesesoojus paneb liikuma nii vee meredes kui ka õhu atmosfääris. Nende erisuguste keskkondade dünaamil on palju ühist ning mõlemat nähtust saab kirjeldada üsna sarnaste võranditega.

Oluline erinevus mere ja atmosfääri dünaamika vahel tuleb ilmsiks vertikaalsuunaliste liikumiste iseärasustes. Kõige määravam on seejuures asjaolu, et atmosfääri soojendatakse altpoolt, merd ülalt. Suur osa Päikese soojuskiirgusest tungib läbi atmosfääri ja neeldub maapinnas. Soojenenud pind kütab selle kohal paiknevat õhku, mistõttu see paisub, muutub kergemaks ning üldjuhul hakkab kerkima ehk tekib konvektsioon. See on võrdlemisi sage nähtus ning tihtipeale ulatuvad võimsad tõusvad õhuvoolud kümnekonna kilomeetri kõrgusele. Sestap on atmosfääri alumised kihid mitme kilomeetri paksuselt üsna homogeensed.

Meres on olukord teistsugune: eri kihid omavahel kuigi lihtsalt ei segune. Vee tihedus on eelkõige temperatuurist ja soolsusest: mida soojem ja magedam vesi, seda kergem. Päikese kiirguse mõjul soojeneb mere pinnakiht märksa enam kui alumised kihid; vesi selles kihis on kergem, võrreldes sügavamal oleva veega.

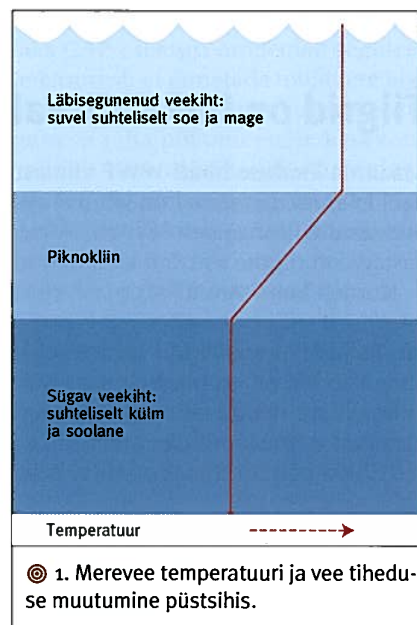
Soolasisaldus muutub peamiselt sademete, aurumise ning jää tekkimise ja triivi tõttu. Vihm, lumi ja jõed toovad pinnakihti magedat vett ja teevad selle veelgi "hõredamaks". Enamasti ei suuda isegi intensiivne aurumine pinnakihi soolsust nii palju suurendada, et selle vesi muutuks tihedamaks ning see sügavamale vajuks.

Ka talvel ei kipu veekihid segunema. Jahtumisel vee tihedus suureneb, kuid teatava piirini – merevee puhul on maksimaalsele tihedusele vastav temperatuur soolsusest. Seejärel, veelgi enam jahtudes, hakkab vee tihedus hoopis vähenema ning jääkülma vesi püsib mere pinnal. Jää on aga mereveest tunduvalt magedam, mistõttu kiiresti külmuva mere puhul võib vahetult pakseneva jääkihi all tekkida üsna külm ja soolane, seega suure tihedusega vee kiht, mis hakkab vajuma mere põhja. Selline mehhanism kombineerituna jäätriiviga Arktikast lõunapoolsetesse meredesse hoiab näiteks käigus Golfi hoovust.

Ookeanis suureneb vee tihedus põhja suunas ligikaudu 0,1 promilli võrra. Vertikaalne liikumine selles keskkonnas on tagasihoidlik ning enamjaolt kandub vesi edasi horisontaalsuunas.

Läänemeres muutub vee tihedus püstsihki kuni ühe promilli võrra. Põhjusi on siin mitu: jõgedest voolab merre väga palju magedat vett, sademete hulk ületab aurumise ja veevahetuse maailmamerega on piiratud. Jääkiht on talviti enamasti õhuke ning püsib üldiselt vaid kindlatel merealadel. Seega tuleb näiteks Arktikale tüüpilist sukelduvat konvektsiooni Läänemeres harva ette. Nõnda on põhjalähedaste kihtide ja pinnakihi veevahetus väga aeglane, mistõttu Läänemere sügavamates osades sageli napib hapnikku.

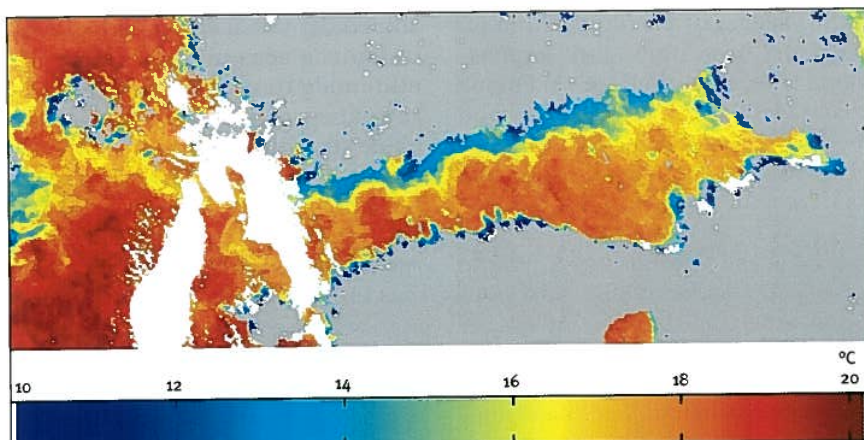
Kui piknokliin kaob. Pinnalähedast vett segavad tuul ja lained, nõnda kujuneb suve algul välja läbisegunenud



nud vee kiht. Seda pinnakihti ja sügavamal paiknevat vett eraldab termokliin, kus temperatuur sügavuse suurenedes kiiresti langeb. Termokliini kohal on väiksema ning selle all suurema tihedusega vesi (1). Samasugused vertikaalsed erinevused tekivad siis, kui sügavamates kihtides on vesi soolsem. Erisuguse tihedusega vee kihte lahutab siis halokliin.

