



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
EESTI MEREAKADEEMIA
merenduskeskus

Mark Abner

Veelune andmekeskus Eesti mereala planeeringus ja sobiva asukoha analüüs

Lõputöö

Juhendaja: dotsent Arvo Käär

Tallinn 2023

Olen koostanud töö iseseisvalt.

Töö koostamisel kasutatud kõigile teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele on viidatud.

Mark Abner

(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

Üliõpilase kood: 183629VDSR

Üliõpilase e-posti aadress: maabne@ttu.ee

Juhendaja dotsent Arvo Käär:

Töö vastab lõputööle esitatud nõuetele

(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

Kaitsmiskomisjoni esimees külalisõppejõud Marko Jürioja

Lubatud kaitsmisele

(allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirjas)

Sisukord

Annotatsioon.....	5
Kasutatud lühendid ja mõisted	6
Sissejuhatus	7
1 Andmed	9
1.1 Infotehnoloogiaajastu ning andmekeskuste arengust	10
1.2 Andmekasv ja turusegmenid	12
1.3 Erinevat tüüpi andmekeskuste kasutusvaldkondadest.....	16
1.4 Andmekeskustest Eestis ja lähiriikides.....	17
1.4.1 Veealustest andmekeskustest maailmas	20
1.5 Veealuse andmekeskuse kontseptsioon ja SWOT analüüs.....	23
1.5.1 Tugevused.....	24
1.5.2 Nõrkused.....	24
1.5.3 Võimalused.....	25
1.5.4 Ohud	26
1.6 Riistvara ja tehnoloogia	26
1.6.1 Vedelikseljahutus (<i>immersion liquid cooling</i>).....	28
1.7 Keskkond	28
2 Veealuse andmekeskuse võimalikkusest Eesti mereala planeeringus.....	30
2.1 Eesti mereala planeering.....	30
2.2 Seadusandlus	32
2.2.1 Veeseadusega seonduvast.....	32
2.2.2 Ehituseadusega seonduvast	33
2.2.3 Planeerimisseadusega seonduvast	35
2.2.4 Meresõiduohutuse seadusega seonduvast.....	36
2.3 Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadusega seonduvast	36
2.4 Keskkonnamõju strateegilisest hindamisest	37
3 Serveripargi väljavalitud asukohtade analüüs	39
3.1 Hara laht	41
3.2 Lahepere laht	42
3.3 Pakri laht.....	43
3.4 Liivi laht ja tuuleenergeetika ala	45
3.5 Tallinna laht (Tallinna reid).....	46

4 Meretransport.....	47
Kokkuvõte	48
Summary.....	50
Viidatud allikad	52
Lisa 1. Intervjuu riigilaevastiku direktori Andres Laasmaga	57
Lisa 2. Küsimustik Kärt Talimaa-Eelmaale (Tallinna LV, keskkonna- ja kommunaalamet, haljastuse ja keskkonnahoiu osakond) ja Kai Künnis-Beres (Tallinna LV, keskkonnahoiu osakond, planeeringute alane juhtivspetsialist).	58
Lisa 3. Struktureerimata intervjuu MKM-i meremajandusosakonna juhataja Jaak Viilipusega ...	59
Lisa 4. Struktureerimata intervjuu mereökoloogia professori Jonne Kottaga.....	60

Annotatsioon

Lõputöö eesmärgiks oli välja selgitada sobivaim asukoht veealusele andmekeskusele ning anda ülevaade veealuse andmekeskuse edaspidisest võimalikust arengust. Avamerd asukohana ei kaalutud, sest see ei paku mitte mingisugust tehnoloogilist lisaefektiivsust võrreldes rannikuäärse asukoha valikuga. Asukoha ja mitmete teiste tingimuste arvestamisel leiti, et ühte kindlat sobivaimat asukohta ei eksisteeri. Igal asukohal oma head ja vead, vähemal või suuremal määral. Siiski, autor toob välja, et parimad asukohad võiksid olla Paldiski lähedal asuv Lahepere ja Pakri laht oma loodusliku lahe sügavusega ning piisav taristu lähedus Paldiski Tööstuspargile, Pakri tuule- ja päikesepargile ja/või võimalik integreerumine kavas oleva Paldiski pump-hüdroakumulatsioonijaamaga ning Liivi laht, kuhu on plaanis rajada palju meretuuleparke ning siinkohal olekski otstarbekas ära kasutada plaanitavat taristut (meretuulepark ja alajaam) ning rajada veealused andmekeskused tuulikute vahetus lähedusse.

Töös analüüsiti lisaks Paldiskile veel viite asukohta – Hara lahte, Liivi lahte, Tallinna lahte, Pakri lahte ja Lahepere lahte. Mereala planeeringu ja seadusandluse osas tuli autor järeldusele, et Eesti mereala planeeringu ja seadusandluse jaoks on tegelikult veealune objekt suhteliselt võõras nähtus ning tegemist on reguleerimata alaga. Arvestades andmemahtude kasvu, energiakriisi ja rohepöörde aktuaalsust ning seadusandluse reguleerimatust antud valdkonnas, siis on otstarbekas veealuse andmekeskuse rajamist Eestisse (ja kindlasti ka globaalsel tasandil) mõelda.

Lõputöö kirjutamise käigus kasutas autor teadusallikaid, võttis intervjuu riigilaevastiku direktor Andres Laasmalt, õppejõud (sadamaala planeerimine) Kärt Madiberkilt, TÜ merebioloogilt Jonne Kottalt, MKM meremajandusosakonna juhatajalt Jaak Viilipuselt ja Tallinna linnavalitsuse planeeringute keskkonnahoiu osakonna ametnikult Kärt Talimaa-Eelmaa ning Tallinna linnavalitsuse planeeringute alane juhtivspetsialist Kai Künnis-Beres.

Märksõnad: *veealune andmekeskus, andmekeskus, Eesti mereala planeering, seadusandlus, analüüs*

Kasutatud lühendid ja mõisted

CAGR	<i>Compound Annual Growth Rate</i> e liitaasta kasvumäär (CAGR) arvutab investeringu (nt ühisfondi või võlakirja) tasuvusmäära investeerimisperioodi jooksul (nt 5 või 10 aastat). CAGR-i nimetatakse ka "sujuvaks" tasuvusmääraks, kuna see tagab investeringu kasvu nii, nagu see oleks aastate kaupa kasvanud ühtlaselt
COOEC	<i>Chinese Offshore Oil Engineering Company</i> e Hiina avamere naftanduse inseneribüroo
IDC	<i>International Data Corporation</i> e Rahvusvaheline digiandmete keskus
IoT	<i>Internet of Things</i> e Asjade Internet
KMH	Keskkonnamõju hindamine
KSH	Keskkonnamõju strateegiline hindamine
PB	1 petabait = 1024 terabaiti
PUE	<i>Power Usage Effectiveness</i> e energiaefektiivsuse indikaator. Mida madalam ühik seda parem (minimaalne on 1)
Sukeljahutus	<i>Liquid immersion cooling</i> e elektrooniliste komponentide uputamine dielektrilisse vedelikku, mis annab võrreldes õhkjahutuse või konventsionaalse vedelikjahutusega kordades suurema energiaefektiivsuse
SWOT	<i>Strengths, weaknesses, opportunities and threats</i> e tugevuste, nõrkuste, võimaluste ja ohtude analüüs ettevõttele
SQL	<i>Structured Query Language</i> e populaarne andmebaasi keel, mis pakub ühe võimaliku relatsioonilise andmemudeli realisatsiooni. See keel sisaldab alamkeeli andmete töötlemiseks, andmebaasiobjektide haldamiseks, transaktsioonide haldamiseks, õiguste haldamiseks ja protseduuride loomiseks
Zetabait	1 zetabait = 1 miljard terabaiti
TIER 1, ... , TIER 5	Võrgu kiht. Mida suurem number seda turvalisem ja vastupidavam takistustele töös (maksimaalne 5)
TTJA	Tarbijakaitse ja Tehnilise Järevalve Amet
UPS	<i>Uninterruptible Power Supply</i> e puhvertoiteallikas
WUE	<i>Water Usage Effectiveness</i> e veefektiivsuse indikaator. Mida madalam ühik seda parem.

Sissejuhatus

Käesolev töö tutvustab olemasoleva informatsiooni põhjal veealuse andmekeskuse kontseptsiooni, selle eeliseid võrreldes konventsionaalse maapealse andmekeskusega, andmekeskuse rajamist Eesti mereala planeeringus, sealhulgas analüüsid viite erinevat asukohta. Töös tuuakse välja ka veealuse andmekeskuse võimalikud asukohad tulevikus rajamiseks. Töö autor kuulis esmakordselt veealuse andmekeskuse kontseptsioonist III kursuse sügissemestril aines merealade ruumiline planeerimine ja keskkonnamõjude hindamine. Teema jäi kohe kõrvu ning lähemalt uurides tundus see üsna põnev ja loogiline samm midagi sellist uurimaks ning miks mitte ka uurimaks selle teostatavust Eesti majandusvööndis. Haarates võimalusest kinni ühendada antud teema lõputööga tundus loogiline ja huvipakkuv. Antud temaatika on aktuaalne. 2018. aastal avaldatud uuringu järgi suureneb nõudlus aastatel 2020 – 2025 andmemahu kohta ligikaudu 240%. Sealhulgas on andmekeskused ühed suurimad saastajad infotehnoloogia valdkonnas. 2021. aastal moodustas USA-s andmekeskuste jalajälg 0,5% kogu USA-s moodustavatest kasvuhoonegaasidest. IT tööstus kokku tarbib 7% maailma elektrivarustusest ning ennustatakse, et aastaks 2030 on see arv 13% (Hu et al., 2022 lk 1). Kui tuua võrdluseks laevandus, siis MKM-i meremajandusosakonna juhataja Jaak Viilpuse sõnul on laevanduse heitgaasid ca 3% kogu maailma heitgaasidest (ÜRO Kaubandus- ja Arengukonverentsi andmetel oli see number 2022 aastal seisuga 2,8% (*Roadmap to Decarbonize the Shipping Sector: Technology Development, Consistent Policies and Investment in Research, Development and Innovation* | UNCTAD, 2022)). Vabariigi Valitsuse koalitsioonilepe 2023 – 2027 näeb ette IT sektori jalajälje vähendamist Veealuse andmekeskusega tegi algust tehnoloogiahiid Microsoft, alustades esimeste katsetustega 2015. aastal ning lõpetades katsetuste II faasiga 2020. aastal. Tulemused oli paljulubavad ning näitasid suuremat töökindlust ja väiksemat energiakulu võrreldes tavalise konventsionaalse andmekeskusega. Antud töö eesmärk on otsida sobivaim asukoht veealusele andmekeskusele, kasutades Eesti mereala planeeringut, võttes arvesse järgnevad iseloomustajad: 2) sobiva elektritaristu olemasolu; 3) minimaalselt 9 meetrine sügavus; 4) mereelustiku minimaalne häiritavus ja 5) arendamisel olevad projektid merealal (kasutamaks taristus või potentsiaalne sünergia luua). Tulemuse saavutamiseks kasutati erinevaid teadusallikaid, nii internetist kui raamatukogust, intervjuud oma valdkonna ekspertidega ning analüüsi meetodite kasutamine.

