



TTÜ MERESÜSTEEMIDE INSTITUUT

Akadeemia tee 15a, 12618 Tallinn, tel. +372 620 4300 fax. +372 620 4301

Tallinna lahe seisundi parandamise meetmete katsetamine ja mõju hindamine

LÕPPARUANNE



Töö tellija: Keskkonnaministeerium

Lepingu nr.: 4-1/16/76

Direktor

Prof. Jüri Elken

Lepingu täitja

Dr. Kai Künnis-Beres

Tallinn 2017

Sisukord

Sisukord	2
SISSEJUHATUS	3
1. MATERJAL ja METOODIKA.....	5
2. TALLINNA LAHE 2016 JA 2017. a. SUVEPERIOODI HÜDROMETEOROLOOGILINE ISELOOMUSTUS.....	10
2.1 TUULESUUNA SAGEDUSJAOTUS.....	10
2.2 TUULE KIIRUS.....	11
2.3 ÕHU JA VEE TEMPERATUUR	12
2.4 MEREVEE TASE (Kroonlinna suhtes).....	14
3. TALLINNA LAHE SUUBUVATE SADEMEVEE KOLLEKTORITE VEE OMADUSED	17
4. KATSED REOSTUSE JA HAISU SEOSE SELGITAMISEKS	20
4.1 INIMREOSTUSE MÕJU VETIKAMATI LAGUNEMISE PROTSESSILE.....	20
4.1.1 Esimene <i>in vitro</i> katse	20
4.1.2 Katsetulemusi toetav reaalsus	21
4.2 INIMREOSTUSE MÕJU RANNALÄHEDASELE MIKROOBIKOOSLUSELE	24
4.2.1 Teine <i>in vitro</i> katse.....	24
4.2.2 Katsetulemusi toetav reaalsus	25
4.3 TOIDUJÄÄTMETE JA FEKAALVETE MÕJU VETIKAMASSI LAGUNEMISELE (in situ katse)	27
4.4 RANDA UHUTUD VETIKAMASSI PRAHISUS.....	31
5. TALLINNA LAHE POTENSIAALSED HAISUKOLDED 2016 JA 2017. a. SUVEL TEHTUD AERO- ja TAVAFOTODE PÕHJAL	33
6. RANDA UHUTUD VETIKATE KORISTAMINE	38
6.1 PIRITA SUPELRANNA KORRALINE KORISTUS (29.07.2016).....	38
6.2 KATSELINE RANNAKORISTUS RUSSALKA RANNAS	39
6.3 VETIKATEKORISTUSEGA SEOTUD TÄHELEPANEKUD	43
6.4 RUSSALKA RANNA KATSELISE KORISTUSE MEEDIAKAJASTUSED	45
7. ETTEPANEKUD TALLINNA LAHE SEISUNDI PARANDAMISEKS JA HAISUPROMLEEMI LEEVENdamiseks.....	46
7.1 TOITAINETEKOORMUSE VÄHENDAMINE	46
7.2 HAISUTEKKE POTENSIAALI VÄHENDAMINE.....	46
JÄRELDUSED ja KOKKUVÕTE	50
KASUTATUD KIRJANDUS.....	52

SISSEJUHATUS

Suurimaks probleemiks Läänemeres, sh. Tallinna lahes, on eutrofeerumine ehk liigtoitelisus. Liigtoitelisuse üheks indikaatoriks on sobiva substraadi olemasolul makrovetikate sesoonne vohamine madalaveelistel merealadel nagu seda on ka Tallinna laht. Kui vetikamatt substraadilt lahti rebitakse, uhutakse see randa, kus lagunemisprotsesside käigus tekib nii ebameeldiv lõhn kui ka ebameeldiv vaatepilt.

Tallinna lahe seisundit peetakse halvaks eeskätt just suvekuudel merepoolt Pirita teele kanduva haisu tõttu. On alust arvata, et lisaks lagunevatele vetikatele on haisu tekkes oma roll ka Tallinna lahte juhitava puhastamata sademe- ja drenaaživeel ning Pirita jõe veega merre kantavatel toitainetel. Selline arvamus on kujunenud varasemate uuringute põhjal.

Tallinna lahe keskkonnaseisundit on alates 1990-datest seiratud eelkõige merevee lämmastiku ja fosfori sisalduse ja kolme bioloogilise kvaliteedielemendi – fütoplankton, suurvetikad ja suurselgrootud alusel. Nende näitajate põhjal hinnati Tallinna lahe keskkonnaseisundit ajavahemikul 1993-1995 reostunuks, mis EL VPRD kriteeriumite alusel vastab halvale kuni väga halvale keskkonnaseisundile. Alates 2011. aastast on Tallinna lahe keskkonnaseisund mõnevõrra paranenud ning on EL VPRD kriteeriumitele vastavalt kesine [1]. Lisaks seirele on Tallinna lahe seisundi hindamiseks teostatud viimastel aastatel kolm suuremamahulist uurimisprojekti [2, 3, 4]. Kõigi nimetatud projektide lõpparuannetes tõdetakse, et Tallinna lahe eutrofeerumise leevendamiseks ja sellega seostuva haisuprobleemi kõrvaldamiseks lihtne lahendus puudub. Varasemates aruannetes soovitatakse lahe keskkonnaseisundi parandamiseks: (1) vähendada sademevee toitainete ja muude saasteainete sisaldust; (2) vähendada Pirita jõega lahte kantavat toitainete koormust; (3) eemaldada merre suubuvate sademevee kollektorite toruotste ümbruses vohama hakanud vetikad ning koristada rannale uhtunud vetikamass; (4) koondada sademevee väljalasud ning juhtida need veealuse kollektori kaudu rannast kaugemale merre (sademevee süvalasu rajamine) [5]; (5) taastada järk-järgult looduslik rannajoon ja kalda looduslikkus. Seni tehtud Tallinna lahe uuringud baseeruvad vee-, sette ja põhjataimestiku analüüsidel ning hoovuste, tuulte jne modelleerimisel. Süsteemseid vaatlusi ja organoleptilist haisuseiret ning vetikate lagunemise ja lagunemise tingimuste detailset uuringut pole ühegi seni teostatud projekti raames läbi viidud. Viimatinimetatu poolest erineb käesolev uuring oluliselt varasematest. Lisaks nimetatud visuaalsele- ja haisuseirele teostati käesoleva projekti käigus kahel korral Tallinna lahe rannajoone aerofotografeerimine drooniga ning Russalka rannaala katseline koristus vetikatest ja liiva akumulatsioonidest. Rannakoristus viidi läbi 2017. aasta 29. augustil firma GT4U poolt.

Visuaalse- ja haisualseire tulemuste paremaks tõlgendamiseks on analüüsitud 2016 ja 2017. aasta suviseid (1. juuni kuni 30. september) hüdrometeoroloogiliste andmeid (vee- ja õhutemperatuur, tuule suund, tuule kiirus, merevee seis), mis on mõõdetud Tallinna Sadam AS-le kuuluva Vanasadama meteojaamas. Nelja suurema sademevee kollektori sissevoolude reostuskoormuse iseloomustamiseks on kasutatud 2016. aastal projekti raames TTÜ Meresüsteemide instituudi keemialaboris analüüsitud ja 2017. aastal TTÜ Vee- ja keskkonnatehnika uurimisrühma poolt analüüsitud sademevee analüüside tulemusi.

Projekti lähteküsimused: Millisesse Tallinna lahe rannapiirkonda koguneb kõige rohkem lagunedes haisema hakkavat vetikamassi ning kui oluline haisuprobleem tegelikult on.

Projekti praktiline väljund: Vetikamattide katseline eemaldamine, eemaldamise tehniliste raskuste selgitamine ja tulemuslikkuse hindamine. Soovituste ja juhiste koostamine vetikamattide eemaldamiseks edaspidi.

Projekti üldisem eesmärk: Tallinna lahe keskkonnaseisundi parandamine ja haisuprobleemi leevendamine.

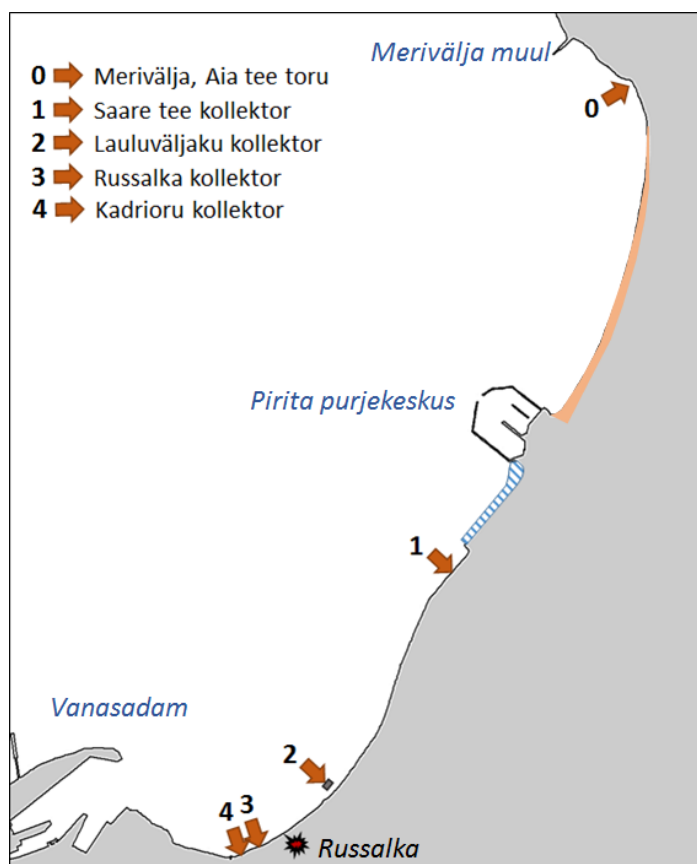
Projekti esimese aasta uurimisülesanneteks oli haisu allika, tekkeprotsesside ja tingimuste selgitamine ning vetikate kuhjumiskohtade kaardistamine, haisu olemuse ja inimreostuse seoste selgitamine.

Projekti teise aasta uurimisülesanneteks oli vetikate kuhjumise, migratsiooni ja haisu kaardistamise jätkamine pöörates tähelepanu lühiajalisele muutlikkusele ja aastate erinevusele. Hinnata vetikamassi omadusi mehhaanilise koristamise ja koristusjärgse utiliseerimise aspektidest. Pöörata tähelepanu lainetusele kui lagunemisprotsesse mõjutavale tegurile.

2017. aastal oli rannaala uueks mõjuriks aktiveerunud ehitustegevus Vanasadama ja Russalka vahelisel territooriumil (tolmureostus). Mingi mõju Tallinna lahes toimuvatele protsessidele, näiteks vee liikumisele ja vetikate väljauhte kohtade paiknemisele võib avaldada ka Pirita purjekeskuse (TOP-i) kõrval mere täitmine ja selle ala jätkuks oleva muuli umbes 10 m võrra meresuunas nihutamine. Seoses sellega avanes ootamatu võimalus jälgida vetikate kogunemist ja haisu tekkimist otse merre rajatud betoonseina puhul (täidetud mereala piire), kus puudub kividest kaitseriba.

1. MATERJAL ja METOODIKA

Uuritav piirkond. Projektis kokkulepitud uurimisalaks oli Tallinna lahe piirkond Tallinna Vanasadamast kuni Pirita muulini (rannajoone pikkus ca 4 km). Võrdluseks ja lahest kui tervikust parema ülevaate saamiseks teostati seiret ka teisel pool Pirita jõge Pirita muulist kuni Merivälja muulini (joonis 1).



Joonis 1. Projekti käigus seiratud rannaala Vanasadam territooriumist kuni Merivälja muulini. Lepinguline uurimisala on kitsam ja hõlmab Vanasadam ja Pirita jahisadam vahelist rannaala.

Väliuuringuid alustati vastavalt lepingule 1. juulist 2016. a. ning lõpetati 30. septembril 2017. aastal. Pilootseiret alustati juba enne projekti ametlikku algust 2016. a. mais. Põhiline uurimismeetod mõlemal aastal oli visuaalne rannaseire koos nähtu digitaalse jäädvustamisega ja organoleptiline haisuseire. Kokku teostati seirereide 2016. aastal 11. korral, neist viiel korral läbiti jalgsi kogu uuritav rannalõik Vanasadamast kuni Merivälja muulini. 2017. aastal teostati seirereidid alates 19. maist kuni 22. septembrini, kokku 20 korral. vähemalt kaks korda kuus läbiti rannajoon jalgsi merivälja muulist Russalka ranna lõpuni. Suurema sagedusega seireperioodid jäid ajavahemikku 22. juuni kuni 16. juuli (5 seirereidi: vetikate aktiivse kuhjumise ja lagunemise

alguse periood) ja ajavahemikku 22. august kuni 24. september (11 seirereidi: katselise rannakoristuse eelne ja järgne seire).

Reidide käigus fikseeriti ilmaolud, enamasti mõõdeti ka vee temperatuur ja hapnikusisaldus nii vees kui vetikamattides, uuriti vetikate jaotumist ja seisundit rannaäärses madalas vees, jäädvustati olukord digitaalselt, hinnati organoleptiliselt haisu intensiivsust ja iseloomu ning rannale uhtunud vetikate hulka, koostist ja lagunemise astet. Vee temperatuuri ja hapnikusisaldust vees ja vetikamattides mõõdeti portatiivse analüsaatoriga MARVET JUNIOR Mudel MJ2000. Digifotode tegemiseks kasutati 2016. aastal digikaamerat PENTAX Optio E75 ja 2017. aastal kaamerat SONY DSC-W830.

Aerokaardistamine drooniga. Aerokaardistamisi drooniga teostati projekti jooksul kahel korral. Esimene kaardistamine telliti 2016. aastal Valge Labor OÜ-lt. Aerofotod tehti Tallinna lahe lõigust Vanasadam kuni Pirita purjekeskus (TOP) ja Pirita rand kuni Merivälja muul. Pildistamine toimus 12.08.2016 ca 300 jala kõrguselt (vähim lahutusvõime 6,5 cm/px), lennu kaugus kaldast kuni 300 meetrit. Teine aerokaardistamine telliti 2017. aasta Celsus OÜ-lt. Aerofotod tehti 28. juunil Tallinna lahe lõigust Vanasadam kuni Pirita purjekeskus. Kaardistatava rannariba pindala (sisaldab ka maismaariba georefereerimiseks) oli ca 50 ha. Aerokaardistatud ala märgitud musta joonega järgnevalt lisatud Tallinna lahe kaardile (*joonis 2*). Mõlemad tellimused sisaldasid andmete esmast töötlust ja GIS kaardikihi loomist.



Joonis 2. Drooniuuringu piirkond: Tallinnas Vanasadam ja Pirita jahisadama vaheline 60-85 m laiune ranna- ja mereala.

Sademevee kollektorite veeproovide analüüsimine. 2016. aastal võtsime kolmel korral (13.07., 27.09., 18.10.) keemilisteks analüüsideks veeproovid kolmest lahte suubuvast sademevee kollektorist (Saare, Russalka, ja Kadrioru väljalasud). Proovid võeti eelnevalt ettevalmistatud proovipudelitesse otse torust väljavoolavast veejoast ning analüüsiti akrediteeringut omavate meetoditega TTÜ Meresüsteemide instituudi keemialaboris. Määrati sademevee nitritite ja nitraatide ($\text{NO}_2 + \text{NO}_3$) ja fosfaatide (PO_4) sisaldus. 2017. aastal ise veeproove ei võtnud, kuna nelja kollektori kaudu lahte juhitavat sademevett oli teise projekti raames analüüsima 2016. a. novembrist alates analüüsima hakanud TTÜ Vee- ja keskkonnatehnika uurimisrühm (eesotsas K. Pachel). Seega on käesolevas töös kasutatud 2017. aasta sademevee (4 kollektorit) analüüsiandmed saadud töödeldud kujul (aasta keskmised) K. Pachelilt.