Sageli aga ei tehta vahet, mis põhjusel vee tihedus muutub, ning niisugust vahekihti nimetatakse üldisemalt piknokliiniks. Meie kliimas tekib säärane kihistatus kevadel ja püsib mere sügavamates osades talveni. See teeb veevahetuse crisuguste kihtide vahel vaevaliseks, criti suvel ja sügisel.

Siiski on teatavates oludes veevahetus mõnikord võimalik. Seejuures



© 2. NOAA AVHRR satelliidi ülesvõte vee temperatuurist Soome lahes soojal hilissuvel pärast intensiivset süvaveekerget 8. septembril 2002. Merevee ootamatu jahenemine tekitas paljudes kohtades tiheda udu, mida ilmaprognos ette ei näinud [3]. Andmed: Soome meteoroloogia instituut (FMI), töödeldud Soome keskkonnainstituudis (SYKE).

on abiliseks enamasti tuul, mis võib panna vee liikuma nõnda, et pinnakihi vesi liigub mingist piirkonnast ära ning sügavamate kihtide külm ja suhteliselt soolane vesi kerkib tavapärasest palju kõrgemale. Vahel juhtub, et piknokliin kaob täielikult ja selline vesi tungib lausa pinnale. Seda nähtust nimetatakse klassikalises okeanoloogias süvaveekerkeks (ingl. *upwelling*), vahel ka tõusuhoovuseks. Vastand on pealiske sukeldumine (ingl. *downwelling*), mille käigus võrdlemisi soe pinnakihi vesi kuhjub ühte piirkonda ning ulatub seal tunduvalt sügavamale kui tavaliselt. Need kaks teineteist täiendavat nähtust on olulised ookeanide ja mere termohaliinse tsirkulatsiooni kujunemisel.

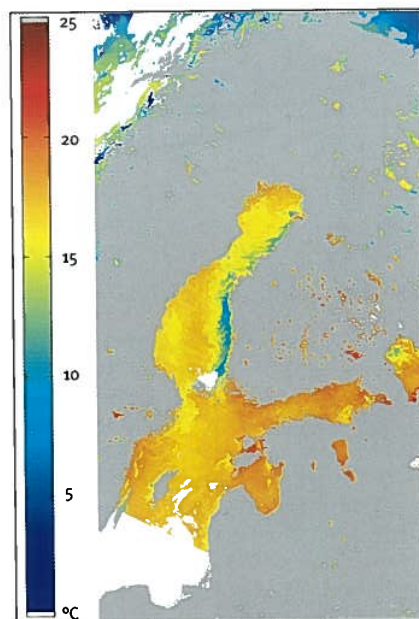
Läänemeri on üsna madal ning süvaveekerke käigus tõuseb siin pinnale vesi paarikümne meetri sügavuselt. Avaookeanis on mõõtmised teised ja mõne autorid väidavad, et vesi võib pinnale tõusta isegi mitme kilomeetri sügavuselt.

Iseäranis hästi paistab süvaveekerke silma suvel ja varasügisel. Sageli on pinnale tõusnud külm vesi parema läbipaistvusega ning toitainerikas, mistõttu mõneks ajaks muutuvad vee optilised omadused ning vahel hakkab elustik vohama. Seepärast on selle nähtuse teket ja arengut üsna lihtne nüüdisaegsete vahenditega jälgida, näiteks saab mere pinnakihi temperatuuri kohta väga hea ülevaate satelliidipildidelt (nt. © 2, © 7). Seevastu

pealiske sukeldumist on üksjagu raske märgata. Seda saab kindlaks teha vaid mõttes vee omadusi eri sügavustel ja erisugustes kohtades.

Küllap on mereelustiku jaoks pinnavee tungimine sügavustesse niisama vapustav sündmus kui süvaveekerke meie jaoks. Et aga inimestele ei seostu selle nähtusega midagi imelikku, käsitletakse seda ka tunduvalt harvemini. Siiski on pinnavee sukeldumine oluline osa mere ja ookeanide ökosüsteemis, sest põhjakihtidesse pääseb palju enam hapnikku, kui seda jõuab difusiooni teel. Pealmiste kihtide vesi on aga tavaliselt toitainerikane, seetõttu ei hiilga kohad, kus pinnavee sukeldumist tuleb tihti ette, elustiku rikkuse poolest; kasu saavad vaid need elusolendid, kes vajavad võrdlemisi palju hapnikku.