Töö on üles ehitatud 4-st peatükist. I peatükk tutvustab andmekeskust ja selle erinevaid kasutusvõimalusi, tutvustatakse veealuse andmekeskuse kontseptsiooni ning saavutusi selles valdkonnas. Tuuakse välja ka sobiva tehnoloogia ja tehnoloogiliste viiside kasutamine veealusel

andmekeskusel. II peatükk käsitleb Eesti mereala planeeringut, merealale ehitise rajamist ning sellega kaasnevat nüansse. III peatükk käsitleb veealuse andmekeskuse asukoha valimisel kasutatavaid kriteeriume ning selle põhjal autori poolt välja valitud viie asukoha analüüsi Eesti merealal. IV peatükk tutvustab põgusalt Eestis olevat laevastikku, millega oleks võimalik meritsi andmekeskusi transportida. Kokkuvõttes võetakse töö eesmärgid ja väljundid kokku ning tuuakse välja kasutatud allikad, lisad ja joonised.

1 Andmed

Võib väita, et nii kaua kui on inimkond eksisteerinud on talletatud ka andmeid. Alates koopamaalingutest 11 000 aastat tagasi kuni tänase päevani välja on suulised mälestused, kirjalikult talletatud info, raamatud, arvutid, infovahetus, kunst ja muus selline olnud andmete aluseks. Tööstusevolutsoon 5.0 ja digiajastu – väga palju infot ja infovahetust ning masinaid, s.h Internet of Things (IoT) on muutunud elektrooniliseks, talletades ja kasutades suurel hulgal andmeid. Info talletamine tarbib alati mingil kujul ruumi. On teada, et juba 4000 aastat tagasi kasutasid Inkad ploki ahela tehnoloogiat andmete säilitamiseks. Tegemist on andme säilitamisega nn kipude kujul. Keerukalt sõlmitud nõõrid on kinnitatud ühisele kõiest alusele ja omavahel seotud olenevalt säilitatava teabe olemusest. Igal nõõril võis olla oma värvikood, aga võisid olla ka spetsiaalsed sõlmed, mille kuju ja arv olid tähtsad tähised, millega määrati hoitava teabe väärtus ja tüübid. Jälgides iga nõõri algusest ja lõppu, sai määrata kogu andmeahela moodustamise tee aluskõiest kuni haru lõpuni. Nõõride arv ühes kipus võis ulatuda kahe ja poole tuhandeni. Kipude abil said inkad kui kogu Kesk-Andide indiaanihõimude liidu valitsev klass arvet pidada kõigi vajalike neile kuuluvate ressursside – vägede, toiduvarude, elanikkonna arvukuse ja laekuvate maksude koguse üle. Teades sellise arvepidamissüsteemi ülesehitusloogika peamiseid põhimõtteid, olid teadlased üpris üllatunud, et seesugune iidne tsivilisatsioon, mis oli edumeelsemast maailmast täielikult isoleeritud, suutis leida sedavõrd tõhusa, seotud teabeplokkide loogikal põhineva meetodi andmete kompaktseks ülesmärkimiseks ja säilitamiseks (*Sissejuhatus plokiahela struktuuri. Mis on plokiahel?*, 2020). Esimese andmekeskuse juured ulatuvad 1940-ndatesse. Heaks näiteks on ENIAC-i arvuti, mida kasutati II maailmasõja abil militaarvaldkonnas ning neid oli kallid ja kulukas hooldada, sealhulgas oli tegmist ühe esimese andmekeskusega. Tänapäevased andmekeskused said hoo sisse 1980-ndatel, mil sai hoo sisse ka IT võidukäik ning mahud, kiirused, seadmed ja tarbijate kasv oli tõusuteel. 1990-ndatel asutati esimesed n-ö suureskaalalised andmekeskused (*What Is a Data Center?*, n.d.).

1.1 Infotehnoloogiaajastu ning andmekeskuste arengust

Esimene mehaaniline arvuti leiutati ja selle kontseptsiooni pani kirja Inglismaa mehaanikainsener Charles Babbage varajases 19.sajandis. Algselt kutsuti seda „diferentseerimise mootoriks“ ning selle eesmärk oli abistada navigatsioonilisi kalkulatsioone. Charles Babbage, keda tihtipeale kutsutakse „arvuti isaks“, tuli välja üldise nimetusega „analüütiline masin“ ning seda saab kasutada ka teistes valdkondades peale navigeerimise.

Vaikselt sai hoo sisse arvutite ajastu algus ning ilmselt tuntumaiks võib pidada ENIACi, mis on lühend täispikast nimetusest *Electronic Numerical Integrator and Computer* ehk eesti k. elektrooniline digitaalne arvuti. Tegemist oli esimese programmeeritava üldkasutatava digitaalse elektroonilise arvutiga. Arvuti kogupikkus oli 24 meetrit, võttes enda alla 167 ruutmeetrit pinda ning ta energianõudlus oli muljetavaldav – 18 800 raadiolampi tarbisid 150 kW elektrienergiat. Lisaks raadiolampidele oli süsteemis 70 000 takistit, 10 000 kondensaatorit, 1500 releed, 6000 käsitsi juhitavat lülitit ning üle viie miljoni joodisekoha. Loomulikult polnud selline hoomamatu kogus raadiolampe eriti töökindel lahendus ja tavaline oli paari-kolme lambi läbipõlemine päevas. Nende leidmine ja asendamine võttis omajagu aega ja nii oligi arvuti umbes poole ajast töövõimetu. Suure töökindlusega lampe polnud aga enne 1948.aastast saada. Alles siis läks olukord veidi paremaks – üks läbipõlemine paari päeva kohta (*Arvutiajastu Algus | Tehnikamaailm.Ee, 2021*).

Võib öelda, et esimesed arvutid 1940-ndatel olid ka esimesed andmekeskused. Varajased andmekeskused olid väga suured ja energiamahukad. Neist tuntuim, ENIAC, ehitati selleks, et arvutada USA sõjaväel arvutada suurtükkide laskeparameetreid. Peamine valdkond oli militaar ja luure, seega salajase teabe hoidmine ja koos sellega turvalisus pidi väga kõrgel tasemel olema. Enamus andmekeskustel oli üks uks ja aknad puudusid. Jahutuseks kasutati suuri ja kulukaid ventilaatoreid ning rohkelt juhtmeid ja vaakumtorusid, et ühendada kõik vajalikud komponendid omavahel. Tihtipeale juhtus, et juhtmed ülekuumenesid, põhjustades seisaku või sootuks tulekahju.

Andmekeskused (ja ka arvutid üldiselt) hakkasid vaikselt hoogu sisse saama 1960-ndatel. Varajastel 60-ndatel tutvustas IBM esimest transistoriga arvutit TRADIC. Tänu sellele õnnestus suur samm astuda lähemale kommertsarvutitele ning eemalduda militaarvaldkonnast, sealjuures elimineerides keeruka ja ebatöökindla vaakumtorude süsteemi. Sama arvuti oli vanematest võimsam ning lisas uue võimekuse ja taseme, mida arvuti teha suudab. Märkimisväärne oli ka

arvuti väiksus. Nüüdest oli seda võimalik paigutada kontoritesse ja mujale ruumidesse. TRADIC'i oli roll mängida ka NASA astronautidel kuule jõudmisega.

Lauaarvutite võimsus ja tootmine kasvas ning seda aega iseloomustas hästi Moore'i seadus, mis sätestab, et mikrokiibil olevate transistoride arv kahekordistub iga kahe aastaga. Tõsi, andmekeskuste suurimaks probleemiks oli siiski veel kesine töökindlus. Oluline arvuti oli UNIX, mis andis uue standardi andmekeskustele. See kasutas nn kliendi põhise serverikeskust. Oli vahelülis n-ö äriarvutite ja tavatarbija arvuti vahel.

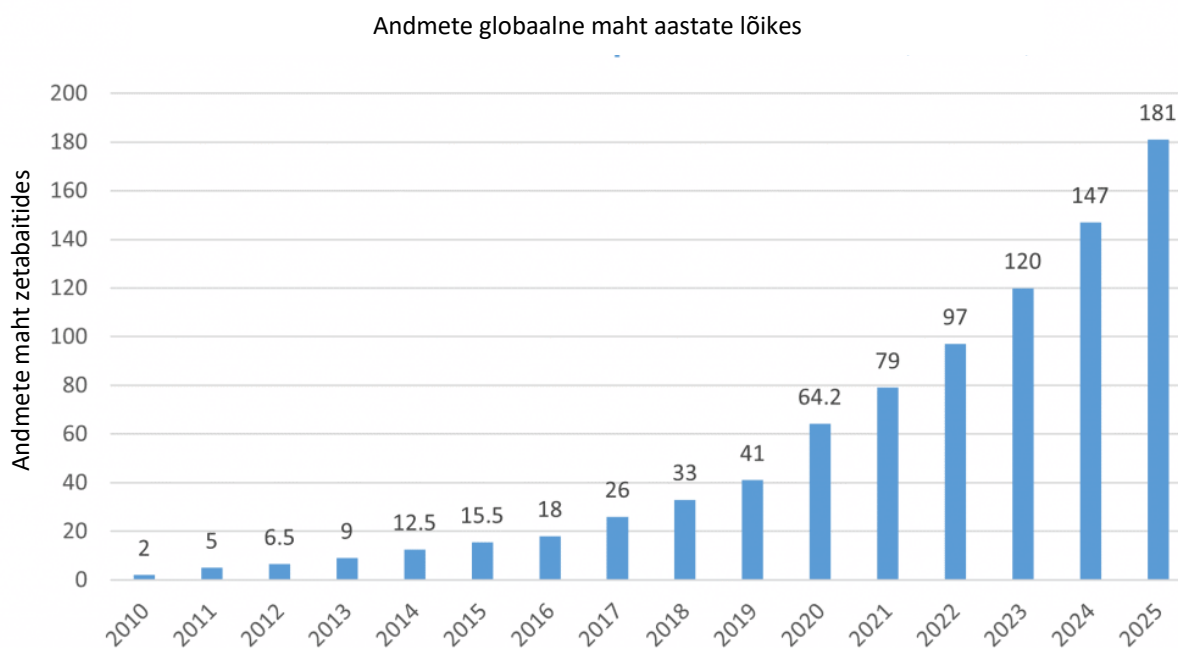
1980-ndate lõpus sai hoo sisse mikroprotsessorite buum, mil andmekeskused muutusid piisavalt väikeseks ja kiireks. Vanad suurarvutite ruumid rajasid teed mikroprotsessoritega arvutitele, mis toimusid omakorda serveritena pannes omakorda aluse esimestele majasisestele andmekeskustele. Vorm ja funktsioon käisid käsikäes ning sündisid moodulriiulid.