Inimtegevusest pärineva reostuse mõju vetikate lagunemisprotsessile - (*in vitro* katse). Et paremini mõista inimreostuse mõju vetikate aeroobse ja anaeroobse lagunemise protsessile ja sellega kaasnevale lõhna omadustele, viidi läbi lihtsustatud *in vitro* katsena. Looduslikeks elementideks oli väljas inkubeeritud katse puhul temperatuur ja valgusrežiim. Katsematerjal, merevesi koos vetikamati tükkidega, koguti vähese inimhõõgu Meremõisa rannast. Katsematerjal jagati arvestades sama vee ja vetikamassi proportsiooni ühe ja pooleteistliitristesse purkidesse paralleelselt aeroobseks (avatud purgid) ja anaeroobseks (kaanega suletud purgid) inkubatsiooniks. Esimesse seeriasse, aeroobne ja anaeroobne purk, midagi ei lisatud – kontrollseeria. Teise seeriasse, aeroobne ja anaeroobne purk, lisati pesuvahendit Fairy (0.3 mahuprotsenti), kolmanda seeria anumatesse lisati uriini (mehe ja alaealise tüdruku uriini segu, 0.55 mahuprotsenti). Katse intensiivne jälgimine kestis 7 ööpäeva. Katse vältel jälgiti kolme nädala vältel võrdlevalt lisandita ja lisandiga (pesuvahend või uriin) keskkonnas vetikamati tükkide aeroobset ja anaeroobset lagunemist. Fikseeriti anumates toimuvaid muutusi, kontrolliti haisu olemasolu, ebameeldivuse taset ja intensiivsust. Katse viidi läbi juulis välitingimustes otsesele päikesepaistele varjatult (seega muutus nii temperatuur kui valgus vastavalt ööpäevasele tsüklile). Katse Eesmärk oli lihtsustatud kujul inimreostuse (elukondlike vetega reostuse) imiteerimine. Kirjeldatud katse ei vasta teadusliku katse kõigile nõuetele, kuid vastavalt püstitatud eesmärgile demonstreerib lihtsustatud kujul inimreostuse (elukondlike vetega reostuse) mõju meres toimuvale vetikamati lagunemise protsessile.

Inimtegevusest pärineva reostuse mõju rannalähedasele mikroobikoosluse uuring (*in vitro* katse). Katseks koguti vetika- ja veeproovid Pirita TOP-i (Tallinna Olümpia Purjekeskus) kõrvalt kaldakindlustuseks kuhjatud kivide vahelt ja Lauluväljaku sademevee kollektori väljalasud kõrvalt madalast veest. Laboris täideti steriilsed anumad vetika ja vee seguga ning hoiti temperatuuril 18-20 °C 24 tundi. Seejärel eraldati mõlemast proovist vetikad ning suleti pooleldi mereveega

(vetikate leotusveega) täidetud anumad kaantega. Pooeldi mereveega täidetud anumad oli algselt hapnikku (vees lahustunud hapnik ja õhuruum merevee kohal) kuid selle juurdepääs kaanega suletud anumate puhul oli piiratud. Katse käigus fikseeriti anumates toimuvad visuaalsed muutused, mille põhjal tehti järeldused mikroobikoosluste kohta.

Randa uhutud vetikamassi prahisuse analüüs. Rannalt kogutud vetikamassi utiliseerimise võimaluste selgitamiseks teostati 2017. aasta 1. mail spetsiaalne reid, mille eesmärgiks oli vetikamassi kogumine selles leiduva prahi hulga määramiseks. Selle reidi käigus koguti proovid (ca 5 kg) rannaliivale kuhjunud vetikamassist. Kogutud proovid pakendati mustadesse plastikkottidesse, kaaluti kohapeal ja säilitati jahedas kuni analüüsimiseni. Uuritavateks rannalõikudeks oli väikese inimõjuga Tammneeme rand (proov nr. 1, märgkaal 5.2 kg), tugevalt inimese poolt mõjutatud Aia tee bussipeatuse lahesopp Meriväljal (proov nr. 2, märgkaal 5.4 kg) ja Russalka rand Russalka kollektori lähedal (proov nr. 3, märgkaal 5.3 kg). Analüüsimisel jagati vetikaproovid prahi leidmise hõlbustamiseks osaproovideks ning kõigist osaproovidest nopiti käsitsi välja silmaga nähtavad mittebioloogilised osised (plastik, metall, tekstiil, kartong jms.). Kogutud materjal (praht) kuivatati, pakendati ja säilitati edasiseks analüüsiks.

Ühtegi nimetatud randa ei koristata. Russalka rannas on toimunud rahvaalgatuslikud prahikoristused kevadeti mai kuus „Teeme ära“ prahikoristuskampaania raames ning viimasel kahel aastat väikesemahulised koristustalgud ka septembris Läänemere äärsete riikide ühise rannakoristuse ajal.

Katseline rannakoristus. 2017. aasta suve esimesel poolel peetud terve rida läbirääkimisi ja konsultatsioone erinevate koristusfirmadega. Konsulterimise eesmärgil kohtuti ka Pirita linnaosa valitsuse juhi ja Pirita keskkonnaküsimustega tegeleva ning Pirita supelrannas vetikate koristamise ees vastutava spetsialistiga. Konsultatsioonide ja laekunud hinnapakumiste läbivaatamise tulemusena osutus väljavalituks rannaala koristuse teenust pakkuv ja selleks kõige kaasaegsemat tehnikat omav firma GT4U Eesti OÜ. Enne kokkuleppe sõlmimist kohtuti firma esindajaga tehniliste võimaluste täpsustamiseks objektil. Eelnevalt olin firma tehnikaga ja tööga tutvunud Pärnu ranna koristustöödel. Katseline rannakoristus teostati Russalka rannas, täpsemalt rannalõigul Russalka kollektori väljavoolust kuni Russalka mälestussambani. Rannakoristus sai teoks 29. augustil. Koristatav rannalõik koristuseelsel päeval on näha joonisel 3. Koristuse põhieesmärk oli vetikate rannaliivalt ja võimaluse korral ka madalast veest eemaldamine. Koristuses osalenud tehnika on näha järgnevatel fotodel (*joonis 4 ja 5*). Nii vetikad (vetikate ja liiva segu) kui sõelmed transporditi Jõelähtme prügilasse. Korje transpordi Jõelähtme prügilasse

finantseeris vastavalt eelnevale kokkuleppele Tallinna Keskkonnaamet. Koristuse järgselt seirati kui kiiresti ja millises ulatuses vetikad uuesti rannale kuhjuvad.



Joonis 3. Koristuse ajaks oli vetikate põhimass kuhjunud Russalkast Vanasadama poolsele rannaribale (28. augusti õhtul tehtud foto). Fotol nähtavast suurest kivist Pirita pool oli vetikaid rannaliival väga vähe ja ka merevesi oli vetikatest puhas.



Joonis 4. Kopa ja sahaga varustatud traktor (A) ja 20 tonnine kallur (B).



Joonis 5. Rannaliivasõel (2013 aasta väljalase).

2. TALLINNA LAHE 2016 JA 2017. a. SUVEPERIOODI HÜDROMETEOROLOOGILINE ISELOOMUSTUS

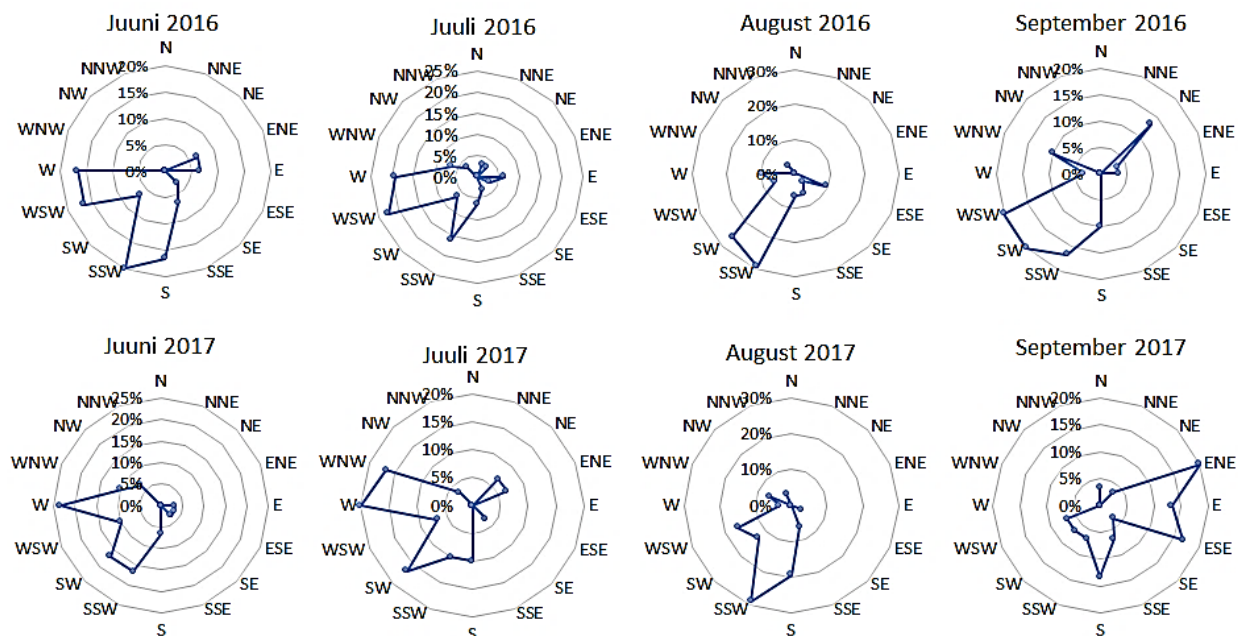
Läänemere, sealhulgas Soome lahe, seisundit mõjutab kliimaatilistest teguritest kõige enam tuul ja temperatuuri muutused [7]. Harku meteoroloogiajaama andmetel puhuvad Tallinnas kõige sagedamini edela-, lõuna- ja läänetuul, väiksema sagedusega kirde- ja idatuul. TTÜ MSI mudelarvutused näitavad, et Tallinna lahes sõltub ainelevik 10 m tuulega valdavalt tuule suunast. Pirita Russalka lõigu jaoks on halvim variant põhjatuul, mis toob Pirita jõe veed randa. Ka idatuulega jõuab osa Pirita jõe veest Saare tee ja Lauluväljaku alla. Lõuna- ja läänetuulega viiakse Pirita jõe vesi piki Pirita randa kuni Meriväljani. Idatuulega suundub enamus Pirita jõest tulevast veest avalahele. [8]

Visuaalse- ja haisuseire tulemuste paremaks tõlgendamiseks on analüüsitud 2016 ja 2017. aasta suviseid hüdrometeoroloogiliste andmeid, mis on mõõdetud Tallinna Sadam AS-le kuuluva Vanasadama meteojaamas. Vajalikud andmed selekteeris ja edastas T. Kõuts (TTÜ MSI). Järgnevalt on esitatud graafiliselt Tallinna lahe tuule suund, tuule kiirus, merevee tase (Kroonlinna nulli suhtes) ning vee- ja õhu temperatuur kuude kaupa. Graafikutel on esitatud päeva keskmised näidud, mis baseeruvad ühe tunnise intervalliga tehtud mõõtmistel (1.maist kuni 30.septembrini).

2.1 TUULESUUNA SAGEDUSJAOTUS

Tallinna lahe suvised tuulesuuna sagedusjaotuse graafikud on 2016. ja 2017. aasta juunis, juulis ja augustis väga sarnased, erinevused ilmnevad septembris (joonis 6).

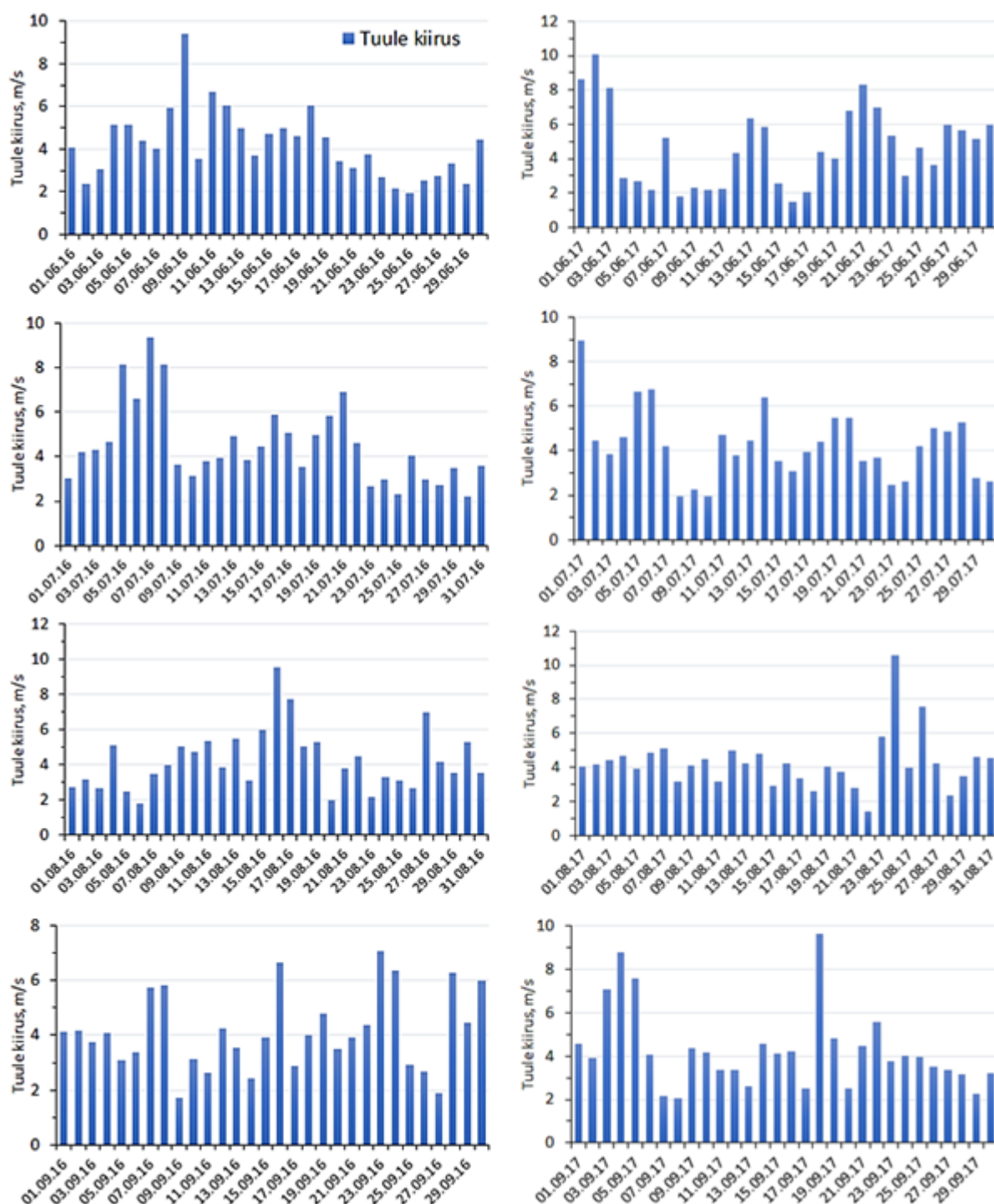
Juunist augustini domineerisid selgelt lääne- ja edelatuuled, augustis üksnes edelatuuled ja septembris 2016. aastal jätkuvalt edelatuuled ning 2017. aastal peamiselt idatuuled ning seejärel lõunatuuled. Seega lähtudes ülalnimetatud varasemast TTÜ MSI uuringust ei sattunud kummalgi suvel Pirita jõe vesi Tallinna lahe reidile vaid liikus piki Pirita randa kuni Meriväljani.



Joonis 6. Tuulesuuna sagedused Tallinna lahel 2016. ja 2017. aasta suvel (juuni, juuli, august, september). Graafikud põhinevad ööpäeva keskmistel, mis on arvutatud tunniajalise intervalliga tehtud mõõtmistulemuste põhjal.

2.2 TUULE KIIRUS

Tuule kiirusest sõltub nii materjali edasikanne kui ka rannavööndi aeratsioon. Mõlemad nimetatud faktorid määravad vetikate randa jõudmise, ladestumise ja lagunemise protsessi tüübi. Tallinna lahel tekib lainetus ja rannalähedase vee aeratsioon lisaks tuule toimele ka laevade liikumisest. Olenemata sellest, kumb tegur parajasti prevaleerib on lainetuse puhul anaeroobne vetikate lagunemine allasurutud ning pikemaajalise pideva (torm) või lühiajalise sagedase (laevaliiklus) lainetuse esinemisel välistatud. Tallinna lahe tuulisuse iseloomustamiseks on järgnevalt esitatud graafiliselt 2016. ja 2017. tunniajalise intervalliga mõõdetud tuule kiiruse ööpäeva keskmised näitajad kuude kaupa (joonis 7).