Piki randa puhuv tuul. Läänemere kontekstis käsitletakse süvaveekerget ja pinnavee sukeldumist kui üsna kitsalt piiritletud vee liikumise viise. Meil üldlevinud definitsiooni järgi tekib süvaveekerke siis, kui tuulega tekitatud merehoovus viib ranna lähedalt pinnavee eemale. Tugeva maatuule tõttu eemaldub soojenenud pinnakiht sageli rannast ja meretuul kuhjab selle teise rannaossa. Kui vett kantakse ära pikalt rannalõigult, ei piisa vee juurdevoolust naaberaladelt. Tekkinud "tühimiku" katab mõne aja pärast süvaveekerke.

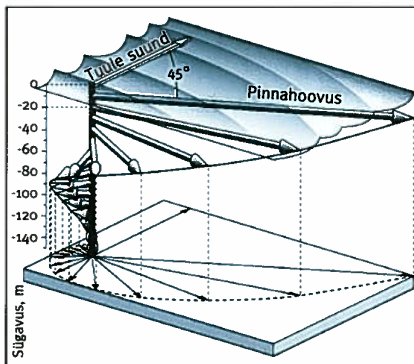


© 3. NOAA AVHRR satelliidi ülesvõte vee temperatuurist Botnia lahes pärast süvaveekerget 15. juulil 2003. Süvaveekerke ajal oli Soomes soe ilm, õhutemperatuur kuni 30 °C. Valged alad on kaetud pilvedega. Andmed: Soome meteoroloogia instituut (FMI), töödeldud Soome keskkonnainstituudis (SYKE).

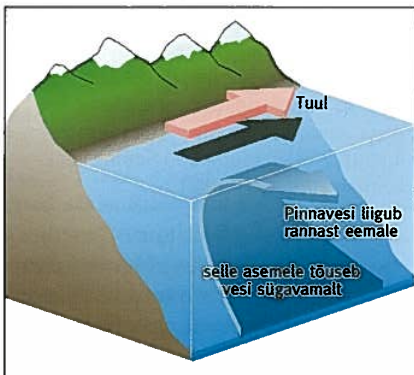
Kuid mõnevõrra on ehk ootamatu, et maa- ja meretuule osa süvaveekerke ning pinnavee sukeldumise tekkes on üsna väike, eriti meie kandis (mõnes piirkonnas on siiski teisiti, näiteks Uus-Meremaal, vt. lk. 10). Suurema osa süvaveekergetest põhjustavad meil hoopis piki randa puhuvad tuuled.

Vesi liigub tuulega peaaegu samas suunas vaid siis, kui tuul puhub madala, mõne meetri sügavuse mereala kohal. Sügavamates kohtades on tuule ning merehoovuse suunad suuresti erinevad ja tihti võib tugev meretuul tekitada hoopis piki randa suunatud hoovuse. Seda tingib asjaolu, et liikumisi Maa pinnal mõjutab veel Maa pöörlemise tõttu tekkiv Coriolisi jõud. Põhjapoolkeral püüab see igat liikuvat eset või nähtust suunata paremale, lõunapoolkeral vasakule; näiteks Coriolisi jõu tõttu ei liigu õhk mitte madalrõhk-konna keskme poole, vaid ringikujuliselt ümber selle.

Merehoovusi ja tuuli võivad tekitada mitut laadi mehhanismid, mis ühtlasi määravad ära nende hoovuste



⊙ 4. Ekmani spiraali teke. Tuule mõjul läheb algul liikvele üsna õhuke veekiht, mille paksus on võrreldav lainete kõrgusega. Tekkinud hoovust mõjutab Coriolisi jõud, mis kallutab selle põhjapoolkeral tuule suunast paremale. Pinnakihi liikumine haarab mõne aja pärast kaasa selle all paikneva veekihi, mis kaldub omakorda veel enam paremale.



⊙ 5. Maa- ja meretuule osa süvaveekerke ja pinnavee sukeldumise puhul on üsna väike, eriti meie kandis. Suuremalt jaolt põhjustavad süvaveekerget hoopis piki randa puhuvad tuuled.

ning tuulte omadused. Tugevad tuuled kaasnevad tavaliselt tugevate tsüklonitega. Neid sünnitavad nn. mahujõud, näiteks õhurõhk, mis mõjutab ühel ajal ja üsna ühtmoodi suuri õhumasse ning paneb sünkroonselt liikuma paljude kilomeetrite paksuse atmosfääri

rikihi. Seepärast on tuule suund eri kõrgustel üsna ühesugune ja maa-pinna lähedal muutub see vaid pinna ebatasasuse tõttu. Tuulega tekitatud merehoovused kujunevad aga hoopis teisiti, sest tuul pääseb mõjutama vaid veepinda. Algul läheb liikvele üsna õhuke veekiht, mille paksus on võrreldav lainete kõrgusega. Coriolisi jõud kallutab tekkinud hoovust põhjapoolkeral tuule suunast paremale. Pinnakihi liikumine haarab mõne aja pärast kaasa selle all paikneva veekihi, mis kaldub omakorda veel enam paremale. Seega, mida sügavam veekiht, seda suurema nurga all tuule suuna suhtes see voolab. Pinnakihi erinevus ligikaudu 45 kraadi ja sadakonna meetri sügavusel on tegu juba vastuvooluga (⊙ 4). Säärest liikumist nimetatakse Ekmani spiraaliks.