90-ndate lõpus sai internet hoo sisse ka tavatarbija ellu ning tähtsaks osutusid internetiteenuste arendamine ja kättesaadavus. Telekommunikatsiooniettevõtted ja sideteenuse pakkujad hakkasid aine enam rõhuma suurte, mitmekümne jalgpalliväljaku suuruste, andmekeskustele, mis tagas suure kasutajaskonna eratarbijale. 1990-ndatel terendas ka nn dot-com buum, mil kogu tehtud töö jäi tänu majanduslangusele pooleli. Näiteks, 27-st Euroopa suurimast andmekeskusest 17 läks pankrotti. Pole halba ilma heata ning tänu sellele sai hoo sisse virtualiseerimine ehk üks arvuti suudab teha tööd mitme arvuti eest korraga. Hakati rohkem pöörama tähelepanu efektiivsusele, energia säästmisele ja muudele süsteemidele. Tänu virtualiseerimisele vähenes andmekeskuse toite-, ruumi- ja jahutusvajadus ligikaudu 80%. 2000-ndate vältel otsiti mastaabisäästu ning populaarseks ja tänapäeval kasutoovaks on osutunud kollokatsiooni teenuse pakkumine ehk siis kahe ettevõtte arvutipark on ühes suures serveripargis. Tulevikku vaadates on kindlasti oodata andmekeskuste laienemist, energiaefektiivsemat toimimist ning erinevate IT valdkondadega ühildumist – IoT, tehisintelligents, superarvutid jms. (*A Brief History of Data Centres*, 2016), (Oakley, 2021)

1.2 Andmekasv ja turusegmendid

Andmehulgad on aasta aastalt olnud kasvutrendis. Pidevalt lisandub uusi tehnoloogiaid ning ka kasutajaid, kes annavad sellele kõigele hoogu juurde. IoT, erinevad teenused, võrgus olevate seadmete lisandumine, tehisintelligentsi areng jne. Samuti ka ettevõtete pidev janu analüüsida oma klientide tarbimisharjumusi ning muutuda efektiivsemaks. Joonisel paistab hästi silma 2020. aastal alanud COVID-19 olukord, mil paljud inimesed lülitusid ümber kodukontorile ja see omakorda kiirendas tarbitavate teenuste ja toodete kasvu. Sealhulgas on oluline mainida, et antud tabel peab silmas puhast andmemahtu ning suurt osa sellest ei salvestata. 2020. aasta puhul toodi välja, et tarbitavast aastasest mahust vaid 2% salvestati. Ülejäänud andmeid tarbiti n-ö jooksvalt ning ei salvestatud edaspidiseks kasutamiseks või siis salvestati lühiajaliselt ning seejärel kirjutati uute andmetega vanad andmed ümber.

Tabel 1. Rahvusvaheline Andmekeskus. Andmete maht aastate lõikes (2010 – 2025). (Ltd & Hack, 2021)



Allolev joonis tutvustab uuringus väljatoodud andmete reaalsel saadaolevat mälumahtu ning prognoositav reaalne saadaval olev mälumaht. Perioodis 2020 – 2025 on see kasv 19,2%. See tähendab, et selle viie aastase perioodi jooksul peab omakorda andmekandjatel olevat mälumahtu suurendama ligi 240%. See tähendab suuri investeeringuid, palju uut loodavat taristut ja (niigi tööjõupuuduse käes vaevleva IT sektorit) uusi töökohti.

Tabel 2. Rahvusvaheline andmekeskus. Andmekandja mälumahu kasv (2020 – 2025). (Ltd & Hack, 2021)



Peale andmemahu kasvu iseloomustab andmeid veel andmete jaotus ja struktuur. Tavaliselt hoitakse korrastatud andmeid nagu relatsioonandmed ja transaktsioonandmeid SQL andmebaasis, siis hüppeliselt on kasvanud struktureerimata ja poolstruktureeritud andmete kasv ehk siis teisisõnu suurandmed, mis on oluliselt muutnud andmete töötlemist ja mudelit. IDC ennustab, et struktureerimata andmeid on 2025 aastaks 80%. Inimesed on aja jooksul hakanud teisiti tarbima andmeid – see on palju kaootilisem ja oma olemuselt rutakam. Andmeid ei hoita enam kuskil kindlas ühes asukohas (näiteks: koduarvutil kõvakettal), vaid andmed on sisuliselt internetis laiali.

Joonis 1 kirjeldab andmete jaotust. Kera on omakorda jagatud kolmeks sektoriks:

- Välimine sektor kujutab endast Lõpp-punkt

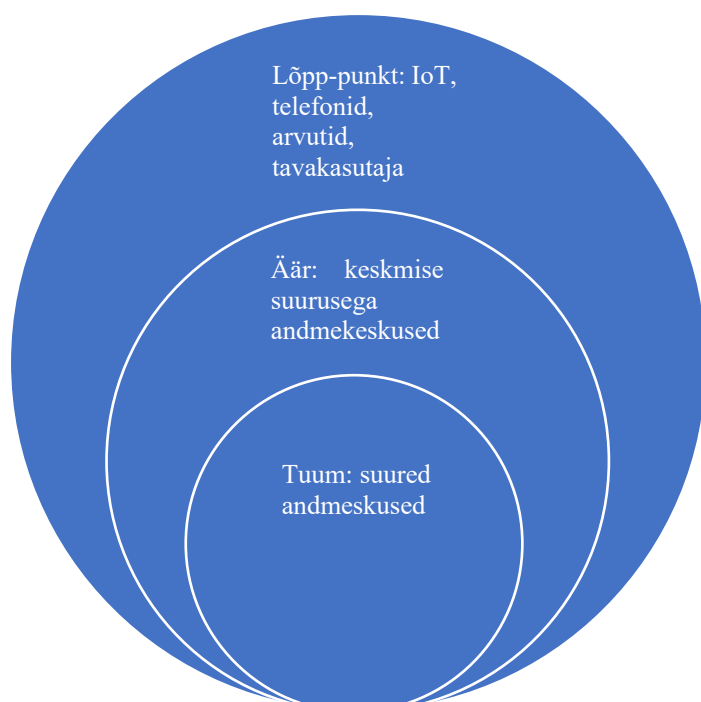
Lõpp-punktis on tegemist lõpptarbijaga ning see koosneb igapäevastest seadmetest, mis pole otseselt võrguga seotud (andmete mõistes) – arvutid, telefonid, sensorid, IoT jms võrku ühendatav elektroonika.

- Keskmise sektor kujutab endast Äär

Keskmise suurusega ettevõtete andmekeskused ja serverid vajalikule allikale lähemal, et vähendada peitaega või kohanduda kohaliku õigusseaduse privaatsustingimustega.

- Seesmine sektor kujutab endast Tuum

Tuumas toimetavad kõige võimsamad ja keerukamad serverid, kus peamine analüütiline töö käib.



Joonis 1. Rahvusvaheline andmekeskus. Andmete struktuur. (Ltd & Hack, 2021)

Tuuakse esile mõnetine struktureeritus, kus Lõpp-punktis olevad andmed liiguvad analüüsiks Äärde ning sealt edasi põhjalikumaks töötluseks Tuuma.

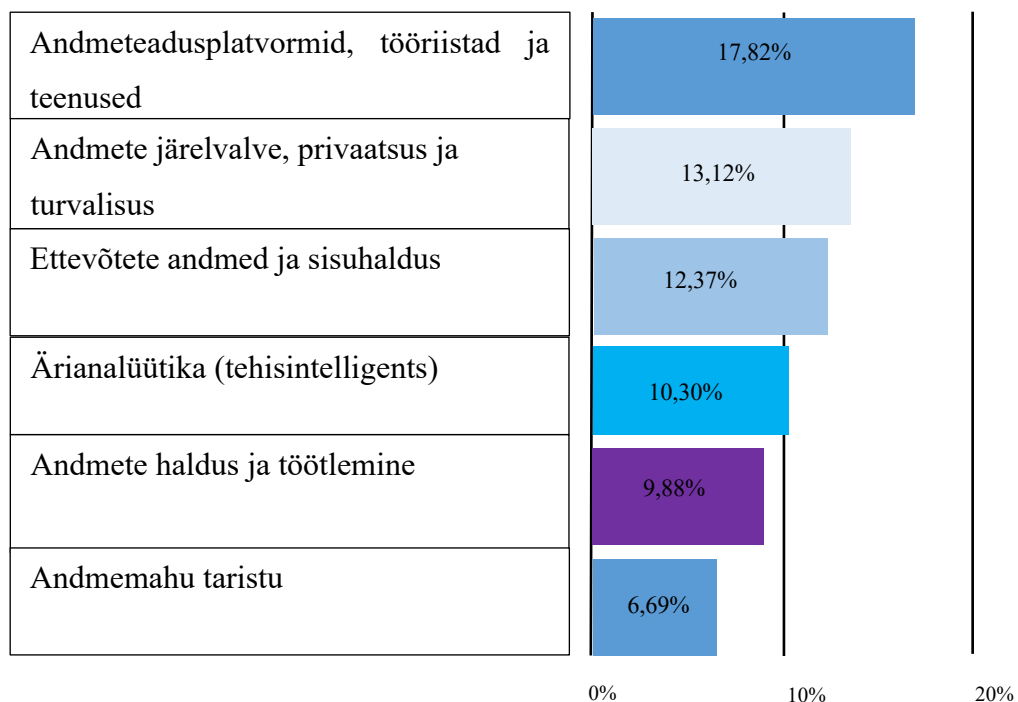
Tänapäeval, kus enamus ettevõtteid kasutab andmetöötluseks *data warehouse*'i (eesti k. andmeladu), kus andmed on värsked, detailed ja analüüsitud, siis aina enam tuntakse huvi *data lake*'st (eesti k. andmejärv), mis koosneb struktureerimata ja poolstruktureeritud andmetest. Tarbijad liiguvad aina enam Lõpp-punktist Ääre ja Tuuma sektoritesse ning seejuures on aina rohkem ettevõtteid vaja, kes nende sektorite eest vastutaks (Ltd, 2021). Seagate'i raporti järgi on aastaks 2025 80% andmetest koondunud Ääre ja Tuuma sektoritesse. Samas raportis prognoosib

IDC, et 12,6 zetabaiti mahtu on füüsilisel andmekandjal – kõvakettad, väikmälukettad, optilised plaadid jne ning neid haldavad ettevõtted. 51% andmetest on pilveteenuses.

Andmete kasvutrend jätkub stabiilselt ning samuti on muutumas ka see, kuidas andmeid kogutakse, hoitakse ja analüüsitakse. Tõsi, uuringust selgus, et suurem osa andmeid ei salvestata, kuid see osa mis salvestatakse nõuab aktiivset tegutsemist juba täna. Suur osa sellest on ja saab olema pilveteenustes, kuid ka füüsilistel mälukandjatel on oma roll mängida.

2022 aasta lõpuks arvati olevat, et andmekorje turg moodustas 119 miljardi dollari suuruse osa. Joonisel 4 on välja toodud turu suurimad tarbijad ning nende kasv aastani 2026.

Tabel 3. Liitmäärakasv perioodil 2021 – 2026 erinevate infotehnoloogia valdkondade näitel. (5-Year Forecast for the Data Analytics and Management Market | AI Business, 2022)



Kiiremini kasvav haru on andmeteandusteened- ja tööriistad. 2022 aasta seisuga hõlmas see turusegment endas 5,6 miljardi dollarilist väärtust. 2026. aastaks prognoositakse sellele 12,8 miljardi dollarilist väärtust. Samuti annab sellele segmendile hoogu juurde ettevõtete nõudlus ja otsing äri optimeerimiseks, automatiseerimiseks ja innovatsiooniks. Teine kiiresti kasvav haru on andmete valitsemine, turvalisus ja privaatsus. Prognoositakse, et segmendi väärtus tõuseb 15

miljardi dollari pealt 24,6 miljardi dollari peale. Tegemist on laiahaardelise ja globaalse teemaga, mis puudutab kõiki tööstuseid ja piirkondi.