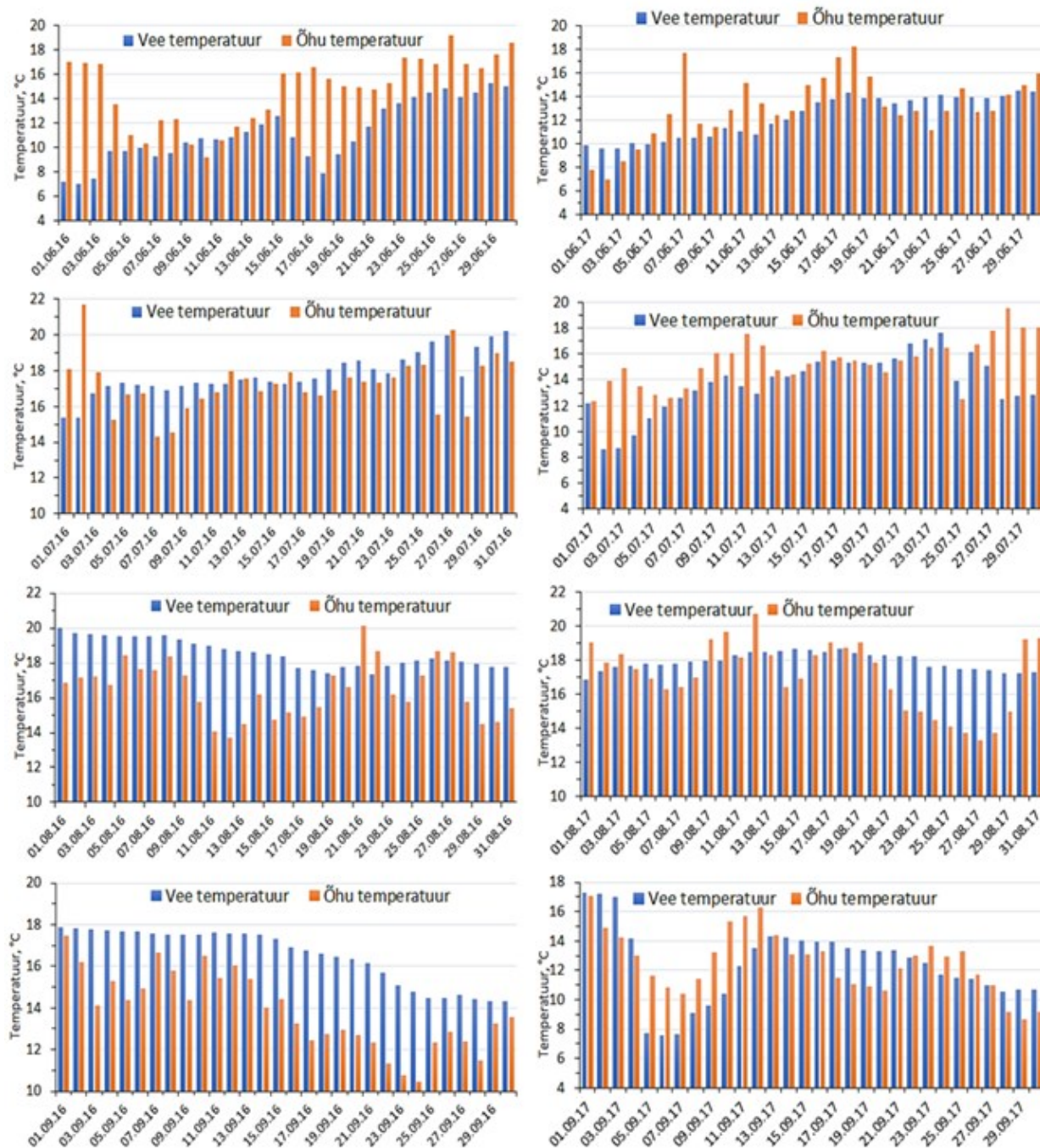


Joonis 7. Tuule kiirus Tallinna lähel 2016. ja 2017. aasta suvel (juuni, juuli, august, september). Graafikud põhinevad ööpäeva keskmistel, mis on arvatud tunniajalise intervalliga tehtud mõõtmistulemuste põhjal.

2.3 ÕHU JA VEE TEMPERAATUUR

Temperatuuril keskkonnategurina on vetikate mikroobsetele protsessidele, seega ka vetikate lagunemisele ja ebameeldiva lõhnaga laguproduktide tekkele kahetine toime. Üldise reegli kohaselt aktiveerub bakteriaalsed protsessid kui keskkonna temperatuur on tõusnud üle 5° C, optimaalseks temperatuuriks heterotroofsetele (vee)bakteritele on 20-30° C. Sellisel temperatuuril

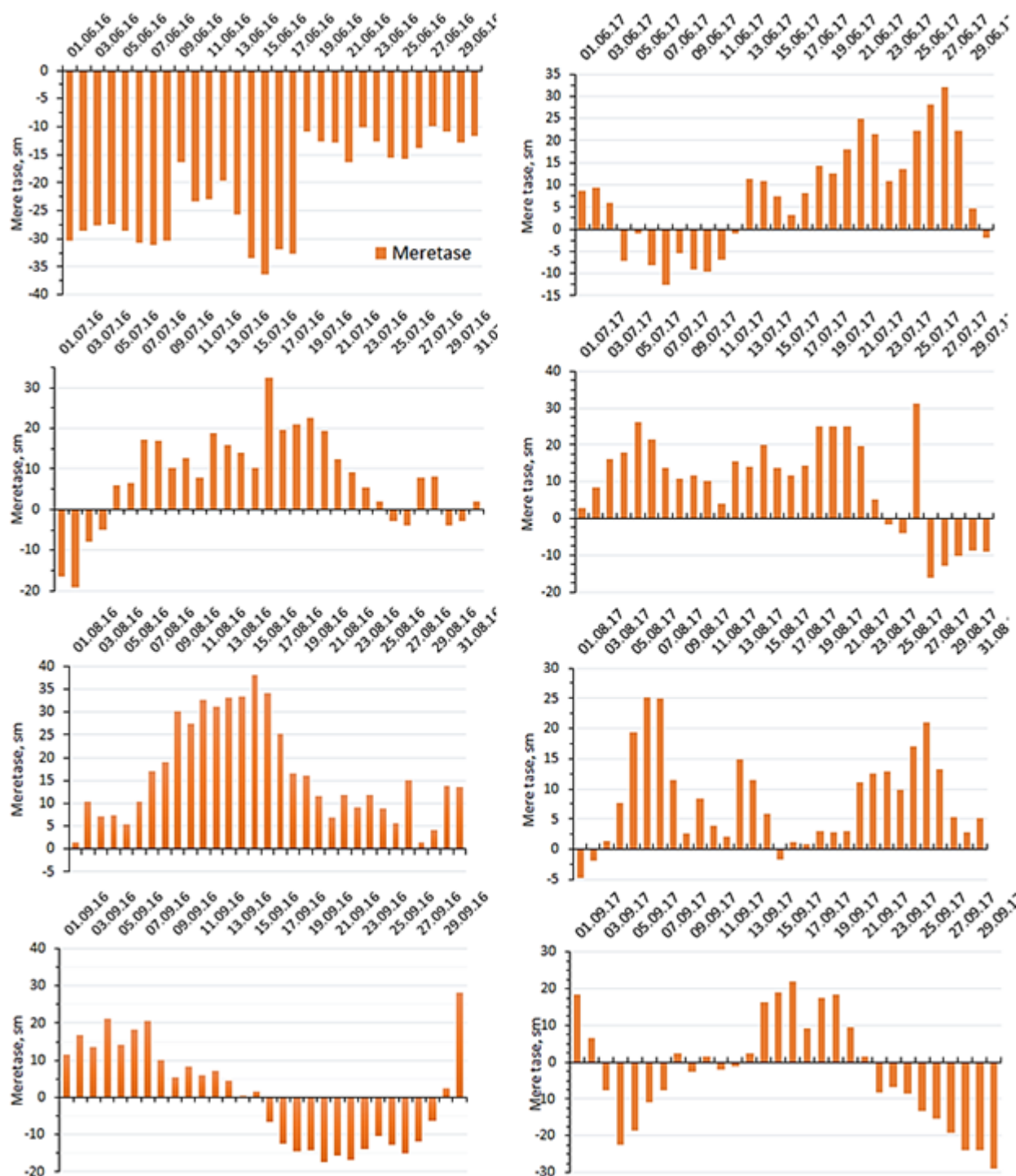
on bakteriaalsed laguprotsessid kõige intensiivsemad seda nii aeroobsetes kui anaeroobsetes tingimustes. Lahevee temperatuur, mõõdetuna Vanasadama meteojaamas, jäi mõlema aasta suvel alla 20° C (joonis 8). Üldiselt oli 2017. aasta suvi 2016. aasta suvest veidi jahedam. Kõige lähemal oli vee temperatuur 20° C-le 2016. aasta juuli lõpus ja augusti alguses (vt. *joonis 8*).



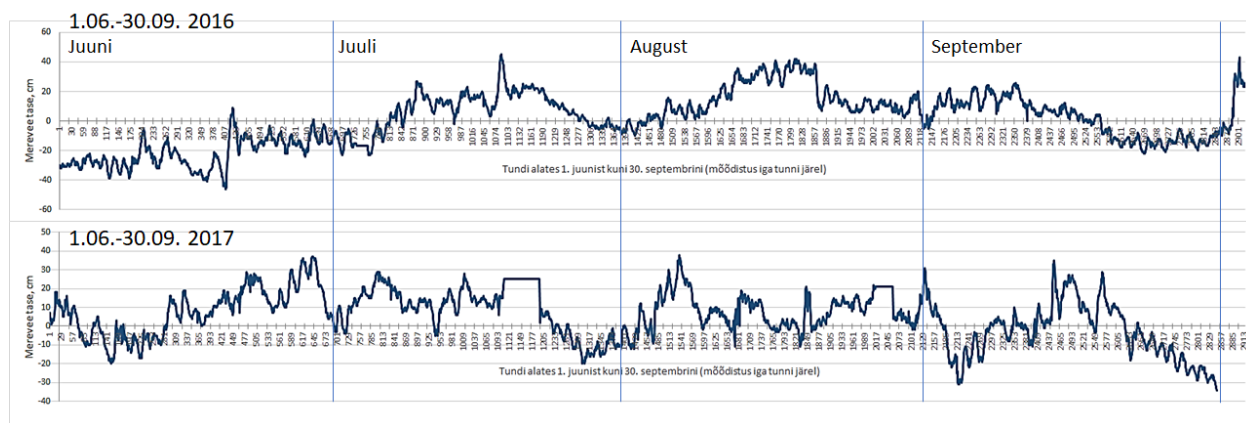
Joonis 8. Tallinna lahe vee ja õhu temperatuur 2016. ja 2017. aasta suvel (juuni, juuli, august, september). Graafikud põhinevad ööpäeva keskmistel, mis on arvutatud tunniajalise intervalliga tehtud mõõtmistulemuste põhjal.

2.4 MEREVEE TASE (Kroonlinna suhtes)

erinevalt tuule parameetritest ja temperatuurist oli Tallinna lahe veetaseme dünaamika kahte aastat võrreldes oluliste erinevustega (joonis 9 ja 10).



Joonis 9. Tallinna lahe vee tase 2016. ja 2017. aasta suvel (juuni, juuli, august, september). Graafikud põhinevad ööpäeva keskmistel, mis on arvatud tunniajalise intervalliga tehtud mõõtmistulemuste põhjal.



Joonis 10. Tallinna lahe vee tase 2016. ja 2017. aasta 1. juunist 30. septembrini. Vertikaalsed jooned tähistavad kuu lõppu.

Tuleb märkida, et 2016. aasta oli ainulaadne juunikuise madala merevee taseme (vt. *joonis 9*), eriti aga oktoobrikuise peaaegu kolm nädalat kestnud ekstreemselt madala merevee taseme poolest (vaatlusandmed). Tallinna lahes kandis taanduv vesi lahtised vetikad rannast eemale paljastades puhta liivapõhja (vt. fotosid *joonisel 11*). On alust arvata, et selline ulatuslik merevee taandumine Eesti põhjarannikul muutis siirdekaladele jõgedes paiknevad koelmud kättesaamatuks, kuna veeside väiksemate jõgede suudmete ja mere vahel katkes mitmeks nädalaks (hilissügisel marja täis suurte surnud lõhede leidmine Jägala jõe suudme lähedalt rannaliivalt, F. Buschmann leiud; konsulteeris kalateadlane R. Järvekülg).





Joonis 11. 2016. aastal oli oktoobris ainulaadne ekstreemselt madal merevee tase, mis kestis mitu nädalat. Taanduv vesi kandis Tallinna lahest lahtised vetikad rannast eemale paljastades puhta liivapõhja.

3. TALLINNA LAHTE SUUBUVATE SADEMEVEE KOLLEKTORITE VEE OMADUSED

2016. aastal vaatlusreidide käigus koguti kolme kollektori (Saare tee, Russalka, Kadrioru) torust veeproovid kolmel korral: 13. juulil, 27. septembril ja 18. oktoobril. Proovid analüüsiti TTÜ Meresüsteemide instituudi keemialaboris akrediteeritud meetoditega. Analüüsitulemused on esitatud alljärgnevalt tabelis 1. Kollektorite suubumiskohad lahte on märgitud Tallinna lahe skemaatilisele kaardile noolte ja numbritega (joonis 12)



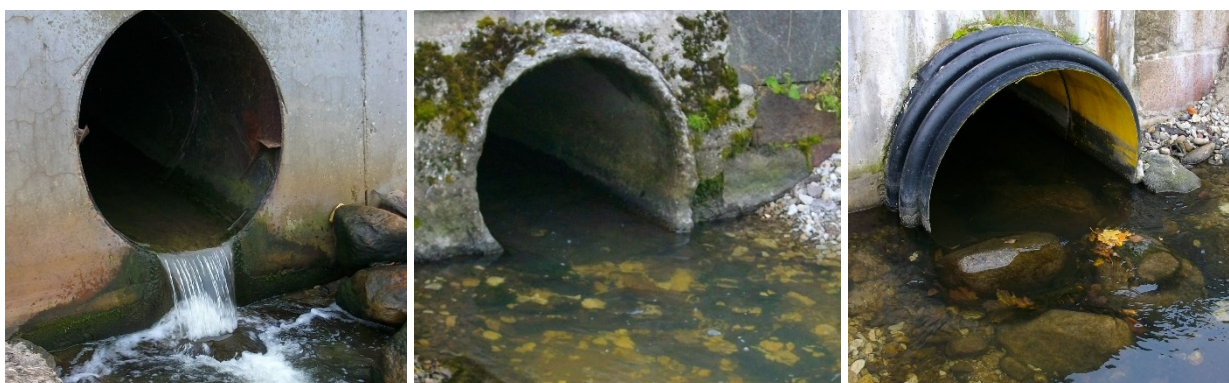
Joonis 12. Tallinna lahte suubuvate sademevee kollektorite suublate asukohad (märgistatud pruuni noole ja numbriga).

Saare tee (kaardil nr. 1, joonis 9 ja 10) - sademevee kollektor, mis avaneb lahte enne lahesoppi Pirita tee hargnemiskohal kaheks; teine haru suundub Pirita-Kosele.

Lauluväljaku (kaardil nr. 2, joonis 9) – vees paiknev NSVL ajal ehitatud betoonist rajatis, mille keskel avanevad 4 suure läbimõõduga toru, kogub sademevett põhiliselt Lasnamäelt.

Russalka väljalask (nr. 3, joonis 9 ja 10) - sademevee kollektor, mille suue avaneb lahte Russalka mälestusmärgist Vanasadama pool (esimene toruots Russalka poolt tulles).

Kadrioru väljalask (nr. 4, joonis 9 ja 10) - sademevee kollektor, mille suue avaneb lahte Russalka väljalasust ca 20 m Vanasadama pool (teine toruots Russalka poolt tulles).



Joonis 13. Saare tee sademevee kollektori väljalask (vasakpoolne foto; kaardil nr. 1), Russalka sademe- ja drenaaživee väljalask (keskmine foto; kaardil nr. 3) ja Kadrioru sademevee väljalask (parempoolne foto; kaardil nr. 4). Fotod on tehtud proovide kogumise ajal 27.09.2016.

Tabel 1. Kolmest Tallinna lahte suubuvast sademevee kollektorist lahte juhitava vee lämmastiku ja fosfori sisaldus.