Nõnda tekkiva liikumise keskmine suund on tuule suunaga peaaegu risti. Seetõttu kannab piki randa puhuva tuulega tekitatud hoovus vett kas ranna poole või rannast eemale, olenevalt tuule suunast. Läänemere avaosas ja Soome lahel valitsevad suviti edela- ja läänetuuled, mis kannavad pinnakihi vee Rootsi ja Soome poolt Eesti ranniku suunas (⊙ 5). Vaid märtsis ja aprillis võivad domineerida idakaarte tuuled, kuid sel ajal on vesi Läänemeres võrdlemisi hästi läbi segunenud ning süvaveekerget jääb märkamata (aga see ei tähenda, et seda ei oleks). Siit ka lihtne selgitus 2006. aasta augustis Eesti põhjarannikul suplusvee ebameeldivald külmaks muutnud nähtuse kohta. Erinevalt tavapärasest puhus mõõdukas tuul mõnda aega idakaarest ja muidu Soome lõunarannikul tavaline süvaveekerget tekkis mõneks ajaks meie ranna lähedal (⊙ 6).

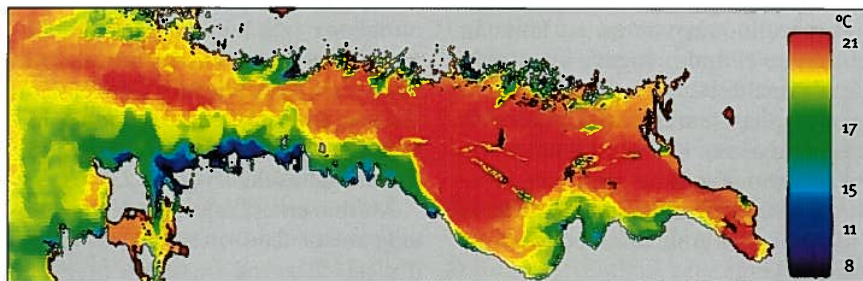
Ka paljudes ookeani rannikul olevates piirkondades on süvaveekerget ja pinnavee sukeldumine tekkinud

atmosfääri ja ookeani tsirkulatsioon mõnda aega muutumatult püsitud olude tõttu. Klassikaline pikka aega ühest suunast puhuvate tuulte näide on passaadid, mille tõttu on süvaveekerget üldiselt tavaline teataval laiuskraadidel kontinentide läänerrannikutel.

Kuid süvaveekerget ja pinnavee sukeldumine on seotud ka säärase ulatuslike nähtustega nagu El Niño ja La Niña. Kui La Niña faasi ajal on Peruu rannikul peaaegu kogu aeg süvaveekerget jaoks soodsad olud, siis El Niño puhul on tuule suund teistsugune: sinna kuhjub hoopis soe pinnavesi ning kaluritele on need aastad katastroofilised. Näiteks 1972. a. El Niño ajal jätkunud intensiivne kalapüük laostas kohaliku anšoovise asurkonna, mis oli süvaveekergete lakkamise tõttu nagunii tugeva surve all. Samas lahkuvad või hukkuvad El Niño ajal ka röövkalad, mistõttu kalavarud taastuvad selles kandis väga ruttu.

Mitte üksnes rannas. Rannas puhuv tuul pole ainus tegur, mis kirjeldatud nähtusi tekitab. Avaookeanis tekib süvaveekergete vahel siis, kui näiteks veealune mägi suunab hoovuse kõrvale. Sageli muutub hoovus siis ebastabiilseks ja laguneb suurte keeriste jadaks. Kui kaks samas suunas pöörlevat keerist on lähedistiku, liiguvad veemassid mõnedes kohtades üksteisest eemale. Üsna tihti tõuseb nende vahele vesi sügavamatest kihtidest. Sellistes kohtades kihab elu ning need on justkui toitainete- ja kalarikkad oasid avaookeanis (ehkki üldiselt on ookeani bioproduktiivsus võrdlemisi tagasihoidlik).

Süvaveekerget põhjustavad ka tugevad tsüklonid. Nende suur liikumiskiirus toob sageli kaasa pahandusi pigem merel ja rannas, näiteks oli niisugune 2005. aasta jaanuaritorm. Kui aga tsükloni liikumiskiirus on alla 7–8 km/t, tekitab ringikujuliselt liikuv



⊙ 6. Vee temperatuur Soome lahes 6. augustil 2006. Eesti rannikul Hiiuimaast Lahemaani on intensiivne süvaveekerget; külm vesi on Tallinna lähistelt liikunud Soome lahe keskele. Narva ja Kotka vahel on märgata laevade liikumise jälgi. Andmed: Tiit Kutser, Eesti mereinstituut.