Geograafiliselt juhib Põhja-Ameerika andmekeskuste võidujooksu, kaasaarvatud tehisintelligentsi jms tehnoloogiate kasutuselevõtu osas. 2026. aastaks prognoositakse 66 miljardi dollarist turuosa. Samas, kõige tugevama kasvu selle viieaastase perioodi jooksul teevad Aasia ja Okeania – 17,4%

1.3 Erinevat tüüpi andmekeskuste kasutusvaldkondadest

Andmekeskuse eesmärk on koondada IT toimingud ja seadmed andmete ja rakenduste salvestamiseks, töötlemiseks ja levitamiseks. Kuna andmekeskused sisaldavad organisatsiooni kõige kriitilisemaid ja omandiõigusega kaitstud varasid, on andmekeskused igapäevase tegevuse järjepidevuse jaoks üliolulised. Kui eelmistel kümnenditel olid andmekeskuste infrastruktuurid tõhusalt kontrollitud turvalised keskkonnad, siis praeguseks on seda kuvandit muutnud pilveteenused ja virtualiseerimine – enamik kaasaegseid infrastruktuure on arenenud kohapealsetest füüsilistest serveritest virtualiseeritud infrastruktuuriks, mis toetab rakendusi ja töökoormust mitme pilve keskkondades. Rakenduste töökoormused liiguvad mitme andmekeskuse ning privaatsete, avalike ja hübriidpilvede vahel. Andmekeskuse roll ja kasutusvaldkonnad on järgmised: andmete salvestamine, haldamine, varundamine ja taastamine aga ka suuremahulised e-kaubandusega seotud toimingud, suurandmed, masinõpe, tehisintellekt ja onlain kogukondade alustalaks olemine.

Peamiselt eristatakse nelja tüüpi andmekeskusi:

1. Ettevõtete andmekeskused

Vastavad omanike ja nende organisatsioonide nõuetele ehk siis suurused on erinevad. Varieeruvad ühetoalisest toast kuni suure n-ö laomajani välja. Kasutatakse ettevõtte sisemiste vajaduste jaoks.

2. Kolmanda osapoole andmekeskus

Nagu nimigi ütleb, siis haldavad ja jälgivad andmekeskusi tegemisi kolmanda osapoole teenusepakkujad. Kliendiga sõlmitakse liising ning vastutasuks saab klient ligipääsu andmekeskuse funktsioonidele kasutades hallatud teenindusplatvormi. Kliendile välistab see vajaduse luua vastav infrastruktuur.

3. Kolokatsioon andmekeskused

Kolokatsioon andmekeskused võimaldavad ettevõtetel rentida ruumi eraldiseisvas füüsilises rajatises, kus on vajalik taristu (toiteallikad, jahutus ja turvalisus) olemas. Rajatise omanik pakub ja haldab oma komponente, nagu arvutiriistvara ja serverid.

4. Pilvepõhine andmekeskus

Taaskord on andmekeskus eraldiseisev füüsiline rajatis. Pilvepõhised andmekeskused pakuvad ettevõtetele renditud taristut, mida haldab omakorda kolmanda osapoole teenusepakkuja, võimaldades kliendil kõik tegevused vaid interneti ühenduse kaudu ära toimetada. Pilveteenused jagunevad omakorda avalikuks pilveks, privaatpilveks ja hübriidpilveks.

1.4 Andmekeskustest Eestis ja lähiriikides

Eestis on 54 ettevõtet kelle põhitegevusalaks on EMTAK 2008 63111 koodi järgi andmetöötlus, veebihosting jms tegevused.

Värskeim ja suurim andmekeskus on 2022 aasta veebruaris Hüürus avatud Green Energy Data Center (edaspidi GDC). Tegemist on 2023 aasta seisuga modernseima ja võimekama andmekeskusega nii Eestis kui Baltimaades. Tippklassi turvasüsteemid keskuse ümber ja sees, dubleeritud toite-, jahutus- ja sidesüsteemid ning kõrge energiaefektiivsus ja taastuvenergia kasutamine. GDC asub 14 500 m² alal ning kompleksi koguvõimsus on 31,5 MW (keskus on pärjatud mitmete ISO sertifikaatidega). Ettevõtte pikaajaline visioon on arendada Kesk- ja Ida-Euroopasse energiatõhusate ja turvaliste andmekeskuste võrgustik. (*Greenenergy Data Centers - the Largest and Securest in the Baltics*, n.d.)

Ettevõtte AS WaveCom serveripark on suuruselt teine andmekeskus Eestis. 2000-ndatel pakuti andmeside teenust, kuid kümnendi lõpul see üksus müüdi maha ning edasi keskenduti andmekeskustele ja nendega seotud teenustele. Esimene andmekeskus asutati 2011. Ettevõtte leidis

2017. aastal, et nende vajadustele vastavad andmekeskused puuduvad ning otsustasid seega loogilise sammuna rajada oma andmekeskuse. Teine andmekeskus asutati aastal 2018 ning asub see Tallinnas Endla ärimajas. Serverid vastavad mitmesugustele ISO-standarditele ning on läbinud iga-aastased järelauditid tõendamaks oma vastupidavust ja hea taseme hoidmist (*Andmekeskus ja sidevõrk | WaveCom, n.d.*)

Ettevõtte Telegrupp AS. Ettevõtte disainis, projekteeris ja paigaldas oma esimese (konteiner)andmekeskuse 2005. aastal. Konteinerandmekeskuse eeliseks on teisedatavus ning kiire kasutuselevõtt. Eesmärgiks on pakkuda energiatõhusat, tihedalt pakitud arvutusvõimsusega andmekeskuse võimekust väiksemate ehituskuludega ja palju lühema ehitusajaga kui traditsioonilised andmekeskused. Ehitusaeg on nädalates ja kuudes, mitte aastates. Erinevalt traditsioonilisest andmekeskusest võib konteineri paigaldada kiiresti ja hõlpsalt sinna kuhu just vajalik. Täisautonoomseid andmekeskuseid saab endaga kaasa vedada ja käitada sõltumata võrguteenuste olemasolust ja kvaliteedist andmekeskuse asukohas. Telegrupi konteiner andmekeskused vastavad vähemalt TIER 2 tasemele (*Andmekeskused | Telegrupp AS, n.d.*).

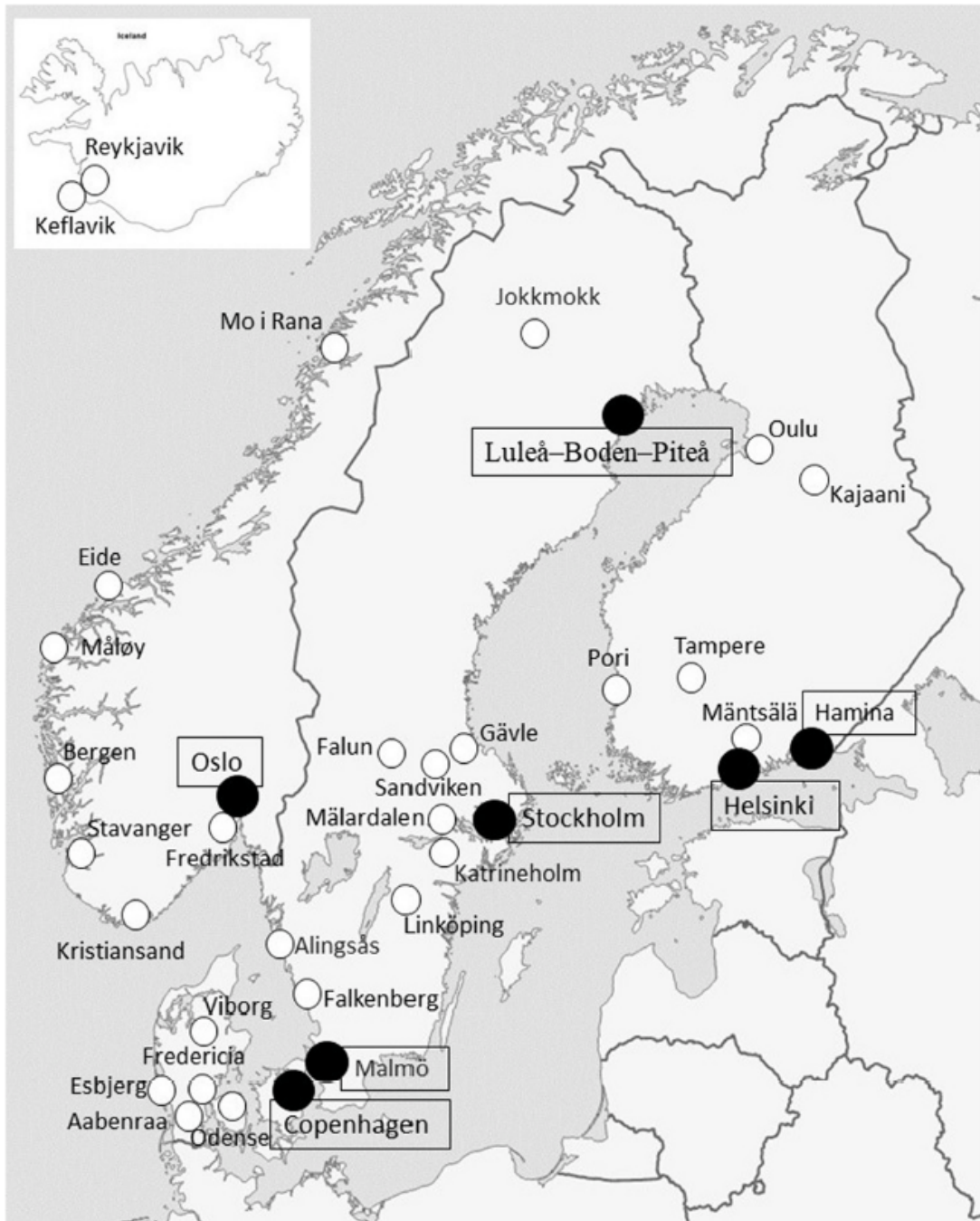
Ettevõtte Infonet DC OÜ on ettevõtte Infonet AS tütarfirma. Ka Infonet nägi IT-seadmete alal Eestis puudujääki ning selle tulemusel sai rajatud 2013. aastal Paljassaarde andmekeskus. Infonet'i andmekeskus mahutab 512 serverikappi võimsusega 4MW ja ehitatud TIER 3 nõudmisi silmas pidades (*Andmekeskus – Infonet DC, n.d.*).

Ettevõttel Telia Eesti AS-l on olemas kolm andmekeskust. Üks neist asub Peterburi maantee ääres Utilitase elektriijaama kõrval. (*Telia ehitab Eesti esimese Tier 3 andmekeskuse*, 2019.)

Lisaks eelmainitud andmekeskustele ja serveriparkidele leidub Eestis palju väiksemaid nn. ühetoa servereid erinevatel eraettevõtetel ja asutustel.