Kuupäev	Proovivütu koht	NO ₂ +NO ₃		PO ₄	
		µg N/l	µmol/l	µg P/l	µmol/l
13.07.16	<i>Saare tee</i>	952.0	68.0	104.0	3.4
	<i>Russalka</i>	674.4	48.2	23.2	0.8
	<i>Kadrioru</i>	595.7	42.5	69.9	2.3
27.09.16	<i>Saare tee</i>	1021.6	72.9	511.9	16.5
	<i>Russalka</i>	1068.7	76.3	30.4	1.0
	<i>Kadrioru</i>	951.3	67.9	93.2	3.0
18.10.16	<i>Saare tee</i>	957.8	68.4	120.5	3.9
	<i>Russalka</i>	889.1	63.5	20.3	0.7
	<i>Kadrioru</i>	816.2	58.3	45.7	1.5

Tabel 2. Neljast Tallinna lahte suubuvast sademevee kollektorist lahte juhitava vee analüüside tulemused (2017. aasta keskmised sisaldused; andmed edastas K. Pachel, TTÜ Vee- ja keskkonnatehnika uurimisrühm).

Seirekoht	O ₂	O ₂	pH	HA	BHT ₅	NH ₄ ⁺	N _{üld}	P _{üld}	KHT	TOC
Sademevesi, torust väljavool	mg/l	küll. %		mg/l	mg O ₂ /l	mgN/l	mgN/l	mgP/l	mg/l	mg/l
<i>Saare tee</i>	10.6	87	7.87	17.2	5.4	0.333	2.7	0.442	39.8	9.9
<i>Lauluväljak</i>	9.8	86	7.80	15.0	5.3	0.180	3.8	0.175	21.9	6.3
<i>Russalka</i>	12.3	93	8.12	22.2	7.7	0.092	1.4	0.120	40.3	12.6
<i>Kadrioru</i>	12.4	101	8.40	21.0	9.1	0.081	1.6	0.068	29.6	10.8

2016. aastal kolme kollektori väljavooludest kogutud veeproovide analüüside tulemuste põhjal eristus selgelt Saare tee kollektor, mille vesi oli kõigil analüüsitud kordadel (juulis, septembris, oktoobris) Russalka ja Kadrioru kollektorite veega võrreldes kõrgema fosfaatide sisaldusega (*Tabel 1*). A. Erm [6] uuringu andmetel oli Saare tee väljalasu vees 2013. aasta juuli lõpuni fosfaate 0.3-3.5 $\mu\text{mol/L}$, 2016. a. suvel oli Saare tee kollektori vee fosfaatide sisaldus tõusnud 3.4-16.5 $\mu\text{mol/l}$ näidates tõusutrendi. Ka üldfosfori 2017. aasta keskmine sisaldus (tabel 2) oli Saare tee kollektori vees kõrgem (0.442 mgP/l) kui Lauluväljaku (0.175 mgP/l), Russalka (0.120 mgP/l) või Kadrioru kollektori (0.068 mgP/l) vees. Teine suhteliselt kõrge keemiline näitaja Saare tee kollektori vees oli 2017. aastal analüüsiandmete põhjal ammoonium (aasta keskmine NH_4^+ sisaldus 0.333 mgN/l; tabel 2). Seega on Saare tee kollektori poolt kogutud vees alates 2013 aastast vetikate kasvu soodustavate toitainete sisaldus tõusnud. Saare tee kollektori vee elukondliku reoveega reostumise vastu kõneleb suhteliselt madalad BHT_5 ja KHT ning TOC-i ja hõljuvaine (HA) sisaldus, mis elukondlikus reovees on alati kõrged. Nimetatust tulenevalt võiks fosfaatide ja ammooniumi sisalduse tõusu põhjuseks olla pigem pesuained või mineraalväetised. Fosfaatide sisalduse tõusu põhjust Saare tee kollektori vees tuleks kindlasti edasi uurida, sest ilma kõikvõimaliku toitainetega reostuse minimeerimist pole vetikate vohamisele võimalik pidurdada.

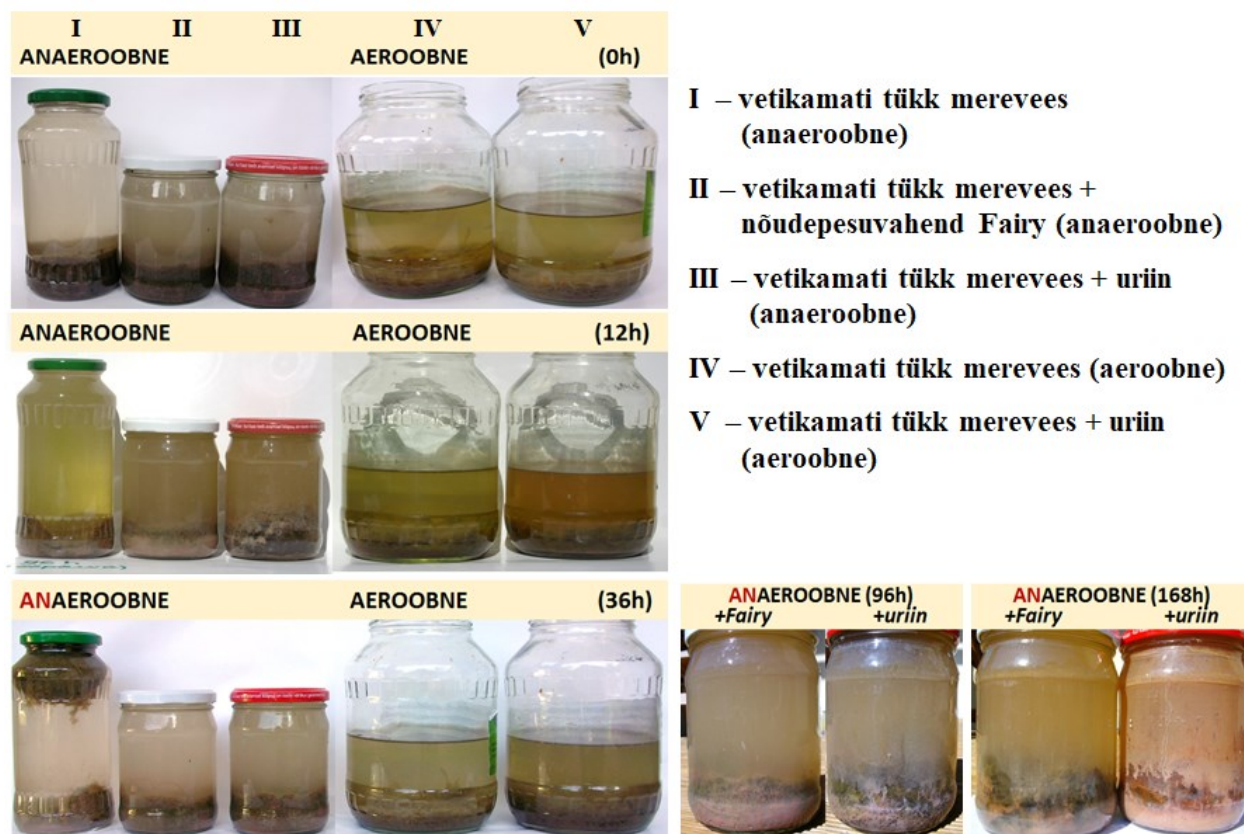
4. KATSED REOSTUSE JA HAISU SEOSE SELGITAMISEKS

Et paremini mõista inimreostuse. põhjast lahtikistud vetikate ja nende lagunemisel tekkiva ebameeldiva lõhna vahelisi seoseid viidi läbi kaks *in vitro* katset (pt. 4.1 ja 4.2) ja üks juhuse poolt „korraldatud“ *in situ* katse (pt. 4.3).

4.1 INIMREOSTUSE MÕJU VETIKAMATI LAGUNEMISE PROTSESSILE

4.1.1 Esimene *in vitro* katse

Katsematerjaliks oli vähese inimmõjuga rannast (Meremõisa) kogutud merevesi koos põhjast eraldunud vetikamati tükkidega, mida rikastati kunstlikult inimreostuse komponentidega (pesuaine, uriin) ning jälgiti seejärel rikastamata ja rikastatud vetikamassi aeroobset ja anaeroobset lagunemist kahe nädala jooksul. Esimesse seeriasse, aeroobne ja anaeroobne purk, midagi ei lisatud – kontrollseeria. Teise seeriasse, aeroobne ja anaeroobne purk, lisati pesuvahend Fairy, kolmanda seeria anumatesse lisati uriini (mehe ja alaealise tüdruku uriini segu). Järgnevalt on esitatud katse esimesel nädalal toimunud muutusi kajastav skeem (joonis 14)



Joonis 14. Katse skeem.

Katse tulemuste lühikokkuvõte:

- 1) vetikamati tüki **aeroobse** lagunemisega *naturaalses merevees* ei kaasne ebameeldiva lõhnaga laguprodukte, vetikajäänuseid ümbritsev vesi on selge ja lagunev vetikamass vajub põhja;
- 2) vetikamati tüki **anaeroobse** lagunemisel *naturaalses merevees* tekib nõrk lõhn, mis ei häiri, vetikajäänuseid ümbritsev vesi on selge ja lagunev vetikamass tõuseb gaaside tekke tõttu pinnale (hiljem vajub tagasi põhja);
- 3) vetikamati tüki **aeroobse** lagunemisega *pesuvahendi lisandiga merevees* kaasneb ebameeldiv lõhn ja väga sogane vesi;
- 4) vetikamati tüki **anaeroobse** lagunemisega *pesuvahendi lisandiga merevees* kaasneb väga ebameeldiv lõhn ja väga sogane vesi;
- 5) vetikamati tüki **anaeroobse** lagunemisega *uriini lisandiga merevees* kaasneb nõrk (ebameeldiv?) lõhn ja nõrgalt sogane vesi;
- 6) momendist kui kogu vaba hapnik on suletud anumast lagunemisprotsessides ära kasutatud ning keskkonda on tekkinud sulfiidid ja väävelvesinik (H_2S) hakkavad klaaspurgi seintel arenema fototroofsed punased väävlibakterid (*joonis 14*, all paremal 96 ja 168 tundi kinniselt naturaalse valguse käes inkubeeritud purgid).

4.1.2 Katsetulemusi toetav reaalsus

Anaeroobse mikroobse väävliringe kujunemist ja arenemist suve jooksul oli võimalik jälgida Meriväljal Aia tee bussipeatuse juures asuval rannaala, kuhu suubub teiselpool teed asuvate individuaalelamute poolt merre juhitud tundmatu päritoluga ja koostisega heitvesi (*joonis 15*).

Torust merre voolav vesi, mille vooluhulgad ei ole suured, peab sisaldama rohkesti taimetoitaineid. Sellele viitab lopsakas kõrgtaimestik kahel pool (solgi)oja (alljärgnev fotol taimestik puudub, kuna foto on tehtud vahetult peale kaldaperve niitmist) ja suured vetikate lademed väljalasu suublas (*joonis 16*). Anaeroobsete tingimuste tekkimist soodustab siin kividerohkus, millest osa paiknevad sõõri kujuliselt takistades veevahetust. Kivisõõri ja suubla vaheline madala veega ala on täitunud vetikamassist moodustunud must mudaga, mida katab punaste autotroofsete väävlibakterite kiht (roosa; vt *joonis 17* ja *18*) värvitute heterotroofsete väävlibakterite (valge kirme) viirgudega. Musta massi liigutades vabaneb väga ebameeldiv hais. Fotod on tehtud 23.06.2016 hommikul.



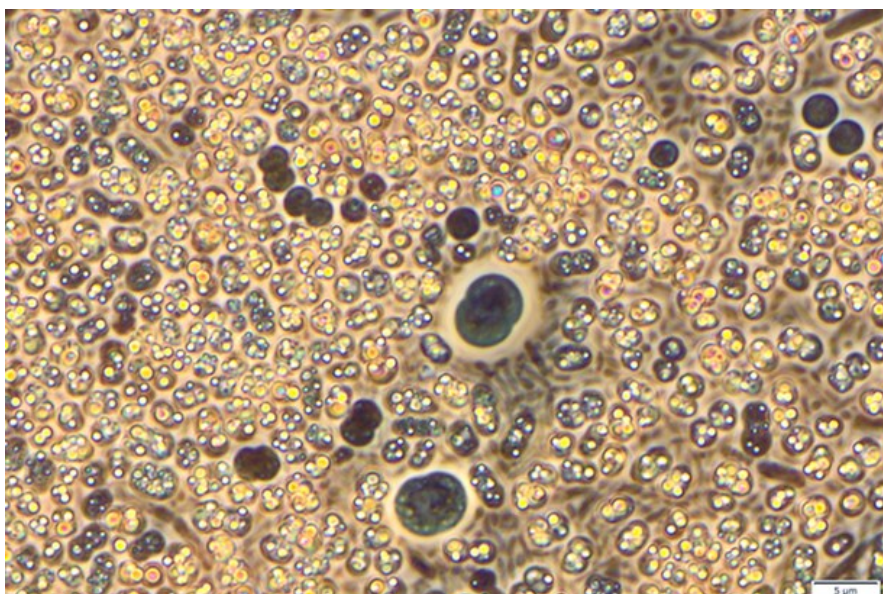
Joonis 15. Meriväljal Aia tee bussipeatuse lähedalt merre juhitud tundmatu päritolu ja koostisega heitvee toru ots (vt. kaardil nr.0; joonis1).



Joonis 16. Meriväljal Aia tee bussipeatuse juures paiknev rannalõik, mida iseloomustab vetikate kuhjumine ja vetikamassi anaeroobne lagunemine.



Joonis 17. Fotol on näha vetikamassist moodustunud must muda, mis on kaetud punaste autotroofsete väävlibakterite kihiga (roosa), milles on värvitute heterotroofsete väävlibakterite laigud (valge kirme). Massi liigutades vabaneb väga ebameeldiv hais. Foto on tehtud 23.06.2016 hommikul.



Joonis 18. Mikroskoobi fotol on näha roosat kihti 1000 korda suurendatult. Punased väävlibakterid on ovaalsed ja sisaldavad gaasivakuole.

4.2 INIMREOSTUSE MÕJU RANNALÄHEDASELE MIKROOBIKOOSLUSELE

4.2.1 Teine *in vitro* katse

Katseks koguti 2017. aasta 29. juuni hommikul proovid vetikad+merevesi Pirita TOP-i kõrval asuva muuli äärest ja Lauluväljaku sademevee kollektori väljalasku kõrvalt madalast veest. Peale vetikad+merevesi segu ööpäevast säilitamist laboris eraldati mõlemast proovist vetikad ning jäeti pooleldi veega (vetikaid ümbritsenud mereveega) täidetud ja kaanega suletud anumad seisma. Viie ööpäeva möödudes muutus Lauluväljaku kollektori väljalasku juurest võetud vesi mustaks, teine proov värvi ei muutnud ja mitte isegi peale kuuajalist toatemperatuuril säilitamist (joonis 19).



Joonis 19. Katse skeem koosvisualiseeritud algmaterjali ja tulemusega.

Vetikatega kontaktis olnud mereveega poolenisti täidetud katseanumates esines katse esimestel päevadel piisavalt hapnikku, et mikroobsesse kooslusesse kuuluvad aeroobsed heterotroofsed mikroorganismid seal tegutseda ja paljuneda saaksid. Aeroobsed heterotroofid kasutasid vetikatest vette leostunud orgaanilise aine lagundamise käigus järkjärgult ära vaba hapniku, mille tulemusena hapnikusisaldus keskkonnas pidevalt vähenes. Anaeroobsusele lähedase oleku tekkimise momendist said arengueelise mikroaerofiilsed ja seejärel anaeroobsed bakterid (juhul kui nad algelt vähesel määral merevees olid).

See lihtne katse näitas ilmekalt, et kahe suhteliselt lähestikku kuid erineva reostuskoormusega rannalõigu mikroobikooslus erines oluliselt. Lasnamäe sademevee kollektori (pole täielikult

lahkvoolne) ümbruse mikroobikooslus sisaldas anaeroobseid väävlibaktereid, kes piiratud hapniku juurdevoolu tingimustes kiiresti arenesid ja väga ebameeldivat haisu (H_2S) produtseerima hakkasid. Seega on tõestatud, et inimreostuse mõjul kujuneb rannikumeres välja täiesti teistsugune mikroobikooslus ning seetõttu mädanevad ka vetikad erinevates randades erinevalt, eraldades seejuures merelõhnalisi või fekaalilõhnalisi gaase.

4.2.2 Katsetulemusi toetav reaalsus

Sarnane mikroobsete protsesside ahel ja mikroobide endi elutegevusest tingitud lokaalne keskkonnatingimuste muutumine leiab aset väheaereeritavas surnud vetikaid sisaldavas rannalähedases vees ja ka rannaliivale uhutud paksus märjas vetikamassis.

Tallinna lahe piires esines värvituid väävlibaktereid ja teisi anaeroobseid lagundajaid, kes produtseerivad väga ebameeldiva lõhnaga gaase (H_2S jt.), 2016. ja 2017. aasta augustis Näituse väljaku kõrvale ehitatud kõrghoone juurest merre suunatud (solgi)toru suubumiskohas (*joonis 20*). Haisutekitajate olemasolust andis märku valge piimjas kirme mustaks tõmbunud vetikamassi pinnal (*joonis 21*).