Meie kliimas, eeskätt suvel ja sügisel, on merevee eri kihtide vahel veevahetus võrdlemisi vaevaline. Säärane kihistatus on seotud merevee temperatuuri ja soolsusega, mis määravad vee tiheduse. Siiski on teatavates oludes veevahetus võimalik: kui tekib süvaveekerge või pinnavee laskumine.

tuul omapärase pinnahoovuse. Õhk liigub tsüklonis vastupäeva, seega on tuulega tekitatud Ekmani transport igal pool suunatud tsükloni südamest eemale. Nii liigub ka pinnavesi pikemat aega paigal püsiva tsükloni keskmeist kaugemale. Madalrõhkkonna tsentris tekib süvaveekerge ning mere pinnakihi temperatuur langeb. Mingist hetkest alates ei soodusta mereveest tulev soojus enam tsükloni arengut ning see hakkab tasapisi nõrgenema. Seetõttu on üldjuhul ohtlikud vaid kiiresti liikuvad troopilised tsüklonid: need, mis jäävad seisma, ei arene orkaanideks. Pinnavee sukeldumine on aga tavaline aeglaselt liikuvate antitsüklonite keskosas, kus soe veekiht on sageli palju

© 7. Ebatavaline süvaveekergete muster Läänemeres 17. juulil 2006. Süvaveekerge ilmneb korraga nii Leedu ja Läti rannikul kui ka Botnia mere läänerannikul. Andmed: Soome keskkonnainstituut (SYKE; GMES MarCoast).

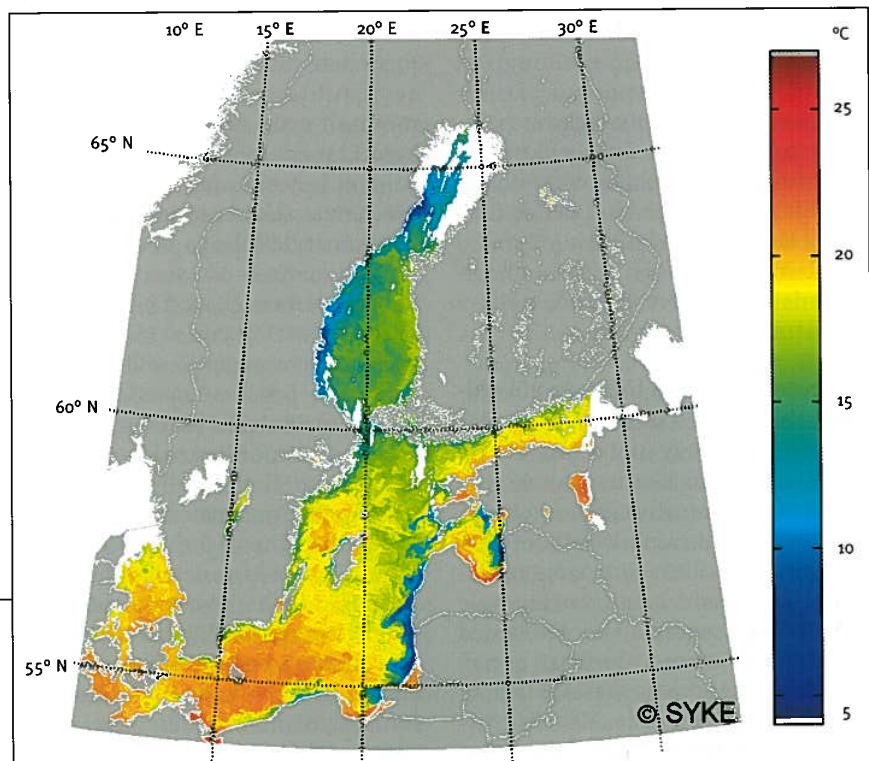




FOTO: TARMO SOOMERE

⊙ 8. Mõnes paigas võib süvaveekerge osaleda ka mereranna ümberkujundamisel, tekitades paksu pahandust rannarahvale. Nii juhtus näiteks Uus-Meremaal Mangawhai suudmelahes, kus aastate jooksul ja paljude tegurite koosmõjul murdis rannaga rööbiti volav jõgi luiteahelikust läbi hoopis uuest kohast. Jõesuudmes olnud sadamasse jäi lõksu sadakond laeva, ent suurema löögi sai linna heitveesüsteem. Pildil jääb looduslik jõesuue vasakul liivaluute taha, ajutine suue paikneb foto paremas servas.

paksem kui naaberaladel.

Põhimõtteliselt tekivad süvaveekerkega sarnased nähtused paljudes geofüüsikalistes süsteemides, kus aine liigub peamiselt kihiliselt. Nõnda arvatakse näiteks, et süvaveekerke taolised nähtused on olulised nii tähtede pinnakihi (kuigi sealseid liikumisi kujundab peamiselt tähe sisemuses toimuvatest termotuumareaktsioonidest pärinev energia) kui ka Maa vahekihi paikneva magma voolamiselt. Lahknevate hoovustega on võrreldavad ka eri suunas liikuvad kontinendid: nende üksteisest kaugenemisel tekkiva tühimiku täidab Maa vahekihist pärinev materjal, mis on meile mõnikord nähtav vulkaanilise aktiivsusega.

Süvaveekerge võib lõhkuda või ehitada. Kuigi meie kandis on pikka aega rannaga risti puhuv tuul ebaharilik, on see mõnes kohas täiesti tavaline, näiteks keskmise suurusega saartel avaookeanis. Sellistes piirkondades võib süvaveekerke olla oluline mõju põhjasetete liikumisele. Juhul, kui tugevale maatuule lisanduvad kõrged lained (Läänemerele on see võimatu), annab süvaveekerkehoovus sääraiste lainete mõjule oma osa juurde. Näiteks Uus-Meremaal domineerivad edelatuuled

ning Vaikse ookeani poole avatud kirderannikul on sageli tugev tuul suunatud maalt merele ka siis, kui randa saabuvad kaugete tormide tekitatud kõrged lained. Neis randades ulatub üsna madal liivase põhjaga kaetud mereala vahel paari kilomeetri kaugusele veepiirist. Madalas vees paneb tugev tuul pinnakihi vee liikuma pea-aegu tuule suunas. Coriolisi jõud mõjutab seda hoovust mõnevõrra, kuid Ekmani spiraal nii madalas vees välja ei kujune ning tugev maatuul viib pinnaveekihi rannast eemale.