Skandinaaviast rääkides iseloomustab neid hästi insenertehniline pädevus, soodsad kliimaatilised olud ning nende kasutamine andmekeskuste hüvanguks ja sõbralik ettevõtlus- ja poliitiline maastik (maksud, poliitiliselt soosivad otsused jms) mida on silmas peetud andmekeskuste rajamisel. Esimesena saabusid andmekeskused Rootsi 1960-ndatel. Peamised kasutajad olid sealjuures munitsipaalasutused ning kasutusalaadeks olid kalkulatsioonid erinevatel eluvaldkondadel. Sellest möödus mitu kümnendit ning tõsiselt lükkas hoo sisse Rootsile Facebooki andmekeskus Luleå's,

mille investeringutega alustati juba 2011. aastal. Õigepea järgnesid riburada pidi ka teised – Amazon, Microsoft ja Google. Andmekeskuse tööstusest olid huvitatud ka teised lähiriigid ning tänaseks on Norra, Rootsil, Islandil, Taanil ja Soomel ette näidata suur portfoolio andmekeskusi. Populaarseks on saanud kunagiste tööstus- ja sõjaväerajatiste kasutamine andmekeskuste hüvanguks. Näiteks Norras kasutab ettevõtte Green Mountain kunagist maa alla rajatud NATO relvaladu ning ettevõtte Lefdal kasutab endist vääriskivide kaevandust. (Saunavaara et al., 2022 lk 4)



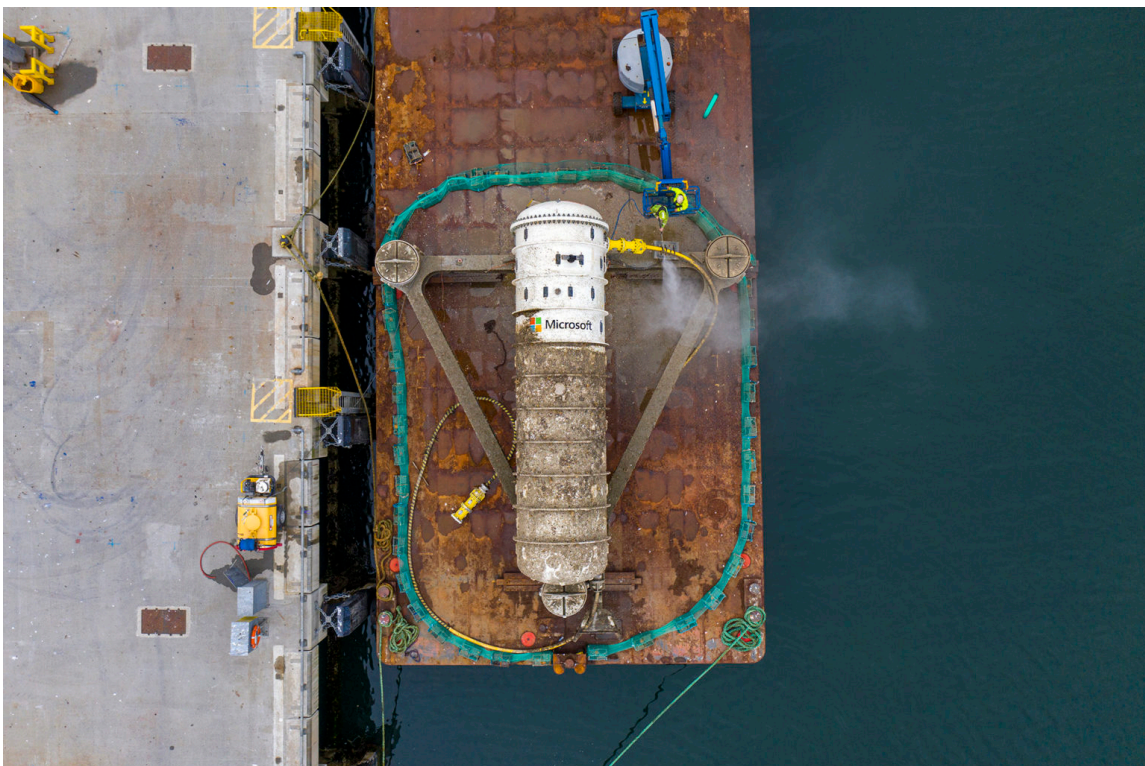
Soome puhul on heaks näiteks Google'i andmekeskus Haminas ja Espoos. Hamina andmekeskus rajati 2009. aastal endisesse Stora Enso paberivabrikusse. Google'i sõnul on tegemist nende kõige energiasäästlikuma andmekeskusega, sest arvuteid jahutatakse veega otse Soome lahest. Helsingis asuv Telia andmekeskuse jääsoojus kütab jahedamal ajal Helsingi kodusid ja muid asutusi. 2020. aastast on Apple'i eesmärk saada aastaks 2030 CO2 neutraalseks ning 2020. aastal rajas Apple oma andmekeskuse Kesk-Taanisse. Investeeringu suuruseks oli 850 miljonit eurot ja pindala 45 000 m². Andmekeskus „jooksutab“ Apple'i rakendusi, sõnumeid ja muid laialtkasutatavaid teenuseid. Andmekeskus pakub igapäevaselt tööd ligikaudu 600-le inimesele. Keskus põhineb 100% tuule- ja päikeseenergial (*Apple Expands Renewable Energy Footprint in Europe, 2020*). Samal aastal sai Google valmis oma andmekeskusega Taanis Fredericia linnas. Esimesest päevast saati töötab keskus CO2 neutraalselt. Näiteks, selle saavutamiseks rajas Google Taani 5 suurt päikeseparki, koguvõimsusega 160MW (*After Two Years of Construction Google Opens Data Center in Fredericia, Denmark, 2020*). Sealhulgas kasutatakse Taani ja Norra vahel veealust elektrikaablit, mis muudab veelgi töökindlamaks ja efektiivsemaks kahe riigi vahelise elektrivõrgu.

Islandi andmekeskustööstus sai hoo sisse pärast 2008. aasta majanduskriisi, mil hakati mõtlema ja soodustama IT-sektori arengut. Endisesse NATO militaarbaasi rajati superarvutite võimsusega andmekeskus, mida kasutavad suurettevõtted Vodafone ja BMW. Islandi suur tugevus on peaaegu 100% taastuvenergia osakaal.

1.4.1 Veealustest andmekeskustest maailmas

Veealuse andmekeskuse lugu sai alguse 2013. aastal, mil üks Microsofti töötaja, endine merejalaväelane, pakkus ideekorje käigus välja, et võiks andmekeskuse paigutada merre. Seoses sellega sai algatatud Project Natick'u nimeline programm. I etapp (*Project Natick Phase 1*) sai alguse 2015. aastal USA-s Kalifornia lähistel ja see kestis 105 päeva – augustist novembrini. Andmekeskus lebas rannikust 1 kilomeetri kaugusel. I etapi eesmärk oli välja selgitada, kas on üldse võimalik ja otstarbekas selline suunitlus anda andmekeskusele. I etapi tulemused olid paljulubavad ning kohe hakati plaanima II etappi (*Project Natick Phase 2*). II etapi eesmärk oli

välja selgitada, kas sellise idee rakendamine logistiliselt, majanduslikult ja keskkonnasõbralikult on otstarbekas. Töö võttis enda kanda pika ajaloo ja kogemustega Prantsusmaa merendusala inseneribüroo Naval Group. Sealjuures seati Microsofti poolt tingimus, et mõõtmelt peaks andmekeskus jääma 40-jalase konteineri mõõtudesse. II etapi katsetusperiood kestis 2018 kevadest kuni 2020 kevadeni. Uus andmekeskus sai mõõtmelt sama suur nagu 40-jalane konteiner, see on 12,2 meetrit pikkust, diameeter 3,18 m ning n-ö kasutatav diameeter 2,8 m. Kandevstruktuuri mõõtmed on 14,3 m pikkust ja 12,7 m laiust (*Microsoft Finds Underwater Datacenters Are Reliable, Practical and Use Energy Sustainably*, 2020)



Joonis 3. Microsoft Project Natick 2. Üldvaade. (*Microsoft Finds Underwater Datacenters Are Reliable, Practical and Use Energy Sustainably*, 2020)

Asukohaks valiti Euroopa Merenduse Energiakeskus (*European Marine Energy Centre*) Šotimaal Orkney saarte läheduses, rannikult 7 km kaugusel ja 35,6 m sügavusel. Andmekeskuses kasutati Elektrit kasutati 100% kohalikest allikatest – päikesepargid, tuulepargid ja laineenergia. Ruumis kasutatakse 12 püstraami, mis kokku mahutab 864 serverit. See on 27,6 petabaiti mälu mahtu. Inimese ligipääsetavuse tõttu kasutatakse töökindluse nimel hapniku asemel lämmastikku. Elektrit tarbib server ligikaudu 240 KWh. Server on suuteline kasutusvalmis olema vähem kui 90 päevaga. Planeeritud tööiga (ilma hoolduseta) on 5 aastat, tulevikus soovitakse hakkama saada 20

aastase hooldusvälbaga. Jahutustööpõhimõte on klassikaline vesijahutus – silindri/aluse sisemusse on paigaldatud torud, läbi mille jookseb merevesi otse radiaatorisse ning sealt liigub vesi tagasi merre. Kaheaastasel testperioodil mõõdeti ja uuriti alusel erinevaid aspekte – energiatarbimine, niiskustase, temperatuurid, helitase jms (Simon, 2018 lk 3)



Joonis 4. Project Natick 2 sisemus (Microsoft Finds Underwater Datacenters Are Reliable, Practical and Use Energy Sustainably, 2020)

Project Natick 3 pole ametlikult veel hoogu sisse saanud, kuid Microsoft on patenteerinud idee tegemaks n-ö korallrahu, aga korallide asemel oleksid serverid. Tegemist oleks 300 m pikkuse terasraamiga, mis mahutab 12 silindrit/andmekeskust enda külge ning mille koguvõimsus on 5MW. Terasraami kannaksid kaks suurt ballasti mis on õhuga täidetud ning see tagaks võimaluse ilma kõrvalise abita serverid vee peale tõsta või uuesti vette langetada

2022 veebruaris alustas Hiina ettevõtte *Chinese Offshore Oil Engineering Company* (COOEC) koostöös ettevõttega Highlander maailma esimese erasektori andmekeskuse ehitamisega, Hainani saare lähisteles Hiinas. Keskus rajatakse 20 m sügavusele. Plaanis on rajada ca 100 korpust/silindrit ning igaüks neist mahutaks mõnikümmend serverirakist. Energiaallikas oleks Hainani tuumaenergiajaam. COOEC pressiteates mainitakse, et iga korpus kaalub koos kandevkonstruktsiooniga 1300 t. (*China's Highlander Completes First Commercial Underwater Data Center, Looks for Exports - DCD, 2023*)

2021. aasta 1. septembril asutati USA-s ettevõtte *Subsea Cloud Inc.* 2023 jaanuari seisuga on ettevõttel juba kolm prototüüpi aktiivses tööfaasis – Washingtoni osariigi rannikul, Mehhiko lahes ja Norra rannikul. Ettevõtte ehitab, paigaldab ja hooldab veealuseid andmekeskuseid. Kodulehel kirjeldatakse seda kui taristu loomist, mida saab välja üürida või müüa. Kasutatakse moodulserverit, s.o 20' ja/või 40' konteinerit. Antud lahenduse eelisteks on hõlpsam hooldus ja seda on lihtsam n-ö kokku pakkida ja transportida ning paigaldada. Võtmetähtsus peitub *Subsea Cloud*'i puhul selles, serverite jahutamiseks kasutatakse dielektrilist vedelikku, mis aitab oluliselt parandada ja efektiivsemaks muuta serverite jahutust. Seda tehnoloogiat tutvustab autor hiljem, peatükis 1.8.



Joonis 5. *Subsea Cloud* veealune andmekeskus. (*Subsea Cloud Announces Three Underwater Data Center Projects - DCD, 2022*)

1.5 Veealuse andmekeskuse kontseptsioon ja SWOT analüüs

Veealuse andmekeskuse puhul on tegemist vee alla paigaldatud alusega, mis on täidetud serveritega ning mille jahutussüsteem kasutab jahutuseks merevett. Veealune andmekeskus moodustub plokkidest/moodulitest (mis omakorda asuvad konteineri sees), mis on täidetud serveritega ning mis omakorda kinnituvad aluse külge või asuvad aluse sees.

Paigutades andmekeskuse vee alla, siis kannab jahutuskulude eest hoolt merevesi. Seeläbi on võimalik vähendada energiakulusid kuni 40%, ettevõtte *Subsea Cloud* näitel. Enam kui pool maailma rahvastikust elab ranniku ääres või rannikust ligi 200 km kaugusel. Paigutades andmekeskused merre, linnade lähedusse, annab see võimaluse andmetel korruga maha „rännata“ palju lühema distantssi, seeläbi vähendades peitaega (*inglise k. „latency“*) ja tõstes, näiteks, pilveteenuse kvaliteeti.