Torust voolab merre REOVETT, mis HAISEB !

Joonis 20. Häiriv oli Pirita tee ääres hais 2016. aastal üksnes Näituseväljaku kõrvale asuva kõrghoone ees, kus suubub merre illegaalne (solgi)toru. Foto on tehtud madala merevee seisu ajal 2016.a. oktoobris.



Joonis 21. 2017. aasta juulil Pirita tee ääres Näituseväljaku kõrval asuva kõrghoone ees üle betoonbarjääri tehtud foto merre suubuva (solgi)toru väljavoolust ja kohtumiskohast merega.

2017. aasta augustiks oli Ajaloomuuseumi väravate ja Hukkunud lenduri mälestusmärgi vahelise betoonbarjääriäärde madalasse vette kogunenud paksult lagunemise anaeroobsesse ehk haisvasse faasi jõudnud vetikamassi, mis lainetuse eest varjatud rannalõigul pikkamisi üha struktuuritumaks ja mustemaks muutus (*joonis 22*). Sellisest massist pääseb hais välja pahvakutena kui massi liigutada, näiteks lainetuse jõudmisel randa.



Joonis 22. Haisvasse lagunemisfaasi jõudnud vetikamass, mis üha struktuuritumaks ja mustemaks muutub ning laine randa jõudes haiseb. Sadamast väljuvate või saabuvate reisilaevade tekitatud lainetus reeglina Lauluväljakust Pirita pool asuva rannani ei jõua.

4.3 TOIDUJÄÄTMETE JA FEKAALVETE MÕJU VETIKAMASSI LAGUNEMISELE (in situ katse)

29. juuli seirereidi ajal avastasime Russalka rannas liivasele rannaribale kuhjunud vetikate pealt toidujäätmeid ja WC kogumipaagi sisu (tualettpaberi tükid, fekaalid). Juba kaugelt oli rannaribal näha arvukalt nokkivaid linde (varesed, kajakad, tuvid). Lähemale jõudes selgus, et linnud nokivad vetikamassilt toidujäätmeid (sh jõhvikaid, maisi, kukeseeni, paprika ja hapukurgitükke; *joonis 23*, kaks fotot all vasakul). Rannaliival leidis ka fekaale (*joonis 23*, parempoolne alumine foto). Suure tõenäosusega oli reostus saabunud randa merelt (laevalt). Reostunud rannariba lähedal Vanasadamas seisid kolm kruisilaeva.



Joonis 23. 29. juulil 2016 avastatud toidujäätmete ja fekaalreostus (laevalt) Russalka rannas. Vasakpoolsetel fotodel on näha toidujäätmete ja vetikate segu, all keskel WC-paberi ribasid ja all paremal lainetuses ümardunud fekaal.

Reostusjuhtumist teavitasime koheselt Keskkonnainspeksiooni ja Terviseametit, mõni tund hiljem ka Tallinna keskkonnaametit. Soovitasime Keskkonnainspeksioonil võtta reostuse kinnitamiseks ja fekaalbakterite tuvastamiseks proovid ning korraldada võimalusel ranna koristus. Keskkonnainspeksiooni töötajad käisid kohapeal, proovi ei võtnud ja randa ei koristatud. Põhjendus – mitteametlik rand.

Samas andis reostusjuhtum võimaluse uurida toidujäätmete ja fekaalilisandiga vetikamassi lagunemise käiku ja kiirust reostumata vetikamassiga võrreldes. Samuti andis see uuring teadmisi rannast koristatud vetikate utiliseerimisvõimaluse kohta komposteerimise teel.

Katse algas 29.07. ja lõppes 29.10.2016. Toidujäätmetega segunenud vetikamassiga toimuvat jälgiti kuni oktoobri lõpuni ehk seni kuni vetikamassist oli järgi jäänud vaid rasketilagunev fraktsioon: puit, tekstiil ja plastik.

Paar päeva peale reostust olid linnud (kajaka, varesed, tuvid, linavästrikud) toidujäätmed ära söönud. Edasiste nädalate jooksul kandis lainetus vetikaid randa juurde ning märja vetikaga kaetud rannariba laienes kuni 10-14 m-ni, umbes sama laialt oli lahtiseid vetikaid ka madalas vees (joonised 24-27).



Joonis 24. Vaade Russalka ranna Russalka kollektori väljalasu poolsele lõigule nädal aega peale reostust (1. 08. 2016, ülemine vasakpoolne foto). Märjas poollagunenud vetikamassis paistavad silma WC-paberi tükid (ülemine parempoolne foto). Alumisel vasakpoolsel fotol on sama koht kolm nädalat peale reostuse avastamist (28.08.2016). Vahepeal on laine vetikaid randa juurde kandnud.



Joonis 25. Vaade vetikalademele 25. ööpäeva peale reostusjuhtumit (23.08.2016). Fotografeerimisele eelnes neli sooja päeva (õhutemperatuur kuni 26 °C). Vetikalasundi keskosas on näha tumedat laikku, mis viitab anaeroobsuse tekkele. Anaeroobse lagunemise käigus eralduvat haisu on lähedal tunda.



Joonis 26. Augusti lõpuks (28.08.2016) ehk kuu aega peale rannareostuse avastamist, oli kogu vetikamass tihenenud, mustaks tõmbunud (anaeroobne) ja haises. Vaatluspäeval hais rannast kaugemale maismaale ei kandunud. Tihenenud vetikamassist nokkisid kajakad ja pardid selgrootuid (alumine parempoolne foto).

Järgnevalt on esitatud septembris ja oktoobris toimunud seirel nähtu (*joonis 27*). Septembri lõpust hakkas merevee tase langema. Madal merevee tase saavutas maksimaalse madaluse oktoobri keskel. Vesi oli taandunud veel ka katse lõpetamise päeval 29.oktoobil 2016.

27.09.2016



18.10.2016



29.10.2016



Joonis 27. Vaade vetikalasundile kaks kuud (27.09.2016) kuni kolm kuud (29.10.2016) peale rannareostuse avastamist.

Toitainetega rikastatud vetikamass lagunes suve lõpu ja sügise alguskuudel reostamata vetikamassist oluliselt kiiremini, kuigi esteetiline pilt ja lagunemisega kaasnevad lõhnaaistingud olid ebameeldivamad. Fotodelt on näha, et oktoobriks oli vetikamassist järgi jäänud vaid raskesti lagunevad osised: tselluloos, puit (ülemine parempoolne foto) ja plast (pudelikorgid, plastitükid, hügieenisidemed jne. – parempoolne fotode tulp).

4.4 RANDA UHUTUD VETIKAMASSI PRAHISUS

Rannalt kogutud vetikamassi utiliseerimise võimaluste selgitamiseks teostati 2017. aasta 1. mail spetsiaalne reid, mille eesmärgiks oli vetikamassi kogumine selles leiduva prahi hulga määramiseks. Selle reidi käigus koguti proovid (ca 5 kg) rannaliivale kuhjunud vetikamassist kolmest piirkonnast: vähese inimhõõguga Tammneeme rannalt (proov nr. 1), tugevalt inimese poolt mõjutatud Meriväljal Aia tee bussipeatuse juures olevalt kitsalt rannaribalt (proov nr. 2) ja Russalka rannalt Russalka kollektori lähedalt (proov nr. 3). Ühtegi nimetatud randa ei koristata. Analüüsimisel nopiti kõigist viie kilostest märja vetika proovidest käsitsi välja palja silmaga nähtavad mittebioloogilised osised. Kõik leiud koguti proovide kaupa karpidesse (vt. *joonis 28*).



Joonis 27. Rannaliivale uhutud vetikamassist välja nopitud prahi: nr. 1 - Tammneeme rand; nr. 2 – Merivälja Aia tee bussipeatuse juures asuv rand; nr. 3 – Russalka ranna Russalka kollektori väljalasu poolne rannalõik.

Vastavalt ootustele oli mittekomposteeruvat prahi kõige rohkem Russalka randa uhutud vetikamassis ja kõige vähem Tammneeme randa uhutud vetikates. Osa vetikatest leiduvast prahist on vetikatega koos merest välja uhutud, osa võib olla sattunud vetikamassi ka maismaal. Maismaalt pärit prahi osakaal oli suurim rahva seas populaarses Russalka rannas (*joonis 27*, proov 3) ja väikseim Tammneeme rannas (*joonis 27*, proov 1). Tammneeme neeme tipus asuv rand on

merele avatud ning väikese külastatavusega, mistõttu kannab sinna prahti peamiselt tuul ja lainetus. Kuna prahi hulgas esines nii soome keelse kui rootsi keelse kirjega pakendeid ja nende fragmente võib oletada, et need pärinevad laevadelt.

Kokkuvõtvalt saab öelda, et Tallinna lahe Vanasadama juurest algavalt ja Pirita purjekeskuse juures lõppevalt rannaribalt koristatud vetikamass sisaldab praeguse seisuga üsna palju bioloogiliselt raskestilagunevat või lagunematut materjali, mida tuleb utiliseerimismeetodiks komposteerimist valides arvestada. Teine võimalus on koguda juba kuivanud või poolkuiva vetikamatti liivarannalt ja kividelt, seda täiendavalt kuivatada ja seejärel biokütusena põletada. Põletamise puhul pole prahisus oluline. Ka märga vetikamassi saab kuivatada ja biokütusena kasutada. Vetikate kuivatamisel on Tallinna lahe puhul ilmnenud sama nähtus, mis nende lagunemise puhul – reostunud piirkondadest kogutud vetikad haisevad kuivatamisel väga ebameeldivalt, reostuse mõjupiirkonnast väljaspool kogutud vetikate kuivatamisel eraldub aga tavapärane merevetikatele omane lõhn (TÜ EMI vetikauurijate tähelepanekud).

5. TALLINNA LAHE POTENSIAALSED HAISUKOLDED 2016 JA 2017.

a. SUVEL TEHTUD AERO- ja TAVAFOTODE PÕHJAL

Aerokaardistamisi drooniga teostati projekti jooksul kahel korral. Esimene kaardistamine teostati Tallinna lahe lõigust Vanasadam kuni Pirita purjekeskus (TOP) ja fragmentidena ka Pirita rand kuni Merivälja muul. Droonilend toimus 12.08.2016. Teine aerofotografeerimine drooniga toimus 2017. aasta 28. juunil Tallinna lahe lõigust Vanasadam kuni Pirita purjekeskus.

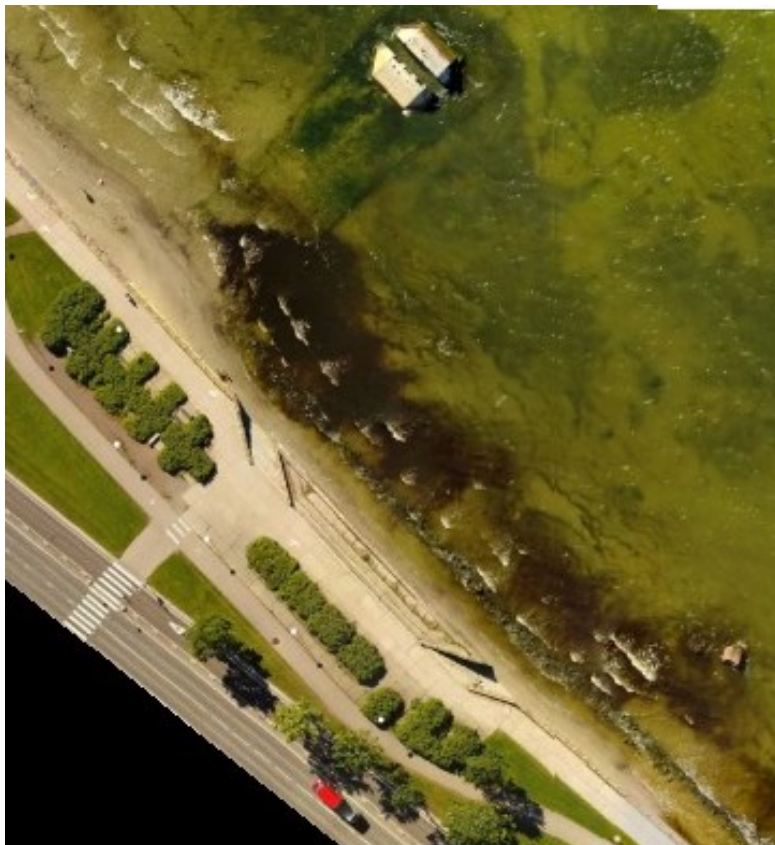
Järgnevalt on esitatud valik aerofotosid vetikate tegeliku ja arvatava kuhjumise piirkondadest. Kõige problemaatilisemaks haisu levitavavaks rannaalaks on peetud Russalka ranna Vanasadam poolset osa (vt. *joonis 2*), mis paikneb Narva maanteel asuva Hiina Vabariigi saatkonnahoone läheduses. NSVL ajal suubus selles kohas lahte Tartu maanteel asunud paberi ja tselluloosivabriku heitvesi, mis reostas lahte oluliselt nii puidupuru kui tselluloosi plegituseks kasutatavate kemikaalide jääkidega. Praegu on selles kohas kahe sademevee (+drenaaživesi) kollektori väljalasud (*joonis 28*). Fotodelt, nagu ka seirereididel, oli näha, et lahtine vetikas koguneb peamiselt kahe kollektori vahelisele rannaalale ja fotol paremal asuva Russalka kollektorist paremale, maksimaalselt kuni vees oleva suure kivini (näha 2017. aasta aerofotol). Sealt edasi kuni Lauluväljaku kollektori väljalasuni on liivarand vetikatest puhas.



Joonis 28. Aerofotod Russalka rannast ülemine pildistatud 12. augustil 2016.a. ja alumine 28. juunil 2017. a. Paremas foto nurgas on näha Russalka mälestussammast.

Olenevalt aastast algab vetikate kuhjumine nimetatud piirkonda, kas juulis (2016.a.) või hiljem, näteks 2017. a. augusti lõpus (seetõttu pole 2017. a. juuni lõpus tehtud aerofotol tume riba veel eriti ulatuslik). Vetikate sellist kuhjumist põhjustab prevaleerivatest tuultest ja sadamasse suunduvate ja sealt lahkuvate laevade tekitatud lained (eksisteerivad ka tuulevaikuse korral).

Russalka mälestusmärgist kuni merre rajatud betoonist Laululava sademevee kollektori väljalasuni on alati rand olnud vetikatest puhas, nii ka 2016. ja 2017. aastal. Kuigi aerofotolt on näha



Laululava treppide ees tumedat laiku (2017.a. 28. juuni aerofoto; *joonis 29*), siis maapealt vaadates (seire ajal) märkimisväärset reostust sellel rannalõigul ei tuvastanud. Kuna lainetus suubub reeglina peale Laululava kollektori väljalasku (vt. laineharju aerofotol), siis kogunebki vetikas pigem tulevaisesse Laululava treppide ja kollektori vahelisele alale. Varasema ajaga võrreldes on selle piirkonna olukord oluliselt paranenud ning vetikate koristamise vajadus puudub.

Joonis 29. Aerofoto rannalõigust, kust paistab Laululava. Foto üleval keskel on näha osaliselt Laululava kollektori väljalask (suure läbimõõduga torud avanevad betoonist rajatise keskel). Kollektori väljalasust Vanasadama pool on meres näha laineid, kollektorist Pirita pool lainetus vaibub ning sinna madalasse vette on kogunenud vetikaid (tume ala). Haisu selles piirkonnas ei esinenud. Foto on tehtud 28. juunil 2017. a.

Alates Lauluväljaku treppidest on NSVL ajal merre paigutatud vahetult piirdeseina vastu betoonist plaatide rida ning alles seejärel lainetõkkeks kivid. Varasematel aastatel kui suved olid soojemad ja Laululava kollektorist merre juhitud vesi oli reostunud esines olukordi kui vetikad uhuti üle kivide betoonplaatidele, kus seisvas vees need lagunema ja haisema hakkasid. Viimasel kahel aastal sellist olukorda ei tekkinud. Mõlemal aastal esines plaatidel vaid sinna kasvanud elusad vetikad, domineerivalt *Ulva* ja *Enteromorpha* (*joonis 30*, ülemine vasakpoolne foto), mis perioodiliselt madalast veeseisust tingituna ära kuivasid (*joonis 30*, ülemine parempoolne foto). Peale sügise tormi (2016.a. oktoobri lõpus) olid betoonplaadid aga kaetud liivaga (*joonis 30*, alumine foto).