Avamerele liikuva hoovuse kiirus on ligikaudu 2–3% tuule kiirusest; kui tuul puhub 20 m/s, liigub hoovus kiirusega 40–60 cm/s. Mõne meetri sügavuses vees ulatub selline hoovus ligikaudu poole sügavuseni. Kuna rand ei saa kuivaks jääda, toob vastav kompensatsioonahoovus – süvaveekerke mõneti ebaharilik versioon – randa vett sügavamatest kihtidest ning merepõhja lähedal kujuneb välja pea-aegu niisama kiire voolamine ranna suunas. Madalas vees on see päris tugev hoovus, mis lükkab mürdlainetega liikuma pandud liiva nagu bulldooser. Sedaviisi kantakse uskumatult suur kogus liiva luidetevahelistesse läbipääsudesse jõgede suudmetes, kus

sageli paiknevad aga parimad looduslikud sadamakohad.

Professor Terry Healy Waikato ülikoolist on kirjeldanud üht sääraist juhtu Mangawhai jõesuudmes. See on väike loode suunas avatud suudmelahet ehk estuaar Uus-Meremaa Põhjaosa loodeosas, ligikaudu sada kilomeetrit Aucklandist põhja pool (vt. ⊙ 8). Jõgi voolab seal kilomeetri jagu rööbiti rannaga ning on merest eraldatud paarisaja meetri laiuse luiteahelikuga. Kõigepealt lõhkus tugev torm 1978. aastal luidetesse ava, mida 1987. aastal Bola-nimeline tsüklon laiendas. Aastal 1990 täitis jõesuue, mis oli ka sissepääs sadamasse, paar päeva kestnud tugeva maatuule ja kõrge ummiklainetuse tõttu lõplikult liivaga ning jõgi murdis luiteahelikust läbi hoopis teisest kohast. Sadamasse jäi lõksu sadakond laeva, kuid see oli pisiasi merre pääseva heitvee kõrval: vana jõesuudme lähedale oli suunatud kohaliku linna heitvesi, mis oli tollal veel kehvasti puhastatud. Tõusu-mõõna hoovused olid seal varem kui tualetiharja ja loputusvee kombinatsioon, mis kogu lahesuuet kaks korda päevas korralikult puhastas.

Mõne nädalaga kujunes olukord vana jõesuudme lähedal katastroofiliseks. Vastavad ametkonnad polnud seesuguse probleemiga kokku puutunud ja arvasid, et vana jõesuudme lahtikaevamine on loodusjõududega kujundatud uue rannajoone muutmise, mille jaoks – nagu Eestiski – on tarvis eriluba, tööde projekti, eelarveraha jne. Kohalikud inimesed, kelle jaoks olukord kippus eluohtlikuks, hakkasid 1991. aastal omal käel vana jõesuuet süvendama. Kuigi oma tegevusega rikkusid nad seadust, kuulutati nad kangelasteks, kelle auks on püstitatud ka mälestustahvel. Et aga süvendamise õige aeg oli tollal mööda lastud, läks algse olukorra taastamine päris kalliks ning tööd kestsid üle viie aasta. Säärane üritus on Uus-Meremaa ajaloos üks vähesi, kus formaalne seaduserikkumine tunnistati tagantjärele õigeks.

Pinnale kerkiv vesi toob kaasa muutusi. Sügaval paiknev vesi on mereelustiku jaoks üsna ebasoodne keskkond: seal on puudus nii valgusest kui



Rannahooajal tekkinud süvaveeerge muudab suplusvee ebameeldivalt külmaks. See nähtus on aga meelepärane paljudele veeorganismidele, sest pinnale tuuakse toitainerikas vesi. Pärast soojenemist on säärane keskkond paradiis fütoplanktonile, kes omakorda on toiduks suurematele vee-elukatele. Kuid teatava ajanihkega võib süvaveeerge tekitada ka soodsad olud sinivetikate vohanguks, mis aga rikub suplusvee sootuks.

ka hapnikust. Küll aga on sügavamates veekihtides võrdlemisi palju toitu mitmesuguste mikroorganismide jaoks. Eriti toitainerikas on keskkond rannanõlva sügavamas osas, kus vesi lahustab mere põhjast toitaineid ja haarab kaasa orgaanilist ollust. Viktor Žurbase arvutused näitavad, et 21.–29. juulil 1999 Soome lõunarannikul aset leidnud süvaveeerge tõi pinnakihti ligikaudu 420 tonni fosforit (Läänemere mereteaduse kongress Rostockis, ettekanne 21.03.2007). Kui selline vesi jõuab mere pinnale, kus on hapnikku ja valgust piisavalt, on see pärast teatavat soojenemist paradiis fütoplanktoni jaoks, kes on omakorda söögiks suurematele organismidele. Seetõttu on kohad, kus süvaveeerge on üsna sagedane nähtus, näiteks Peruu rannik, Araabia mere rannad, Lõuna-Aafrika läänerannik või Uus-Meremaa idarannik ning Kalifornia rannad, tuntud oma kalarikkuse poolest. Paraku võib ka nii juhtuda, et esimesena saavad toitainetele jaole mürgi-

sed sinivetikad. Siis on süvaveeerge hoopis stardipauk sinivetikate vohangule, mis võib rannasuve päriselt ära rikkuda [5].