Autor toob veealuse andmekeskuse head ja vead välja kasutades SWOT analüüsi, mis annab hea pildi veealusest andmekeskusest. SWOT koosneb neljast komponendist: 1) *Strengths* – Tugevused; 2) *Weaknesses* – Nõrkused; 3) *Opportunities* – Võimalused ja 4) *Threats* – Ohud.

1.5.1 Tugevused

Veealuse andmekeskuse eelisteks tuuakse välja madal elektrienergia tarbimine, s.o ligi 40% väiksemad jahutuskulud. Paljud andmekeskused kasutavad jahutuseks põhjavett, mis kurnab kohalikku veesüsteemi. Jahutuseks vajalik keskkond ongi merevesi ning see välistab värske magevee tarvitamise. Puudub NIMBY (*not-in-my-backyard*) mõju. Paigaldades aluse vee põhja ei takista see kellegi vaatevälja. Microsoft Project Natick 2 näitel suudeti PUE tase tuua 1,07-ni. Ideaalne PUE tase on 1,0. See tähendab, et kõik energia kulub puhtalt serverite töös hoidmisele. 2020. aastal andmete järgi oli keskmine PUE tase 1,59 (Lee et al., 2022 lk 1). Veel saab välja tuua madalamad ehituskulud võrreldes konventsionaalse andmekeskusega ning suurem töökindlus, kasutades veealuses keskkonnas hapniku asemel lämmastikku või sukeljahutustehnoloogiat. Veealune eraldatud keskkond välistab ligipääsu inimesele ning seeläbi ka (füüsilised) inimtekkelised vead. Korpusena on võimalik kasutada konventsionaalset 20' või 40' jalast (vastavalt siis 6 m või 12 m pikkune) konteinerit. Autor väidab, et julgeoleku aspektist võib olla konteinerit raskem hävitada või füüsiliselt liigutada veealuses keskkonnas, s.h üles leida asukoht.

1.5.2 Nõrkused

Üks nõrkusi on kindlasti inimligipääsu puudumine serveritele töö faasis. Ligipääsu on võimalik kohaldada, kuid see võib osutuda otstarbetult kalliks kogu selle kontseptsiooni juures ning maha mängida eelised. Hoopis parem lahendus oleks kasutada täispuhutavaid pontoone – saab tõsta andmekeskust vastavalt vajadusel veepinnale, seejärel hooldada ning taas uputada merepõhja.

Kulude mõttes on puuduseks merepinna täiendavate uuringute läbiviimine. Sõltuvalt rajatava andmekeskuse suuruselt oleks hea elektrialajaama vahetuslähedus ehk siis varustuskindlus. Merendusega seotud tehnoloogia on üldjuhul tihtipeale kallim. Võib juhtuda, et vajalik kaabeldus on tarvis mere põhja kaevata, et ei oleks ohtu välistele vigastustele. Kasutades serverikorpuses õhku peab sisemus olema ühtlaselt survestatud. Parem meetod oleks kasutada sukeljahutustehnoloogiat, mis elimineeriks selle probleemi. Peab veenduma, et ka kõik arvutikomponendid arvestaks sellega, et kuhugile ei jääks hapnikku „lõksu“. Lahenduseks oleks sama rõhu hoidmine korpuses.

Skandinaavia on populaarseks saanud andmekeskuste rajamisega ning pakub tugevat konkurentsi. Sobivad tingimused – jahe kliima, palju taastuvenergiat ja mitte nii tihe inimasustus soosivad andmekeskuste rajamist.

1.5.3 Võimalused

Tulenevalt eelmainitud veealuse andmekeskuse tugevustest on võimalik kõrgem energiaefektiivsus ning seeläbi ka võimsamate serverite kasutamine. Moodulplatvormi kasutamine annab võimaluse olla paindlik ning standartsed mõõtmed hõlpsalt transportida andmekeskust. Veealune keskkond annab pea täieliku eraldatuse, nii ohutuslikus kui ka füüsilises aspektis. Ettevõtted, kes soovivad täiesti eraldatult hoida oma andmeid oleks see hea võimalus. Autori arvates saaks hea sünergia tekitada rajatavate meretuuleparkidega. Autori arvates kui nii kui nii ollakse tegemas KMH ja merepõhja analüüse, siis seda targem oleks tuulikute vahele paigutada andmekeskused ning ära kasutada meretuulepargi territooriumi. Kõik taristu sisuliselt tuuakse kätte – mere- ja internetikaablid ning alajaamade lähedus mandril. Sama kehtib ka ehitusloa saanud Paldiski pump-hüdroakumulatsioonijaama kohta, milles annaks teoreetiliselt ära kasutada alajaama lähedust ning merre rajatava taristu olemasolu ja sellega seotud uuringuid ja planeerimist. Võimalusi peitub ka teadustöös. Merebioloog Jonne Kotta sõnustas oleks otstarbekas rakendada veealuse andmekeskuse puhul hüdroloogilisi mõõteriistu, saamaks merepõhja keskkonna kohta erinevaid teaduslikke andmeid koguda. Lisaks sellele võib andmekeskusest saada pelgupaik vee-loomastikule, seda näitas ka Microsoft Project Naticku programm. Arvestades Läänemere kõrget eutrofeerumise taset, siis üks viis eutrofeerumist vähendada on tegeleda vesiviljelusega – potentsiaalne mõtlemiskoht on, lisaks serveripargile ja miks mitte ka meretuulepargi alale rajada karbikasvatus. Karbid filtreerivad merevett – lõpuste ja suusagarate keerulise ripsmehhanismi abil

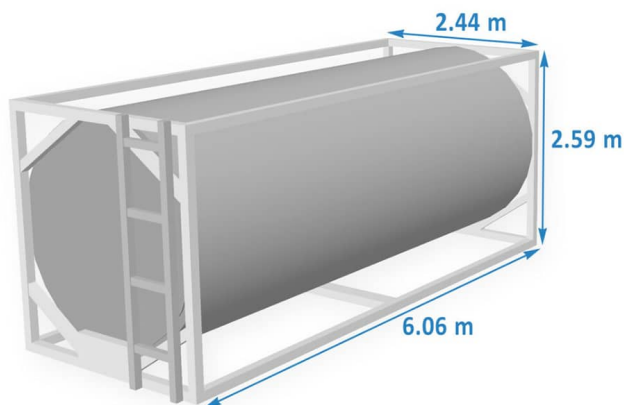
filtrerivad karbid veest toitu ja seeläbi ka puhastavad vett (Lauringson & Möller, 2013, lk 5). Eelmainitud võimalusi tutvustades on võib öelda, et veealusel andmekeskuse puhul on tegemist ka Läänemere heaseisukorra saavutamise eesmärgiga.

1.5.4 Ohud

Madalama energiakulu võib n-ö tasa teha hoolduskulu. Nimelt kui on tarvis laevaga iga kord eraldi serveri juurde sõita, siis see võib nullida madalama kulu eelise. Jällegi, sõltub ka kliendist ja ärimudelitest. Tegemist on uudse lähenemisega andmekeskuse turul ning turg ei pruugi seda omaks võtta, kui ei suuda õigustada/enda jaoks tööle panna energiatõhusust või korraldada kuluefektiivset hooldusprotsessi. Keskkonna vaatelisest aspektist ei tohi andmekeskus lekkida dielektrilist vedelikku ning kasutatud materjalide elutsükkel peaks olema lõpuni läbi mõeldud – et kasutatud materjalid oleksid taaskasutatavad, kuid samas peaksid vähemalt 20 aastat merepõhjas vastu.

1.6 Riistvara ja tehnoloogia

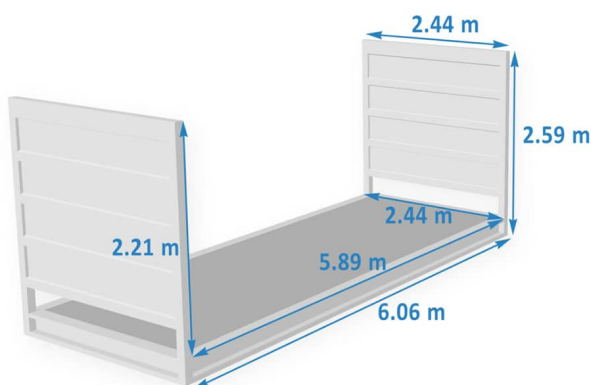
Arvutiriistvara on aastatega stabiilselt arenenud ning riistvara spekter on lai. Varieeruvad nii hinnaklassid, tehnoloogiad kui ka värsked, alles ennast tõestama hakkavad tehnoloogiad. Sisuliselt on veealuse andmekeskuse arvutiriistvara on sarnane konventsionaalse maapealse andmekeskusega. Piirid paneb ette antud töös kasutatav veealuse andmekeskuse korpus ehk konteinerimõõtmed, kuid mitte tingimata – konteinereid saab mooduliteks kokku ühendada ning seeläbi edukalt kasvatada serverite arvu. Esialgu, prototüübiks sobiks hästi 20-jalane (SI-süsteemis 6 meetri pikkune) konteiner, täpsustatult siis kas 20' paakkonteiner (joonis 10) või 20' lamealus konteiner (joonis 11).



Välismõõtmed		
Pikkus	Laius	Kõrgus
6.06m	2.44m	2.59m
20'	8'	8' 6"

* Tellimisel ja saadaval kõik mõõdud

Joonis 6. 20' Paakkontainer. ('Konteinerite mõõtmed', n.d.)



Välismõõtmed			Sisemõõtmed			Ukseava		Ruumala	Tühikaal	Kandevõime	Täismass
Pikkus	Laius	Kõrgus	Pikkus	Laius	Kõrgus	Laius	Kõrgus				
6.06m	2.44m	2.59m	5.89m	2.44m	2.21m	-	-	31.8m ³	~2740kg	~27430kg	~30480kg
20'	8'	8' 6"	19' 4"	8'	7' 3"	-	-	1122ft ³	~6041lbs	~60473lbs	~67197lbs

* Flat konteiner sobib ülegabariidilise veose veoks

Joonis 7. 20' lamealus konteiner. ('Konteinerite mõõtmed', n.d.)

Tuginedes Microsofti Project Natick 2 paakkonteinerile, mis on umbes täpselt samade mõõtetega nagu 40' konteiner, siis oleks võimalik 20' paakkonteinerisse mahutada ca 16 serverirakist – see teeb kokku ca 370 serverit. Paakkonteineris kasutatakse samu printsiipe, mis Project Natick 2 puhul – inertse keskkonna tagamiseks täidetakse serveriruum lämmastikuga ning arvutite jahutamisel kasutatakse õhk-vedelik tüüpi soojusvahetit. Ventilaatorid tõmbavad jaheda merevee torudesse, see liigub omakorda läbi jahuti ning sealt tagasi merre. Üsna tõhus ja lihtne ning ennast tõestanud tehnoloogia. Project Natick 2 puhul saavutati oluline energiaefektiivsusindikaatori ühikuks 1,07.

Tõsi, ülmodernsed maapealsed andmekeskused (näiteks Google) suudavad saavutada kohati tulemusi (PUE) 1,12 lähedale (Blosch, 2021 lk 33).