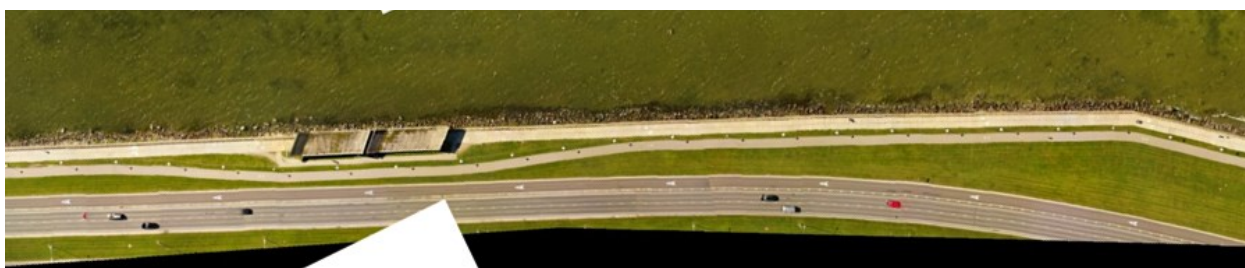
Joonis 30. Lauuväljaku treppidest kuni Lillepaviljoni territooriumi linnapoolse piirini kulgevat randa ääristav merre paigutatud betoonist plaatide rida. Suvel katab osaliselt niitvetikatega kaetud plaate veeseisust olenevalt paksem või õhem veekiht (ülemised fotod). Peale sügisesi torme olid 2016.a. oktoobri lõpus plaadid aga kaetud liivaga.

Nii 2016. kui ka 2017. aastal esines häirivat haisu pikema perioodi jooksul üksnes Lillepaviljoni ja Näituseväljaku vahel asuva uue kõrghoone ees. Pirita tee betoonist kaldarinnatises on sellel kohal toruots (aerofotod *joonis 32* ja lisainfo peatükk 4.2.2). Nimetatud rannalõik paistis suvisel ajal juba eemalt silma vohava maismaataimestiku poolest (*joonis 32* ülemine vasakpoolne aerofoto), mis kasvas kahel pool (reovee) oja. Kahjuks pole aruande kirjutamise ajal andmeid sellest torust merresuunatava vee koostise kohta. Et see on toitainerikas, tõendab lokkal maismaataimestik ja hais selle ümber. Haisu oli tunda ka siis kui taimestikku veel ei olnud (kevad) või juba ei olnud (hilissügisel), mis viitas sellele, et haises torust merre voolav vesi ise. Suvel lisandus sellele vetikate anaeroobse lagunemise käigus tekkinud hais.

Maarjamäe piirkonnas kogunes mõlemal aastal lahtist vetikamassi rannaäärde vähe kuni mõõdukalt (28. juunil 2017 tehtud aerofoto; *joonis 33*). Kõige rohkem oli selles rannalõigus vetikaid mõlema aasta augustis, kuid häirivat haisu siiski tunda ei olnud. 2016. aastal oli selles piirkonnas haisu vähesel määral tunda vaid 13. septembri seirereidi ajal. Järelikult välistas randa jõudev lainetus (aereerimine) selles piirkonnas anaeroobsuse tekke. Suve esimesel poolel kui lahtirebitud vetikad on elus ja fotosünteesivad välistab anaeroobsuse tekke fotosünteesil eralduv hapni ja lühikesed ööd (pimedas hapnikku ei eraldu).



Joonis 32. Häirivat haisu esines 2016. ja 2017. aastal pikema perioodi jooksul üksnes Lillepaviljoni ja Näituseväljaku vahel asuva uue kõrghoone ees, kus suubub merre (reo)vee toru. Turu suubumise koht on aerofotodel märgitud punase noolega.

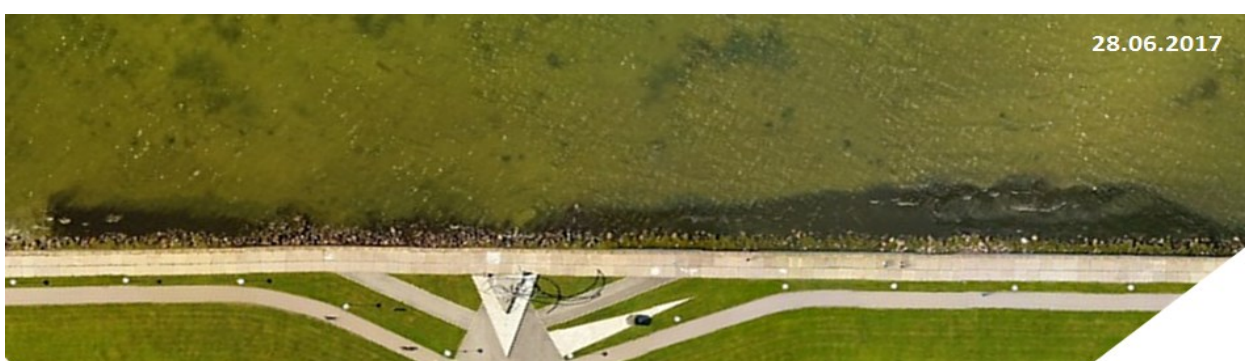


Joonis 33. 2017. aasta 28. juunil tehtud aerofoto Maarjamäe piirkonnast. Paremal on näha nurk, kus barjäär muudab oma suunda. See suuna muutus on osutunud seire põhjal oluliseks vetikate kuhjumist mõjutavaks teguriks.

Mõlema aasta esteetiliseks ja organoleptiliseks probleemiks osutus rannalõik hukkunud lenduri mälestusmärgi juures (*joonis 34 ja 35*). See rannalõik algas kohast, kus barjäär muutis suunda ja lõppes enne Saare tee sademevee väljalasku. Sealt edasi esines vetikaid lühiajaliselt ning vähesel hulgal (*joonis 34, näha aerofoto paremal nurgal*).



Joonis 34. Aerofoto rannapiirkonnast hukkunud lenduri mälestusmärgi juures (alumine foto), kuhu tekkis mõlemal aasta suve lõpuks anaeroobne potentsiaalselt haisev vetikakogum.



Joonis 35. 2017. aasta 28. juunil tehtud aerofoto rannapiirkonnast hukkunud lenduri mälestusmärgi juures. Tume ala näitab lahtiste vetikate asukohta.

Saare tee sademevee kollektori väljalasust Pirita pool paiknev lahesopp oli ainuke rannaala, kus enne augustikuud esinesid kivil rohelistest niitvetikatest “kraed” (*Ulva* ja *Enteromorpha*). See fakt on tõenäoliselt Saare tee kollektori vee suhteliselt kõrge fosfaatide sisalduse ökoloogiline kajastus (lisainformatsioon peatükis 3). Kokkuvõtvalt saab öelda, et sageli Saare tee lahesopiks nimetatud rannaala oli 2016. ja 2017. aastal heas seisundis (joonis 36), kui liivaranna prügistumist mitte arvestada.

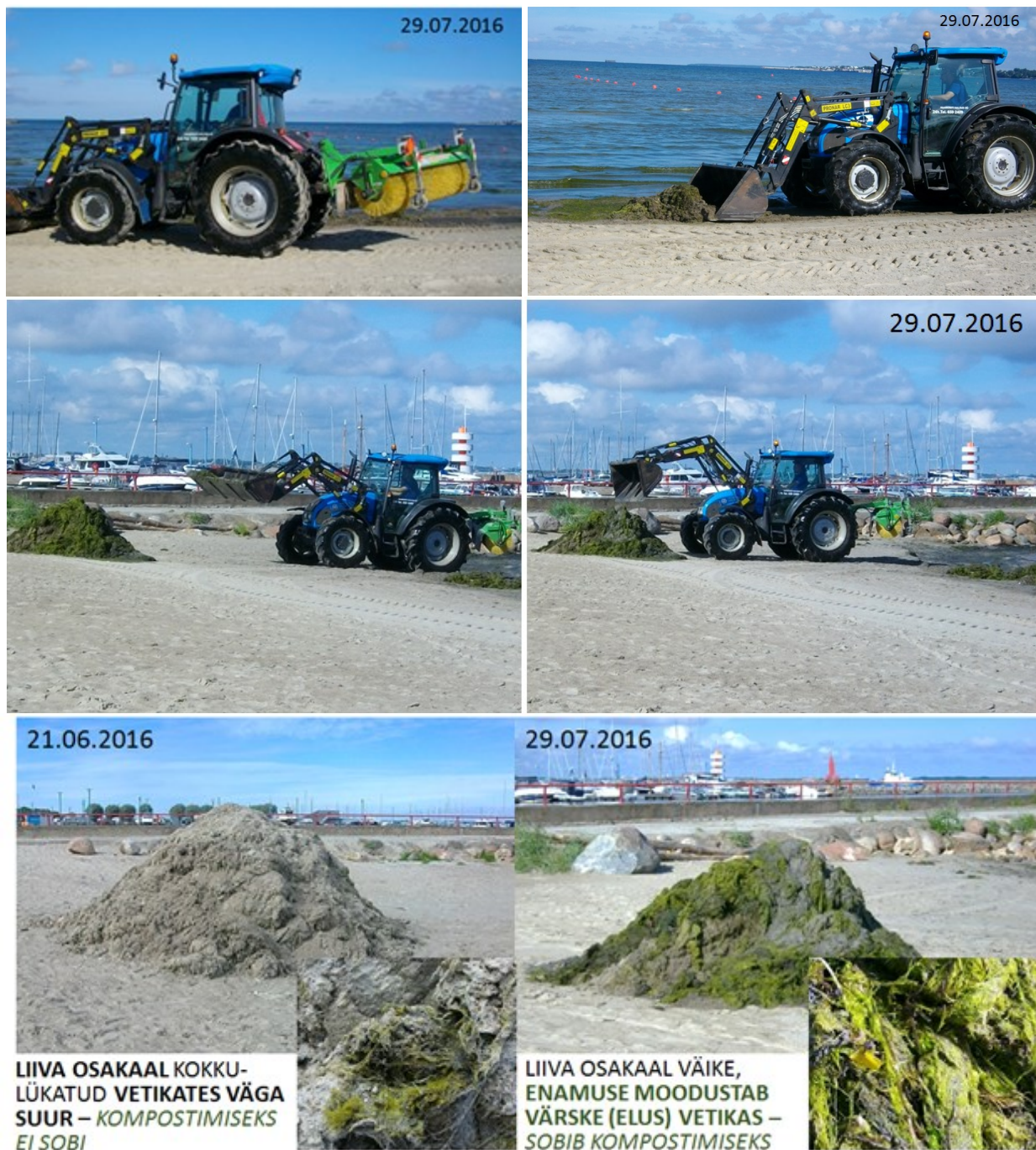


Joonis 36. Saare tee lahesopp oli 2016. ja 2017. aastal seire põhjal heas seisundis, kui liivaranna prügistumist mitte arvestada.

6. RANDA UHUTUD VETIKATE KORISTAMINE

6.1 PIRITA SUPELRANNA KORRALINE KORISTUS (29.07.2016)

Enne projekti raames läbiviidud katselist rannakoristust õnnestus näha Pirita supelranna vetikatest koristamist, mida korraldab kohalik omavalitsus. Vetikate koristus toimus kopa ja tänavaharjaga varustatud väiksema traktoriga (joonis 37). Harja roll koristamisel vaatluse aeg ei selgunud.



Joonis 37. Kopa ja harjaga varustatud traktoriga Pirita supelranna koristamine (ülemised neli fotot) ja erineval ajal (21. juunil ja 29. juulil 2016) kokkulükkstud vetikamassi koostis komposteerimise perspektiivist lähtudes.

6.2 KATSELINE RANNAKORISTUS RUSSALKA RANNAS

Peale kaalutlusi ja konsultatsioone praktikutega osutus realistlikuks vetikate koristus rannaliivalt ja madalast veest sahaga ja kopaga varustatud traktoriga ja prahi koristamine rannaliivast liivasõelaga. 2017. a suve esimesel poolel peetud läbirääkimisi erinevate koristus- ja keskkonnateenuseid pakkuvate firmadega valiti välja rannakoristusteenust pakkuv firma GT4U Eesti OÜ. Peale objektiga tutvumist lepidi GT4U Eesti OÜ-ga kokku katseline rannaala koristamine Russalka rannas Eelnevalt oli koristustehnikaga tutvutud Pärnu rannas.

Rannakoristus toimus 29. augustil ajavahemikul (8:00 – 20:00). Päeva tegi pikaks kokkulükatud materjali transport Jõelähtme prügilasse ja 20-tonnise koormaga kalluri pehmesse rannaliiva vajumine, kus välja saamine vajab kõrvalist abi ja kulutas aega. Koristuse ajaks oli vetikamass koondunud rannaribale, mis jäi Kadrioru kollektori väljalasu ja madalas vees paikneva suure rändrahnua vahele (vt *joonis 3*). Kadrioru kollektori väljavoolu ja Russalka kollektori väljavoolu vahele jäävat umbes 20 m-st rannalõiku ei koristatud – see jäi kontrollalaks, kuna koristuse eelselt oli seal vetikate hulk ja jaotus sarnane koristatava lõiguga. Samale rannalõigule oli hulgaliselt vetikaid kuhjunud 2016. aastal juba juulis enne seda kui leidis aset merelt pärinev rannareostus toidujäätmete- ja fekaalidega (vt. peatükk 4.3). 2017. aastal oli Russalka rand kuni augusti viimase nädalani vetikatest suhteliselt puhas. Mõned päevad enne koristust oli liivarand aga paksu vetikakihi kaetud (*joonis 38*). Merepõhjast lahtikistud vetikaid jätkus ka madalasse vette kuni 10-15 m kaugusele veepiirist (*joonis 39*).



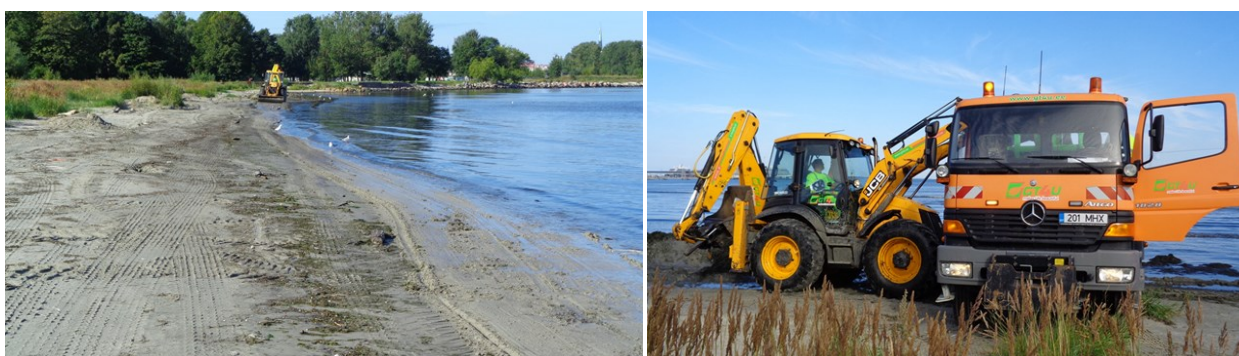
Joonis 38. Mõned päevad enne koristust oli Russalka rand paksu vetikakihi kaetud.

Koristuse põhieesmärk oli vetikakihi rannaliivalt ja võimaluse korral ka madalast veest eemaldamine. Lisaks vetikakoristusele oli kokku lepitud ka rannaliiva puhastamine prahist 2013. spetsiaalselt selleks otstarbeks konstrueeritud traktori taga veetava liivasõelaga (vt. *joonis 5*). Kokku tegeles Russalka ranna koristusega kolm masinat (*joonis 39*)



Joonis 39. Russalka ranna koristusel 29. augustil 2017.a. osales kolm masinat.

Koristuse käigus lükkas traktor vetikamassi sahaga kokku ja kui hunnik oli piisavalt suur, laadis selle koos liivasõela sõelmetega kallurile (*joonis 40*). Kallur (20 tonnine) transportis märja liivaseguse vetikamassi Jõelähtme prügilasse. Kokku toimus vetikamassi transportimine Jõelähtme prügilasse kuus korda.



Joonis 40. Koristuse käigus lükkas traktor sahaga vetikad kokku (parempoolne foto) ja seejärel laadis kopaga liivasegune vetikamass koos liivasõela sõelmetega kallurile.

Nähes rannal vedelemas sinna uhitud palki, kasutas nutikas traktorijuht seda saha pikendajana (*joonis 41*), et madalast veest vetikamass kätte saada ja ära koristada.