Ka Jaan Laanemets jt. on oma uuringute põhjal näidanud, et süvaveeekerkega ülemistesse veekihtidesse toodavate toitainete hulk võib sinivetikad vohama panna. Kuid selle adekvaatne prognoos on võimalik vaid siis, kui eeldatavad süvaveeekerke parameetrid on varem teada [1]. Huvitaval kombel kaasneb sinivetikate vohamine meie kandis eelkõige kevadel, kuni juuni keskpaigani aset leidnud süvaveeekergetega [2]. Muidugi sünnivad säärased vohangud teatava ajanihkega: kulub paar või kolm nädalat, mille jooksul pinnakiht jälle soojeneb [7].

Süvaveeekerkest mõjutatud piirkonnas võivad järsult muutuda ka õhu ning mere vahelise energivahetusega seotud näitajad. Näiteks Soome lahes mõjutab keskmisest ulatuslikum süvaveeerge kuni kaht kolmandikku veepeegli pindalast. Otsene mõju seisneb

vee nii püst- kui ka rõhtsihis ümberpaiknemises, mistõttu muudesse rannaosadesse ja avamerale kandub teistsuguse temperatuuriga vesi; samuti viiakse edasi tähelepanuväärne kogus soola ja toitaineid. Kolleeg Lembit Talpsepp järeldeb oma peagi ilmuvas artiklis, et just sagedaste süvaveeekergete tõttu on Soome lahe keskosa pinnavee soolsus suhteliselt madal.

Teatavas mõttes peegeldab tuule vertikaalne struktuur õhu ja vee pinna temperatuuride vahet. Kui see vahe peaks muutuma, siis teisenevad ka tuule omadused. See omakorda mõjutab impulsi ja kineetilise energia ülekannet õhult merele ehk hoo-vuste ja lainete kujunemise olusid. Loomulikult muutub ka õhu ja vee vahelise soojuse ülekande intensiivsus. Kui võrdlemisi sooja vee asemel on ühtäkki meres peaaegu jääkülm vesi, kahaneb aurumine tunduvalt ning väheneb vee pinnalt lähtuv pikalaineline soojuskiirgus. Säärased muutused tulevad nähtavale pilvede

struktuuri kaudu [6]. Soe vesi teatavasti ajapikku "kütab" alumisi õhukihte, mis soojenedes tõusevad ning seega ventileerivad mere pinna lähedal paiknevat õhku.

Kuna süvavee kergete tekib tuule mõjul, on sellega kaasnev tuulevaikus suhteliselt ebatavaline. Siiski võib see mõnikord juhtuda. Tuule vaibudes jahtub maa või mere pinnal olev õhk kiiresti, selles olev niiskus kondenseerub ja tekib udu. Niisugune udu on tavaline ka meie külmal tuuletul augusti- või septembriõhtul. Irene Suomi kirjeldas üht kõige markantsemat seda tüüpi situatsiooni Läänemere mereteaduse kongressil Rostockis. Pühapäev, 8. september 2002 oli päikeseline ja soe, kuid õhtu-poolikul tekkis Helsingi lähedal merel nii paks udu, et paljud laevad jäid hätta ning isegi liiklus Kustanmiekkaväinas keelati. Säärased ilmaolusid tingis süvavee kergete Soome lahe põhjarannikul. Seekord juhtus aga nii, et tuul vaibus pärast süvavee kerget (vt. ☉ 2).

Süvavee kerget uuritakse aina põhjalikumalt. Teaduskirjanduses on Läänemere süvavee kerget esimest korda kirjeldanud Alexander von Humboldt. Ta juhtus erakordselt külma pinnavee peale, kui 1834. aasta augustis reisis aurulaevaga Stettinist (nüüd Szczecin) Königsbergi (Kaliningrad) ja tagasi.

Praegusajaks on Läänemere süvavee kerget analüüsivaid artikleid tippklassi teadusajakirjades ilmunud üle poolesaja. Eesti rannikumeredes juhtunud seikadest on kõige põhjalikumalt vaadeldud 1986. juunis Hiiumaa lähedal olnud võrdlemisi tagasihoidlikku sündmust, mille tõttu suurenes mikroorganismide hulk peaaegu kümme korda [4]. Süvavee kergete põhjustas tollal varasuve jaoks ebatavalisest suunast, põhjaloodest, puhunud tugev tuul.

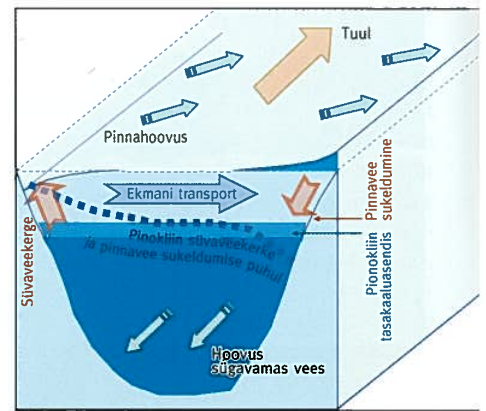
Üle kahe aastakümne tagasi alustatud teadusuuringuid on jätkatud nii Tartu ülikooli Eesti mereinstituudis kui ka Tallinna tehnikaülikooli meresüsteemide instituudis. Jaan Laanemetsa ning tema Eesti ja Soome kolleegide tööd selles valdkonnas on maailmas kõrgelt hinnatud.