20' lamealus konteiner pakub erinevat tehnoloogilist lähenemist serverite jahutamiseks. Viimastel aastatel kasutatakse serverite jahutamiseks veelgi efektiivsemat moodust, nimelt vedeliksukeljahutust (*inglise k. liquid immersion cooling*). Sukeljahutuse puhul uputatakse serverid ülenisti dielektrilisse vedelikku. Dielektrilist vedelikku jahutab merevesi. Võrreldes vedelikjahutusega hoiab sukeljahutus serverid veelgi madalamal temperatuuril ning võimaldab lahti saada pumpades ja vähendab muude jahutuskomponentide osakaalu. Lisaks sellele on sukeljahutuses kasutatav dielektriline vedelik keskkonnasõbralik, lõhnatu ja värvitu.

1.6.1 Vedeliksukeljahutus (*immersion liquid cooling*)

Vedeliksukeljahutus (ka vedelikkümbeljahutus) püüab saavutada seda, mida ei ole võimalik saavutada õhkjahutusega ega hübriidjahutusega. Antud tehnoloogia puhul on komponendid sukeldatud dielektrilisse vedelikku, sealjuures dielektrik ei juhi elektrit, vaid toimib isolaatorina. Võtmetähtsus antud tehnoloogia puhul seisneb selles, et dielektriliste vedelike soojusmahutavus on umbes 1300 korda suurem võrreldes õhuga. See tähendab, et üks liiter dielektrilist vedelikku suudab transportida sama palju soojust kui 1300 liitrit õhku. Dielektriline vedelik kujutab endast mineraalidel baseeruvat õli või sünteetilist jahutusvedelikku. Vedelik eemaldab täielikult kõikidelt komponentidelt kuumuse, välistades õhu vajaduse. Vedeliksukeljahutust on kahte tüüpi: ühefaasiline ja kahefaasiline. (Blosch, 2021 lk 27)

1.7 Keskkond

Mereökoloogia professori Jonne Kotta hinnangul on eelpool välja toodud konteinerandmekeskuse merepõhja paigutuse puhul suhteliselt väikse keskkonna jalajäljega keskkonnale. Peab veenduma, et andmekeskus ei leki mingit pidi ning kasutatud materjalid oleks võimalikult keskkonna sõbralikud, s.o materjalide kasutus ning eriti peab tähelepanu pöörama dielektrilise vedeliku kasutamisele, hoolimata sellest, et toodetakse keskkonnasõbralikke ja ohutuid dielektrilisi vedelikke. Kotta hinnangul annaks ära kasutada veealuse andmekeskuse puhul konteineri staatilisust mere põhjas, teaduslike mõõtmiste ja monitoorimiste huvides – tehniliselt oleks täiesti

tehtav koos konteineriga merepõhja sättida vajalikud instrumendid ning anda edasi hüdrometeoroloogilisi andmeid.

Tallinna Linnavalitsuse planeeringute alase juhtivspetsialisti ning haljastuse ja keskkonnahoiu osakonna ametnike Kärt Talimaa-Eelmaa ja Kai Künnis-Berese hinnangul võiks andmekeskus asuda vabalt ka rannikul. Sedasi saaks merevett kasutada ning jääksoojus suunata majapidamistesse või küttevõrku. Arvestades rohepöörde aspekti, siis eraldub veeluse andmekeskuse puhul jääksoojus merevette.

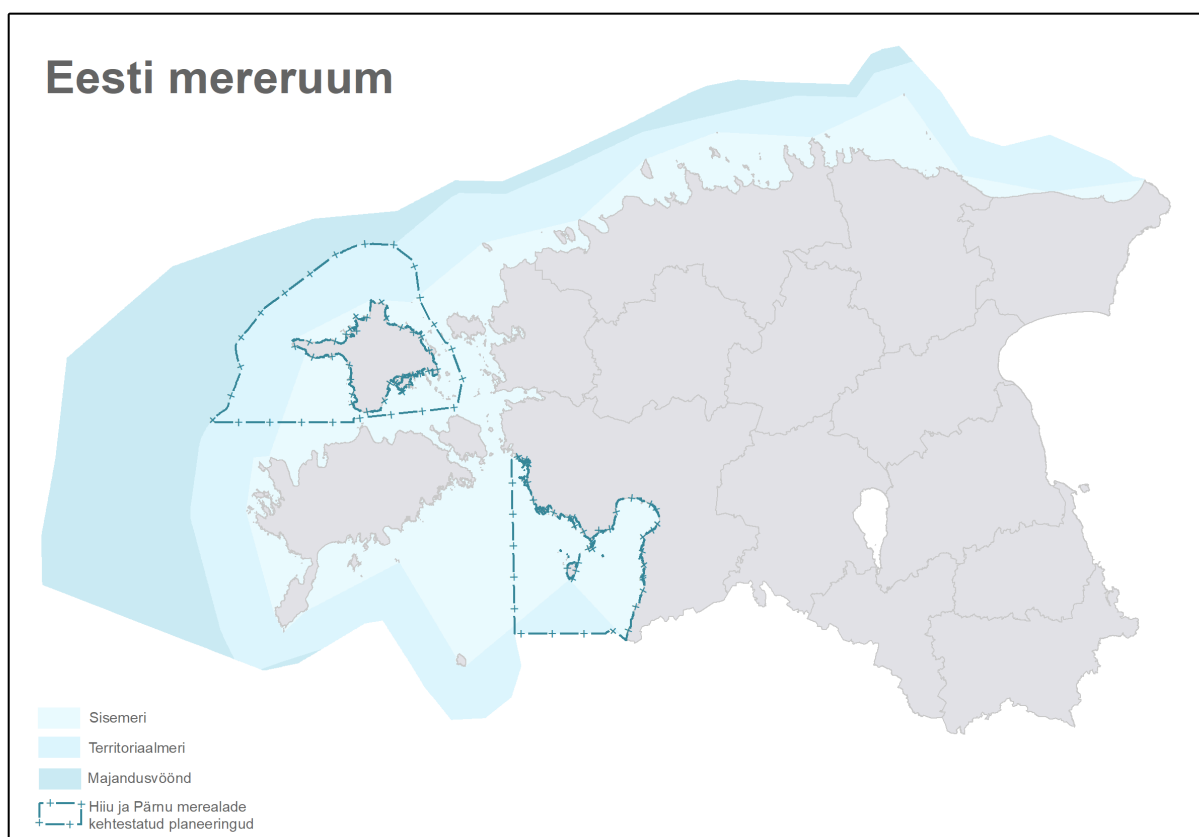
2 Veealuse andmekeskuse võimalikkusest Eesti mereala planeeringus

2.1 Eesti mereala planeering

Vabariigi Valitsus kehtestas mereala planeeringu 12. mail 2022 korraldusega nr 146. Planeeringu alusel toimub edaspidi merel tegevuste korraldamine. Planeering reguleerib erinevate valdkondade tegevusi, seab kooskasutuse põhimõtted ning avab perspektiivid uutele merekasutusviisidele. Paralleelselt jäävad kehtima Pärnu ja Hiiu merealade varem kehtestatud planeeringud.

Mereala planeerimise eesmärk on leppida kokku Eesti mereala kasutuse põhimõtetes pikas perspektiivis, et panustada merekeskkonna hea seisundi saavutamisse ja säilitamisse ning edendada meremajandust. Vajaduse koostada planeering mereala intensiivistuva kasutuse reguleerimiseks sätestab Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiiv 2014/89/EL, millega kehtestatakse mereala ruumilise planeerimise raamistik. Planeeringu koostamise ja kehtestamisega on Eesti täitnud eelnimetatud direktiivist tuleneva nõude. Kõikide erinevate merekasutusviiside mereruumi mahutamiseks määrati planeeringuga kindlaks, millistes piirkondades ja millistel tingimustel saab merealal tegevusi ellu viia. Planeeringuga antavad suunised ja seatavad tingimused on edaspidi aluseks Eesti mereala puudutavatele otsustele. See toob praeguse üksikotsustel põhineva praktika muutuse, kuna peale mereala planeeringu kehtestamist on olemas nii üldpõhimõtted kui ka selged suunised ja tingimused, kuidas tegevusi ruumiliselt kavandada saab. Järgmises etapis tehtavate uuringute tulemusel selgub konkreetse asukoha eripära ja tehnoloogilisi lahendusi arvestades, millises mahus ja parameetritega ning kuhu täpselt planeeringus määratud alade sees on võimalik erinevaid objekte rajada. Arvestades, et planeeringu koostamisel, sealhulgas mõjude hindamisel on lähtutud nn reastamise põhimõttest, annab planeering raamistiku edasisteks tegevusteks. Seetõttu antakse planeeringuga suunised ja seatakse tingimused, millest tuleb lähtuda järgnevates etappides (eelkõige hoonestus- ja ehituslubade menetlemisel). Lisaks on planeeringu koostamisel arvestatud ja hinnatud erinevate tegevuste koosmõju, mis loob alused merealal paralleelselt toimuvate tegevuste, sealhulgas taastuenergia kasutusvõimaluste laiendamisele tulevikus (*Üleriigilise Planeeringu Eesti Mereala Ja Sellega Piirneva Rannikuala, Samuti Majandusvõõndi Teemaplaneeringu Kehtestamine–Riigi Teataja*, 2022).

MKM-i meremajandusosakonna juhataja Jaak Viilipuse sõnul saab väita, et mereala planeeringu puhul alusseadus ei ole korras. Näiteks, mereala piiride seadus on aastast 1993 uuendamata. Niisamuti on ka majandusvööndi seadus puudulik, sest puudu on mandrilava seadus. Eesti õigusraamistikus on viide mandrilava seadusele majandusvööndi seaduse teise paragrahvi kolmandas lõikes, mis sätestab, et merepõhja ja selle all oleva maapõue loodusvarade kasutamist ja kaitset reguleerib mandrilava seadus. MKM-i arengukavas „Eesti merenduspoliitika 2021 – 2020 tuuakse puudusena välja sisemere ja territoriaalmere all asuva merepõhja ja mandrilava seaduse puudumist, mis reguleeriks nii merekeskkonna merepõhja kui ka selle all asuva maapõue uurimist ja kasutamist erinevatel eesmärkidel ja määratleks pädevad riigiorganid ning nende volitused (*Merenduspoliitika_2011_2020_eelnou.Pdf*, 2011 lk 58). Majandusvööndi seaduse jäeti mandrilava seadus kehtestamata ajalise surve tõttu. Äsja taasiseseisvunud Eesti majanduslikes huvides oli võimalikult kiiresti majandusvööndi seadus kehtestada, et kindlustada Eesti osa Läänemere kalapüügikvootides. Mandrilava regulatsioon võiks tänapäeval olla ühendatud mõne teise merevööndi regulatsiooniga, näiteks majandusvööndi ja mandrilava seadusega või merevööndite seadusega.



Joonis 8. Eesti mereruumi kaart. (Eesti mereala planeeringu lähteseisukohad ja mõjude hindamise väljatöötamise kavatsus, 2018)

2.2 Seadusandlus

Veealuse andmekeskuse rajamist vahetult Eesti Vabariigi õigusaktid ei reguleeri. Autor toob järgnevates peatükkides välja kuidas üks või teine õigusakt kaudselt reguleerib veealuse andmekeskuse rajamist Eesti merealal (potentsiaalsetes asukohtades).

2.2.1 Veeseadusega seonduvast

§ 9 sätestab, et rannikuvesi on merelähedane merevesi maismaa pool joont, mille iga punkt on ühe meremiili kaugusel mere pool lähimast punktist lähtejoonel, millest mõõdetakse territoriaalmere laiust ja mis ulatub siirdevee olemasolu korral siirdevee välispiirini. 1 miil = 1,85 kilomeetriga.