Joonis 41. Nutikas traktorijuht andis sahale pikkust juurde rannaliivalt leitud palgiga, mis võimaldas kätte saada ka madalas vees hulpiva vetikamassi.

Samaaegselt vetikate koristamisega toimus rannaliivast prahi sõelumine liivasõelaga. Liiva sõeluti suuremal territooriumil (Russalka monumendist Lauluväljaku pool asuva ojani), ka seal, kus vetikaid koristada ei olnud (joonis 42).



Joonis 42. Samaaegselt vetikate koristamisega toimus rannaliivast prahi sõelumine liivasõelaga.

Ülevaade koristusjärgsest Russalka rannast on näha alljärgnevatel fotodel (joonis 43).



Joonis 43. Russalka rand peale vetikatest ja prahist koristamist.

Liiva puhastamine prügist lähtus Tallinna lahe ja kogu Läänemere seisundi parandamise vajadusest, mis uues ja praegu kehtivas merestrategias on välja toodud mere prügistumise vähendamise meetmena. Suure külastatavusega Russalka rannaliiva pole sinna akumulunud prahist kunagi puhastatud, sest koristatakse vaid ametlikke supelrandu. Kuna Russalka rand seda ei ole, siis polnud sinna paigutatud ka prügikaste, mis ranna prügistumisele veelgi kaasa aitas. Katsekoristuse raames kasutatud kaasaegne liivasõel võimaldas liivast välja sõeluda klaasikillud, plastiku, tekstiili ja ka ohtlike jäätmetena käsitletavat suitsukonid. Rannaala, kus teostati liiva puhastamine prügist ja vetikatest on märgitud alljärgneval skemaatilisel kaardil roosaga, põhiline vetikate koristuse ala tumeroosaga ja kontrollala, mida ei koristatud, on märgitud kaardil rohelisega (joonis 44).



Joonis 44. Kaardil on märgitud heledama roosaga ala, kus toimus liivast prahi väljasõelumine ja tumeroosaga eriti vetikaterohke ala, kus toimus põhiline vetikate koristus. Koristatud alast Vanasadama pool on roheliselt tähistatud koristamata kontrollala.

Peale koristamist jätkati rannaseiret, et hinnata august lõpus toimunud vetikakoristuse efektiivsust. Nädala möödudes oli rannaliivale uhtunud vähesel määral uusi vetikad (*joonis 44*), mis võisid pärineda ka külgnevalt koristamata jäänud kontrollalalt. Vaatepilt oli aga kuni sügiseni oluliselt parem kui see oleks olnud ilma läbiviidud koristuseta (seda oli kontrollalaga võrreldes selgelt näha). Haisema 2017. aastal erinevalt 2016. aastast, vetikad ei läinud. seda tingis nii hiline vetikate massiline randa uhtumine kui ka jahe suvi.



Joonis 44. Nädala möödudes oli Russalka rannale uhtunud vähesel määral uusi vetikad), mis võisid pärineda ka külgnevalt koristamata jäänud kontrollalalt.

6.3 VETIKATEKORISTUSEGA SEOTUD TÄHELEPANEKUD

- I. Kuna masinatele mõeldud teed Tallinna lahe randa puuduvad, siis pole regulaarset rannakoristust võimalik korraldada seni kui raskeid masinaid kandvad teed randa on ehitatud. Katselise koristuse ajal traktorid ja kallur Russalka randa küll pääsesid, kuid märja vetikakoormaga kallur jäi esimesel prügilasle sõidul siiski pehmesse liiva kinni ning vajab väljasaamiseks abi. Russalka ranna olukord muutub peale kavandatud Reidi tee valmimist Kahjuks puuduvad andmed kas ranna koristamisega on projektis arvestatud ning vastav juurdepääsutee kavandatud.
- II. Liiva vajunud kalluri kastist voolas välja vetikatemassist eraldunud vesi, mis muutis koorma kergemaks. See juhtum näitas, et enne transportimist oleks vaja vetikamassi kindlasti nõrutada, seda nii kaalu vähendamise kui ka ohutu transpordi eesmärgil (tilkuva koormaga läbi linna sõitmine tekitab probleeme).
- III. Traktoristi poolt kasutuselevõetud palk saha pikendamiseks näitas vajadust spetsiaalse vetikate koristamiseks konstrueeritud saha järele. Vetikakoristuse puhul on oluline, et sahas jookseks vetikaid kokku lükates vesi läbi. Selleks peaks sahalahes olema pilud või muu kujuga avad. Selliste sahkade kavandamisel võiks eeskujuks võtta lennuväljade lumest puhastamiseks kasutatavatest suure ja muudetava tööulatusega sahkadest. Rannakoristusel tuleks eelistada kergemat tehnikat (traktoreid), kuid sel juhul tuleb koristust läbi viia suurema sagedusega. Kõige õigem oleks vetikaid koristada võimalikult kiiresti peale nende randa uhtumist ja siis mitu päeva järjest, et ka madalas vees hõljuv vetikamass kätte saada (lainetus kannab hõljuva vetikamassi pidevalt rannale, kuni kõik on maismaale uhutud).
- IV. Laululavast Pirita pool liivarand puudub ning seal oleks kividelt ja veest vetikamassi võimalik koristada pika varrega kopaga. Sellise tegevuse eelduseks on juurdepääsutee olemasolu, mis praegu puudub. Pirita tee ja mere vahel on mururiba, mida läbivad kõnniteed ja mereääres on promenaad jalakäijatele, mis on sillutatud betoonplaatidega. Betoonplaadid on sinna paigutatud enne 1980. aasta Moskva Olümpiamänge (purjeregatt toimus Pirital) ning suure tõenäosusega (raskeid) masinaid ei kanna.
- V. Liivaranna puudumisel saaks teoreetiliselt vetikamassi lohvi abil väljapumbata kasutades paakautot. Selline koristusmeetod oleks rakendatav piiratud juhtudel, näiteks haisema hakkamise tunnustega (mass on tumenenud) väikese ulatusega kontsentreeritud vetikate massi merest eemaldamiseks. Kahe aasta seiretulemused näitasid, et selline vetikamass, mis soojade ilmade püsimisel juulis-augustis ka haiseb, koguneb Pirita tee äärde hukkunud lenduri mälestusmärgi lähedusse. Ilma juurdepääsuteeta pole seda koristusmeetodit

võimalik katsetada. Üldjuhul on paakauto vetikate madalast veest ja kivide vahelt koristamiseks liiga väikese mahtuvuse ja suure maksumuse tõttu siiski ebaefektiivne.

- VI. Vetikate koristamisega liivarannalt peaks kindlasti kaasnema ka prahikoristus, mida praegu Tallinna lahe piires ei toimu. Regulaarset rannakoristust viiakse suplushooajal läbi Pirita supelranna muuli poolisel rannaribal. Randa prahistavad rannal viibivad inimesed, seda kandub randa kaugemalt maismaalt ning osa prahist saabub randa merelt. Kui rannakülastajate poolt ranna prahistamist saab vähendada parema prügimajandusega (rannaala tuleb varustada prügikastidega ja neid regulaarselt tühjendada), siis merelt tuleva prügi vähendamise meetmed on keerulisemad.
- VII. Katselise rannakoristuse käigus ja ka 2017. aasta seirereidide käigus ilmnes, et Tallinna lahe piires on tekkinud uus mõjur – ehitustegevus, mis prahistab randa ehitusmaterjalide jäätmetega ning põhjustab illegaalseid reovee väljalaske (uus reostuskolle Näituse väljaku ja Lillepaviljoni vahele jääval merealal aktiivse ehitustegevuse piirkonnas).

6.4 RUSSALKA RANNA KATSELISE KORISTUSE MEEDIAKAJASTUSED

Koristuse ajal, 29. augustil, külastas Russalka randa ka meedia (*joonis 45*), kes tegi rannakoristusest meediakajastuse, mis esitati ETV AK ja Kanal 2 õhtustes uudistes.. Lisaks kirjutasin koristusest Postimehele lühiloo, mis ilmus pealkirja all „Mida teevad teadlased traktoriga Russalka rannas?“ 31. augustil 2017 Postimees online-s.

Postimehe artikkel:

<http://atlas.postimees.ee/4227543/mida-teevad-teadlased-traktoritega-russalka-tagarannas>



Joonis 45. Koristuse ajal, 29. augustil, külastas Russalka randa ka meedia.

7. ETTEPANEKUD TALLINNA LAHE SEISUNDI PARANDAMISEKS JA HAISUPROMLEEMI LEEVENDAMISEKS

7.1 TOITAINETEKOORMUSE VÄHENDAMINE

- Kuna lisaks sademevee kollektoritele kannab toitaineid Tallinna lahte Pirita jõgi ja varasemate uuringute põhjal oluliselt suuremates kogustes kui sademevee kollektorid, siis on ainus reaalne võimalus Tallinna lahe toitainete koormuse vähendamiseks võimalikud reostajad välja selgitada ning reostusallikad. Samaaegselt tuleb alustada vetikate koristamist rannalt kohtades kus see on traktori abil võimalik. Kindlasti oleks vaja läbi mõelda käsitsi koristamise võimalus, kuna paraku on teatud rannalõikudes see siiski kõige realistlikum ja tõhusam koristusviis. Käsitsi koristuse puhul on vajalik õige ajastus, seega paindlikkus ja operatiivsus.
- Lisaks vetikate koristamisele tuleks sügiseti vegetatsiooniperioodi lõpus taimne materjal, kõrkjad ja pilliroog, maha lõigata Pirita jõe suudmest ülevalpool Pirita silda (Pirita KOV hoone ehk endise restorani juures linnapoolsel jõekaldal). Pilliroo toitainete akumulierimise võime on üldteada (bioloogiline filter), kuid see efekt merele avaldub ainult juhul kui kasvuaja lõppemist pilliroog ja kõrkjad jõest eemaldada. Vastasel juhul vabanevad taimsesse biomassi seotud toidained taimede vees lagunemise käigus uuesti ja liiguvad merre. Kui koristatud vetikamassi utiliseerimise võimalused on piiratud plastiku ja muu mittelaguneva prahi sisalduse tõttu, siis lõigatud pilliroo kasutamise võimalusi on mitmeid (ehitusmaterjal, biokütus, kompost jne).
- Toitainete koormust aitab vähendada ka selle projekti põhiteemaks olev randa uhutud vetikate eemaldamine, mis toob toitaineid välja ning peatab nende edasise ringluse meres.

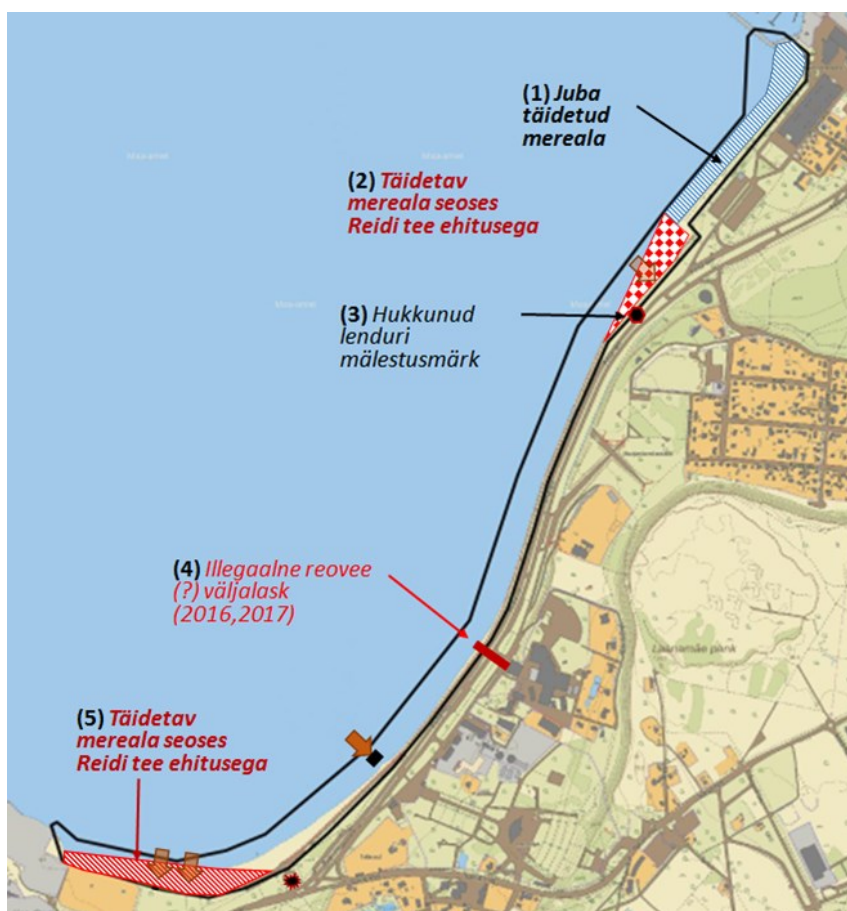
7.2 HAISUTEKKE POTENSIAALI VÄHENDAMINE

RANDA JÕUDVA LAINETUSE SOODUSTAMINE. Haisu ei teki juhul kui madalas vees ulpiv vetikamass on elus – võimeline fotosünteesima (eraldub valguse olemasolul hapnik) või kui vesi on aktiivses liikumises (aereeritud). Tallinna lahe puhul liigutab ja aereerib vett lainetus, mis võib olla tingitud tuulest, veesõidukitest või samaaegselt neist mõlemast. Kui tormid kõrvale jätta, aereerivad suviti tuulevaiksete ilmadega rannaäärset vett eelkõige sadamasse saabuvad ja sealt väljuvad laevad, kõige intensiivsemalt kiirlaevad. Mida pikema aja jooksul või tihedamalt laine randa jõuab, seda ebatõenäolisem on madalas vees vetikate lagunemisel anaeroobsete tingimuste ja seega ka haisu teke. Seega on haisu välistamiseks igasugune lainetus positiivne ja selle

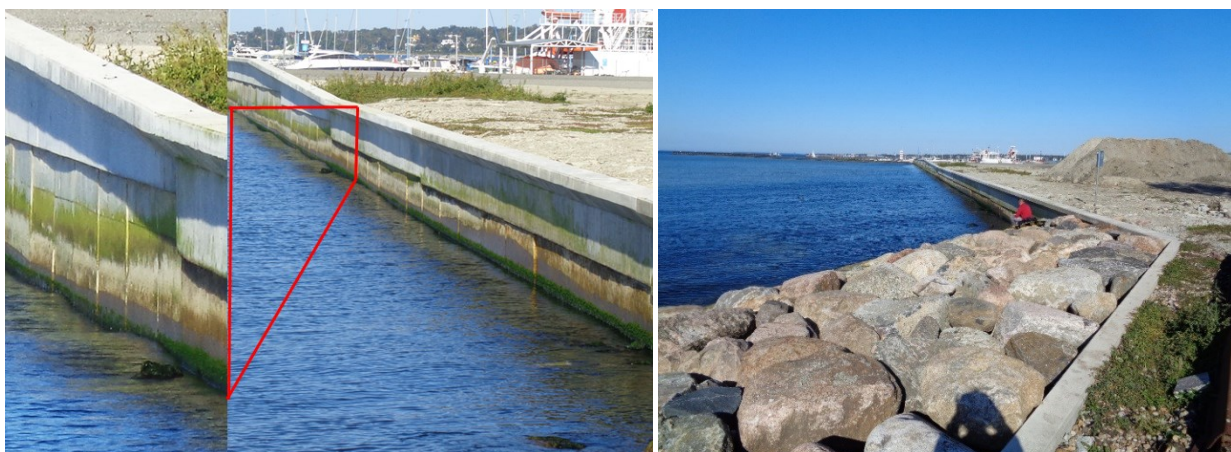
puudumine negatiivne, eriti kui temperatuurid on mikrobioloogilisteks protsessideks soodsad (üle 15 °C) ning lisandub antropogeensetest põhjustest tingitud toitainete juurdevool.

RANDA UHUTAVA VETIKAMASSI KUIVAMISEKS TINGIMUSTE LOOMINE. Kui rannaliivale või kividele kuhjatud vetikad kuivavad, on võimalik õhu juurdepääs ja anaeroobsus on välistatud. Vetikamassi kuivamisel hävivad esmalt anaeroobsed ja edasisel kuivamisel ka veepuuduse tõttu aeroobsed mikroorganismid. Lisaks tapab mikroorganisme päikesepaiste olemasolul ka UV-kiirgus. Haisvaidprodukte selle protsessi vältel ei teki. Läbikuivanud vetikamass meenutab vilti ja on peaaegu lõhnatu. Kuivanud vetikatest moodustunud matti on lihtne koristada, kasvõi kokku rullida ning see sobib biokütuseks.