Andreas Lehmann ja Kai Myrberg märkisid oma ülevaates Läänemere mereteaduse kongressil Rostockis tänava märtsis, et kuigi süvavee kerget on Läänemeres tavaline, ei ole selle füüsikalisi põhjusi ammendavalt kirjeldatud, samuti pole piisavalt analüüsitud selle nähtuse mõjusid. Poola kolleegide andmeil on Läänemere lõunaosas Heli poolsaare lähedal süvavee kergete tõttu langenud veetemperatuur isegi 14 kraadi (Maria Szymelfenig jt., ettekanne Läänemere mereteaduse kongressil Rostockis, 21.03.2007). Möödunud aasta augustis muutus merevee temperatuur Tallinna lähel peaaegu niisama järsult. Meie kandidis ei saagi süvavee kerget suuremaid temperatuurimuutusi kaasa tuua, sest suvel tõuseb pinnavee temperatuur harva üle 20 kraadi ning tõusuhoovusega saab vee soojus ületab üldjuhul 5–6 kraadi.

Läänemeres ilmneb süvavee kerget enamasti mõnekümne kuni saja kilomeetri pikkusel rannalõigul. Kui külm vesi on juba pinnal, hakkab see edasi liikuma nii nagu pinnavesi ikka. Kuna hoovuste liikumine on siin väga keerukas, ulatuvad külma vee keeled rannikust 20–50 kilomeetri kaugusele.

Süvavee kergete käigus tõuseb vesi ülespoole üpris aeglaselt, mõne meetri võrra päevas. Ka Ekmani spiraali ja rannast eemale suunatud hoovuse teke võtab aega. Seepärast saab külm vesi tungida lausa pinnale vaid siis, kui soodsad tuuleolud kestavad vähemalt poolteist kuni kaks päeva. Tavaliselt tekib Läänemere ühe ranna ääres süvavee kergete ja teisel pool pealisse sukeldumine (☉ 9). Ühtaegu arenevad mõlema ranna lähedal intensiivsed hoovused, mis viivad edasi ligikaudu niisama palju vett, nagu voolab Läänemere kõigest suubuvatest jõgedest korraka.

Süvavee kergete ning pinnavee sukeldumise omaduste tundmine ja oskus nendega kaasnevaid muutusi arvestada on tähtis paljudes valdkondades, sealhulgas isegi globaalse soojenemise uuringutes ja vastavate mõõtmiste interpreteerimises. Kui näiteks valitsev tuulesund peaks muutuma, mõjutab see ka süvavee kergete sagedust ning intensiivsust. See aga võib tekitada mulje, nagu oleks selles piirkon-



☉ 9. Üheaegne süvavee kergete ja pinnavee sukeldumine Läänemere avaosas või Soome lahe eri rannikutel.

nas lokaalne jahenemine. Kui säärast olukorda ei arvesta, võib mere pinnakihi temperatuuri igati korrektse mõõtmise põhjal teha valed järeldused. Kui aga pinnavee sukeldumine mingil põhjusel sageneb, toob see endaga kaasa merevee soojenemise kuni võrdlemisi sügavate kihtideni välja. Maailmamere tervikuna käsitledes tähendab see ookeani veetaseme tõusu vee soojuspaisumise tõttu.

Autor tänab dr. Tiit Kutserit Eesti mereinstituudist, Kai Myrbergi Soome mereinstituudist ning Maria Gästgifvarsi ja Kati Tahvoneni Soome keskkonnainstituudist satelliidipiltide eest. ■

1. Laanemets, Jaan et al. 2006. A fuzzy logic model to describe the cyanobacteria *Nodularia spumigena* blooms in the Gulf of Finland, Baltic Sea. – *Hydrobiologia* 554: 31–45.
2. Lilover, Madis-Jaak; Laanemets, Jaan 2006. A simple tool for the early prediction of the cyanobacteria *Nodularia spumigena* bloom biomass in the Gulf of Finland. – *Oceanologia* 48 (SI): 213–229.
3. Myrberg, Kai et al. 2006. Itämeren fysiikka, tila ja tulevaisuus. Helsinki.
4. Nömmann, Sulev et al. 1991. Plankton distribution during a coastal upwelling event off Hiiumaa, Baltic Sea – impact of short-term flow field variability. – *Continental Shelf Research* 11 (1): 95–108.
5. Sellner, Kevin G. et al. 2003. Harmful algal blooms: causes, impacts and detection. – *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology* 30 (7): 383–406.
6. Telford, James W. 2000. Marine stratus clouds: Changing liquid-water and temperature structure. – *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* A126 (566): 1789–1813.
7. Vahtera, Emil et al. 2005. Effect of upwelling on the pelagic environment and bloom-forming cyanobacteria in the western Gulf of Finland, Baltic Sea. – *Journal of Marine Systems* 58 (1–2): 67–82.

Tarmo Soomere (1957) on TTÜ kübernetika instituudi vanemteadur ja rannikutehnika professor.