RANNAJOONE MUUTMINE. Nagu aerofotodelt ja kahe aasta jooksul teostatud serereidide käigus selgus on haisva vetikamassi moodustumiseks vajalik rannajoone õige nurk valitevate tuulte ja ka laevade poolt tekitatud lainetuse suhtes. Selline Tallinna lahe rannapiirkond, kuhu suvel valisevatest tuultest tingitud lainetus jõuab väga nõrgalt ja sadamasse sisenevate ning väljuvate laevade tekitatud lained üldsegi mitte, asub rannalõigul, kus paikneb hukkunud lenduri monument. Suhteliselt seisva vee tingimustes hakkab sinna piirkonda suvel kogunema merepõhjast eraldunud vetikate mass, mis puuduliku aereerimise tingimustes ajapikku anaeroobselt lagunema ja haisema hakkab. Lisaks kaasneb sellega ka ebameeldiv vaatepilt. Üks võimalus kirjeldatud olukorra tekkimise vältimiseks on selle rannalõigu piirde nurga tuulte ja lainetuse suhtes soodsamaks muutmine Saare lahesopi täitmise teel. See on esialgne idee, mis põhineb kahe aasta vegetatsiooniperioodil toimunud vaatlustel ning vajaks edasist põhjalikumat uurimist koos merefüüsikalisi parameetreid arvestava modelleerimisega. Idee selgitamiseks olen alljärgnevalt esitanud Saare lahesopi täitmise skemaatiline kavand (*joonis 46*). Täidetud mereala (skeemil märgitud punase ruudustikuga) jätkaks juba teostatud mereala täitmist ja muuli rekonstrueerimist (tööd lõpetati 2017. aasta kevadel) Pirita purjekeskuse (TOP) kõrval ja lähistel (märgitud skeemil siniselt viirutatud alana). Idee mereala täitmise jätkamisest kujunes välja 2017. aastal täidetud ala seire käigus, kus pöörati erilist tähelepanu täidetud ala merest eraldavale betoonbarjäärile (*joonis 47*). Uue betoonäärise nurk mere suhtes on selline, mis tagab seal enamus suvisest ajast lainetuse. Lained rulluvad barjääri Pirita jõe poolsest otsast uue muuli suunas vett pidevalt aereerides. Päris sellist olukorda väljapakutud meretäitmise tulemusena ei teki, aga võib eeldada, et vetikate kogunemine ja anaeroobne lagunemine on pärast täitmist ja rannajoone merepoole toomist vähem tõenäoline kui praegu. Lisaks sellele annaks täidetud mereala juurde võimalusi Pirite teel liikluse parandamiseks. Näiteks oleks sinna võimalik rajada parkla, kuhu saaks jätta isiklik auto ning jätkata sõitu ühistranspordiga.



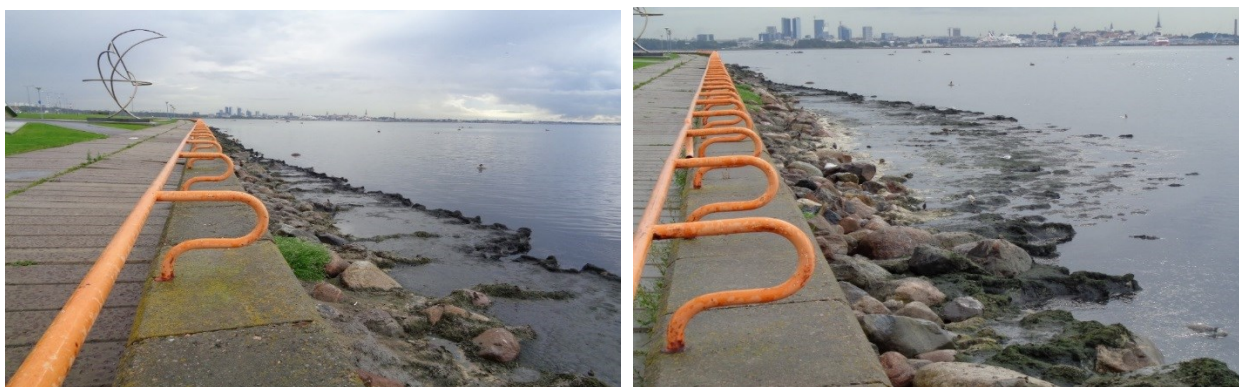
Joonis 46. Rannajoone nurga muutmise eesmärgil Saare lahesopi täitmise skemaatiline kavand. Sinise viirutusega on märgitud 2016-2017. a. täidetud mereala ning punase ruudustikuga täitmiseks uus väljapakutav mereala Saare tee lahesopp, mille alla jääb ka Saare tee sadamevee kollektor toru ots. Täitmise puhul on kõige otstarbekam kollektori poolt kogutav vesi üldkanalisatsiooni juhtida, mida on soovitatud ka varasema uuringu aruandes [3].



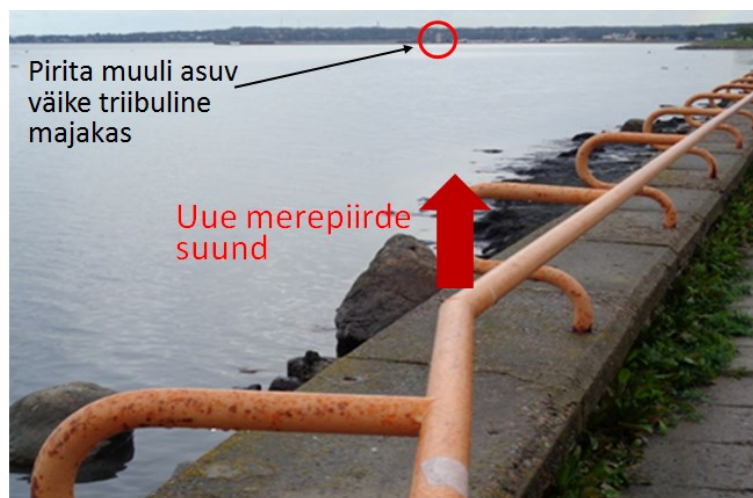
Joonis 47. Täidetud mereala TOP-i kõrval ja selle jätkuks olev rekonstrueerimise käigus merepoole nihutatud muul (skeemil märgitud sinise viirutusega). Parempoolsetel fotodel on näha, et betoonäärise mere pool puudub kividest lainetõke.

Järgnevalt on esitatud rannajoone muutmise vajadust põhjendavad ja selle uuele võimalikule kulgemissuunale tähelepanu osutavad fotod (*joonis 48*). Meie hüpotees on, et fotodel nähtav

rannajoone praegune tagasimurre soodustab vetikate kuhjumist ja anaeroobset lagunemist ning rannaala väljapakutava suunani täitmine leevendaks pikemaks ajaks selle rannapiirkonna haisuprobleemi (joonis 49). lisaprobleemi võib tekitada Saare tee sademevee kollektori suubumiskoha jäämine täidetavale merealale. kuna aga nimetatud kollektori vesi on teadmata põhjustel fosfaatide ja ammooniumirikas, siis on juba varasemates Tallinna lahe seisundi parandamisele suunatud töödes soovitatud selle kollektori suunamist mere asemel Tallinna reoveepuhastusjaama, mis omakorda vähendaks maismaalt tulenevat toitainete koormust Tallinna lahes.



Joonis 47. Mereala, mis jäaks rannajoone merepoole nihutamise puhul täidise alla. Fotod on tehtud 28.08.2017.



Joonis 48. Hukkunud lenduri monumendiga külgneva mereala uue väljapakutud mere-maismaa piiri suund. Suunda märkiv punane nool osutab Pirita purjekeskuse muulil asuvale väikesele triibulisele majakale. selline on maksimumvariant. Leebema variandi puhul oleks nool suunatud TOP-i kõrval oleva uue täidetud territooriumi nurka (fotol halvasti nähtav). Fotod on tehtud 28.08.2017.

JÄRELDUSED ja KOKKUVÕTE

1. JÄRELDUS. Haisu tekkimise vältimiseks on vaja tagada rannalähedase vee aereeritus lainete poolt ehk lainetuse jõudmine randa. Tallinna lahe rannarajatiste edaspidisel rekonstrueerimisel tuleks välistada tuulevaikseid lahesoppe ja valdavate tuulte suhtes varju jäävaid rannajoone lõike, kus on potentsiaalsed tingimused vetikate kuhjumiseks ja anaeroobseks lagunemiseks (haisu tekkeks). Tallinna lahel domineerivad suvekuudel edelatuuled ning aastaläbi tekitab laineid lahe Vanasadama poolses osas ka laevaliiklus.

2. JÄRELDUS. Randa uhutud vetikad tuleks operatiivselt (regulaarselt) eemaldada. Kõige kuluefektiivsem on selleks liivaranna puhul kasutada saha ja kopaga varustatud traktorit, mille saha disain võimaldaks kokku lükata liivale uhutud vetikatele lisaks ka madalasse vette kuhjunud vetikad. Selleks tuleks konstrueerida spetsiaalne suurema või reguleeritava pikkusega sahk, mis oleks perforeeritud või piludega, et vesi läbi jookseks.

3. JÄRELDUS. Koristustehnika kasutamise võimaldamiseks tuleb rajada merepiirini ulatuvad juurdepääsuteed. Praegu masinate rannaliivale sõitmise võimalus Tallinna lahe reidi piirkonnas puudub. Katseline rannakoristus sai võimalikuks üksnes seetõttu, et Russalkast vanasadama pool on paekivist rannabarjäär lagunenu.

4. JÄRELDUS. Imemismeetodi ehk paakautode kasutamine vees oleva vetikamassi eemaldamiseks on paakauto väikese mahutavuse ja suure maksumuse tõttu kasutatav vaid eriolukorras, näiteks veepiiri lähedalt madalast veest ja kivide vahelt haisemise eelsesesse seisundisse jõudnud vetikamassi eemaldamiseks. 2016-2017. aastal esines sellist vetikamassi Pirita tee ääres hukkunud lenduri mälestusmärgi lähedal.

5. JÄRELDUS. Rannakindlustuse kividele uhutud vetikad ei haise, kuna on aeroobsetes tingimustes. Kui vetikatekiht jääb kividele pikemaks ajaks, siis see tiheneb ja kuivab ning on kõige paremini eemaldatav käsitsi hangu või hargiga.

5. JÄRELDUS. Merelt randa uhutud vetikamassi eemaldamisega paralleelselt tuleb miinimumini viia sademeveega, Pirita jõe veega või muul viisil merre kanduv reostus (toitained jms.). Esmalt tuleb sulgeda illegaalsed/ajutised merre suubuv reoveetoru Nätuseväljaku ehituspiirkonnas. Antud juhul on reostunud vee merre suunamiseks kasutusel betoonbärjääri algselt rajatud väljavooluava. Lisaks tuleb kehtestada range kontroll Tallinna lahte suubuvate sademevee kollektorite vee kvaliteedi ja Pirita jõe valgalal toimuva keskkonnamõjudega tegevuste üle.

6. JÄRELDUS. Uute sademevee merelaskude kavandamisel ja olemasolevate sademevee kollektorite rekonstrueerimisel tuleb leida võimalus kogutud vee puhastamiseks enne merre

juhtimist. Puhastusmeetodina on kõige otstarbekam kasutada ökoloogilisi ja põhjamaades praktiseeritavaid meetodeid. Halvaks isepuhastumispotentsiaali kasutamatajätmise mõttes on Kadrioru kanalite süsteem (betoonseinte ja põhjaga kanal ei toimi ökoloogilise puhastina, isegi siis mitte kui sinna on pandud suuri kive).

7. JÄRELDUS. Pirita jõe veega merre kanduvate toitainete hulga vähendamiseks tuleks kaaluda vahetult Pirita silla kõrval paadilaenutuse vastaskaldal vohava pilliroo eemaldamist peale vegetatsiooniperioodi lõppu (lahe rannajoone seire ja Pirita Linnavalitsuse külastuse käigus 31.07.2017 saadud informatsioon, tõndusmaterjal Lisas 1). Pilliroog ja kõrkjad on efektiivsed toitainete sidujad ning funktsioneerivad suvekuudel biofiltrina. Sügisel tuleks need toitained koos pillirooga jõest eemaldada, vastasel juhul muutub taimse biofiltri kasutegur mere suhtes nulliks.

8. JÄRELDUS. Sarnaselt jões kasvava pillirooga seovad toitaineid ka lahe põhjas kasvavad vetikad. Seega oleks vetikate kasvukohtade likvideerimine nende tõrjumise eesmärgil Soome lahe mastaabist vaadates taunitav, kuna sel juhul pole biofiltrit, mis maismaalt lahte kanduvad toitained seoks. Kui nüüd randa uhutud põhjast eraldunud vetikad ärakoristada on osa toitaineid lahe veest eemaldatud.

9. JÄRELDUS. Rannalt ja rannaliivast tuleks regulaarselt koristada lisaks vetikatele ka praht. Rannaala ja mere prahistumise vähendamiseks tuleb rannaäärne promenaad kogu ulatuses ja Russalka liivarand varustada piisava hulga prügikastidega ning tagada nende regulaarne tühjendamine. Prügikastid peavad konstruktsioonilt sobima tuulisesse keskkonda.

10. JÄRELDUS. Rakendada tuleb meetmeid, mis välistaksid prahi ja reovete veesõidukitelt merre sattumist/suunamist.

11. JÄRELDUS. Tallinna lahe vee toitainete sisalduse tõusule ja vetikate kasvu intensiivistumisele aitavad kaasa ka veelinnud, eriti kormoranid, kes oma väljaheidetega merevett väetavad ja kelle arvukus näib iga aasta suurenevat. Samas kaunistavad linnud Tallinna lahte. 2017. aastal oli lähel näha ka haigruid.

12. JÄRELDUS. Rannapiirkonnas kasvavate või sinna kuhjatud vetikate asukoha ja ulatuse määratlemiseks on ülevaatlik meetod ortofotografeerimine drooniga. Samas ei tähenda tume laik meres alati vetikaid. Ortofotol fikseeritu tõlgendamiseks on vajalik tavapärane vaatlus.

Seega tuleb tõdeda, et hoolimata tehniliste ja digitaalsete võimaluste kiirest arengust pole vaatlus kui klassikaline teaduslik uurimismeetod oma väärtust siiani kaotanud.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Tallinna lahe keskkonnaseisundit mõjutavad survetegurid, nende põhjused ning mõjude vähendamise võimalused. KeM leping nr. 4-1.1/255. Aruanne. Koostaja T. Paalme, TÜ Eesti Mereinstituut, Tallinn 2011.
- [2] Tallinna lahe keskkonnaseisundit mõjutavad survetegurid, nende põhjused ning mõjude vähendamise võimalused. KeM leping nr. 4-1.1/255. Aruanne. Koostaja T. Paalme, TÜ Eesti Mereinstituut, Tallinn 2011.
- [3] Reostuse tekkepõhjuste ja edasikandemehhanismide uuring Kadrioru-Maarjamäe rannikumeres. KIK leping nr. 609. Aruanne. Koostaja A. Erm, TTÜ Meresüsteemide Instituut, Tallinn 2014
- [4] Tallinna lahe keskkonnaseisundi parandamise teostatavusuuringu eskiisprojekti koostamine. KeM leping nr 4-1.1/14/290. Aruanne. Koostaja K. Pachel, TTÜ Keskkonnatehnika Instituut. Tallinn 2015
- [5] Tallinna lahe keskkonnaseisundi parandamise teostatavusuuringu eskiisprojekti koostamine. KeM leping nr 4-1.1/14/290. Aruanne. Koostaja K. Pachel, TTÜ Keskkonnatehnika Instituut. Tallinn 2015
- [6] Reostuse tekkepõhjuste ja edasikandemehhanismide uuring Kadrioru-Maarjamäe rannikumeres. KIK leping nr. 609. Aruanne. Koostaja A. Erm, TTÜ Meresüsteemide Instituut, Tallinn 2014
- [7] Kliimamuutuse mõju veeökosüsteemidele ning põhjaveele Eestis ja sellest tulenevad veeseireprogrammi võimalikud arengusuunad. Eesti Maaülikool, Põllumajandus ja keskkonnainstituut. Tartu 2012
- [8] Reostuse tekkepõhjuste ja edasikandemehhanismide uuring Kadrioru-Maarjamäe rannikumeres, märts 2014. Tallinna Tehnikaülikool, Meresüsteemide instituut.



Pirita jõgi enne Pirita silda (vasakul on näha paadisadam ja selle taga hoone (endine restoran), kus praegu paikneb Pirita Linnavalitsus. Foto on tehtud 2017.a. 1. septembril Pirita sillalt.