§ 71 lõige 1 sätestab, et mereala keskkonnaseisund on mereala keskkonna üldine seisund, mille määramisel võetakse arvesse sellesse merealasse kuuluvate mereökosüsteemide struktuuri, funktsiooni ja protsesse koos looduslike geomorfoloogiliste, geograafiliste, bioloogiliste, geoloogiliste ja kliimaatiliste teguritega, samuti füüsikalisi, akustilisi ja keemilisi tingimusi, sealhulgas neid, mis tulenevad inimtegevusest merealal või sellest väljaspool.

§ 119. Tegevuse piiramine looduskaitsevööndis lõige 5 sätestab: ehitamine, välja arvatud juhul, kui see on kooskõlas käesoleva seaduse § 118 lõikes 1 nimetatud eesmärgiga ning looduskaitseaduses sätestatud ranna- ja kaldakaitse eesmärkidega. Samas, § 118 lõige (5) veekaitsevööndit ei ole järgmistel veekogu kalda- või rannaaladel: 1) õiguslikul alusel rajatud sadamaala, kalda- või rannakindlustuse ala.

§181. Veekaabelliinide ja torujuhtmete merre paigaldamine

- (1) Merre võib paigaldada veekaabelliine ja torujuhtmeid, mis ei takista veekogu tavapärast kasutamist ega kaota oma tarbimisväärtust ebaotstarbekalt lühikese aja jooksul, lähtudes põhimõttest, et veekogu mõjutatakse võimalikult vähe.

- (2) Veekaabelliine ja torujuhtmeid tuleb käitada viisil, mis hoiab ära keskkonnoahu ning tekitab võimalikult vähe keskkonnahäiringuid.

§196. Veekeskkonnariskiga tegevuse registreerimine lõige 2 punkt 13: veekogusse ehitamisega kaasnevad tegevused

2. jagu. Hüdrogeoloogiliste tööde tegevusluba

§ 208. sätestab, et hüdrogeoloogiliste tööde tegijal peab olema loakohustus. Veealune andmekeskus hõlmab endas merepinna hüdrogeoloogilisi töid ning selleks on vaja tegevusluba järgnevateks toiminguteks:

- 1) hüdrogeoloogilised uuringud
- 2) hüdrogeoloogiline kaardistamine
- 3) puurkaevude ja -aukude projekteerimine

§ 209 Hüdrogeoloogiliste tööde tegija tegevusloa kontrolliese. Lõige (1) sätestab sisuliselt, et tegevusluba antakse ettevõtjale kes on omal alal pädev ja kvalifitseeritud selliseid töid tegema.

8. peatükk „Avaliku veekogu ehitisega koormamine“ § 215 - avaliku veekogu kaldaga püsivalt ühendatud ehitisega koormamise tasu. Kas veealune ehitis, mis on ühendatud veealuse kaabliga on kaldaga püsivalt ühendatud ehitis? Või on tegemist kaldaga püsivalt ühendamata ehitisega?

11. peatükk „Mereuuringuluba“. Lõige 1 sätestab, et käesoleva seaduse tähenduses on tegemist Eesti Vabariigi territoriaalmeres või majandusvööndis läbi viidav elusa või eluta loodusvara teaduslik uuring teadmiste suurendamiseks merekeskkonnast ÜRO mereõiguse konventsiooni XIII osa tähenduses.

(Veeseadus–Riigi Teataja, 2019)

2.2.2 Ehitusseadusega seonduvast

§ 2 sätestab, et käesolev seadustik kehtib ka territoriaalmeres ja majandusvööndis. § 3 lõige (1) sätestab, et ehitis on inimtegevuse tulemusel loodud ja aluspinnasega ühendatud või sellele toetuv asi, mille kasutamise otstarve, eesmärk, kasutamise viis või kestvus võimaldab seda eristada teistest asjadest. Samuti sätestab ka lõige (4), et ajutine ehitis on lühemaks kui viieaastaseks kasutamiseks mõeldud ehitis, mis lammutatakse selle ajavahemiku möödumisel.

PlanS § 125 lõikes 5 on toodud võimalus, et teatud tingimuste olemasolul võib nimetatud paragrahvi lõikes 1 ja 2 toodud üldplaneeringu kohase detailplaneeringu koostamise kohustuse nõudest loobuda, andes välja projekteerimistingimused.

PlanS § lõike 5 alusel võib KOV lubada püstitada või laiendada projekteerimistingimuste alusel olemasoleva hoonestuse vahele jäävale kinnisasjale ühe hoone ja seda teenindavad rajatised, kui:

1. Ehitis sobib mahuliselt ja otstarbalt piirkonna väljakujunenud keskkonda, arvestades sealhulgas piirkonna hoonestuslaadi;
2. Üldplaneeringus on määratud vastava ala üldised kasutus- ja ehitustingimused, sealhulgas projekteerimistingimuste andmise aluseks olevad tingimused ning ehitise püstitamine või laiendamine ei ole vastuolus ka üldplaneeringus määratud muude tingimustega.

(Korduvad Küsimused - Planeerimine.Ee, n.d.)

PlanS § 125 lõikes 5 toodud tingimused on jagatud kaheks punktiks, kus kõigepealt tuleb tuvastada ehitise sobivus olemasolevasse olukorda ehk tegelikkusesse ja teiseks peab kavandatav ehitis olema kooskõlas KOV ruumilist arengut suunava üldplaneeringuga. Detailplaneeringu kohustusest loobumise puhul on oluline ka tingimuste koosmõju: iga tingimuse üksikuna ei ole piisav alus erandi kasutamiseks. Seega peavad nii preambulas kui punktis 1 ja punktis 2 toodud alused esinema samaaegselt. Ka planeerimisseaduse eelnõu juurde koostatud seletuskiri märgib, et tegemist on erinormiga ehk erisusega üldisest detailplaneeringu koostamise kohustusest, mida saab rakendada sättes toodud kõigi nõuete täitmisel (*Korduvad Küsimused - Planeerimine.Ee, n.d.*)

Töö autor arvab, et realselt oleks üks variant hoida andmekeskust hoida vee põhjas pisut vähem kui viis aastat ning seejärel tõsta andmekeskus maale, värskendada riistvara ja seejärel taas andmekeskus vette tööle panna.

§ 113¹ sätestab, et hoonestusluba on tähtajaline õigus koormata avaliku veekogu piiritletud ala selle põhjaga püsivalt ühendatud ehitisega, mis ei ole püsivalt ühendatud kaldaga. Riik ei pea avaliku veekogu ehitisega koormamiseks taotlema hoonestusluba. § 113¹⁵ lõige (1) sätestab, et hoonestusluba kehtib kuni 50 aastat. § 113²¹ Hoonestustasu lõige (1) sätestab, et avaliku veekogu koormamise korral kaldaga püsivalt ühendamata ehitisega peab ehitise omanik igal aastal maksma hoonestustasu. Lõige (2) Hoonestustasu suurus on neli protsenti ehitise kasutamise

otstarbele vastava sihtotstarbega maa Eesti keskmise väärtuse alusel arvutatud hinnast ja see arvutatakse avaliku veekogu koormatava ala pindalast lähtudes.

Samuti tuleb hoonestusluba taotleda vees asuvale ja kaldaga ühendatud tehnovõrgule (näiteks torujuhe või veekaabelliin). Selliseks ehitiseks võib olla näiteks elektri- või sidekaabelliin, mis kulgeb läbi mere või jõe.

Kärt Talimaa-Eelmaa hinnangul veealune andmekeskus ei vaja teemaplaneeringut. Objekti saab rendilepingu ja projekteerimistingimuste põhjal rajada merepõhja.

2.2.3 Planeerimisseadusega seonduvast

§ 1. Seaduse eesmärk ja reguleerimisala. (1) Käesoleva seaduse eesmärk on luua ruumilise planeerimise (edaspidi *planeerimine*) kaudu eeldused ühiskonnaliikmete vajadusi ja huve arvestava, demokraatliku, pikaajalise, tasakaalustatud ruumilise arengu, maakasutuse, kvaliteetse elu- ning ehitatud keskkonna kujunemiseks, soodustades keskkonnahoidlikku ning majanduslikult, kultuuriliselt ja sotsiaalselt jätkusuutlikku arengut. Seadus sätestab planeerimise põhimõtted ning nõuded planeerimismenetlusele ja planeeringu elluviimisele.

Planeerimisel hõlmatakse nii maa- kui ka veeala, õhuruumi ja maapõue. Käesolevat seadust kohaldatakse seaduses sätestatud juhtudel.

(*Planeerimisseadus–Riigi Teataja*, n.d.)

Planeerimisseadus sätestab § 125 lõikes 1, et detailplaneeringu koostamine on muuhulgas nõutav linnades, alevites ja alevikes ning nendega piirnevas avalikus veekogus ehitusloakohustusliku olulise avaliku huviga rajatise või muu olulise huviga avaliku huviga rajatise püstitamiseks. Avalikku huvi saab eeldada, kui tegu on näiteks kohaliku arengu seisukohast olulise rajatise, nagu laululava, spordistaadion vms rajatisega. Seega annab planeerimisseaduse eelnõu seletuskiri mitmeid aluseid, kuidas otsustada, kas rajatis on olulise avaliku huviga või mitte. Seadusandja ei ole olulise avaliku huviga rajatisele andnud legaaldefiniitsiooni, see on määratlemata õigusmõiste, mis tuleb kohalikul omavalitsusel kui planeerimisalase tegevuse korraldajal igakordselt sisustada. Oluline on vaadelda erinevaid aluseid koosmõjus ja kaaluda neid vastavalt planeerimise põhimõtetele ja eesmärkidele. Need on järgnevad (lühendatud kujul, v.a punkt 2):

1. Avaliku huviga rajatise mõiste sisustamisel peab kohalik omavalitsus analüüsima rajatisest tuleneva mõju suurust, ulatust, intensiivsust ja kestvust.
2. Kindlasti on oluline analüüsida, milline on üldsuse huvi rajatise ehitamise vastu. Olulise avaliku huviga rajatiseks võib pidada selliseid rajatiseid, mis on pälvidad avalikkuse tähelepanu oma erakordsusega, näiteks ei ole selliseid ehitiseid varem ehitatud, või just vastupidi, neid on varem ehitatud ja on teada, et need on seetõttu avalikkuse huviorbiidis.
3. Teatud ehitised on loetud kõrgendatud ohuga ehitisteks (kõrgendatud ohu mõiste on toodud korraaitseaduses).
4. Suur külastajate hulk on veel üks märksõna, mis võib iseloomustada olulise avaliku huviga rajatist.

2.2.4 Meresõiduohutuse seadusega seonduvast

§ 48 ehitustegevus veeteel ja navigatsioonimärgi läheduses ning kinnisomandi kasutamise kitsendused navigatsioonimärgi mõjupiirkonnas

- (1) Ehitustegevust veeteel või navigatsioonimärgi vahetus läheduses või mõjupiirkonnas piiratakse, kui ehitustegevust piiratakse, kui ehitustegevus kahjustab meresõiduohutust või sisevetel sõidu ohutust.
- (4) Navigatsioonimärgi lähedusse või mõjupiirkonda on keelatud paigaldada tulesid, mis segavad navigatsioonimärgi eristamist. Transpordiameti ettekirjutusel või sadamakapteni nõudmisel tuleb segavad tuled eemaldada.
- (5) Silla, õhuliini, veealuse kaabli, torujuhtme või muu sellise rajatise on selle omanik kohustatud veeteel tähistama Transpordiameti nõudmisel.

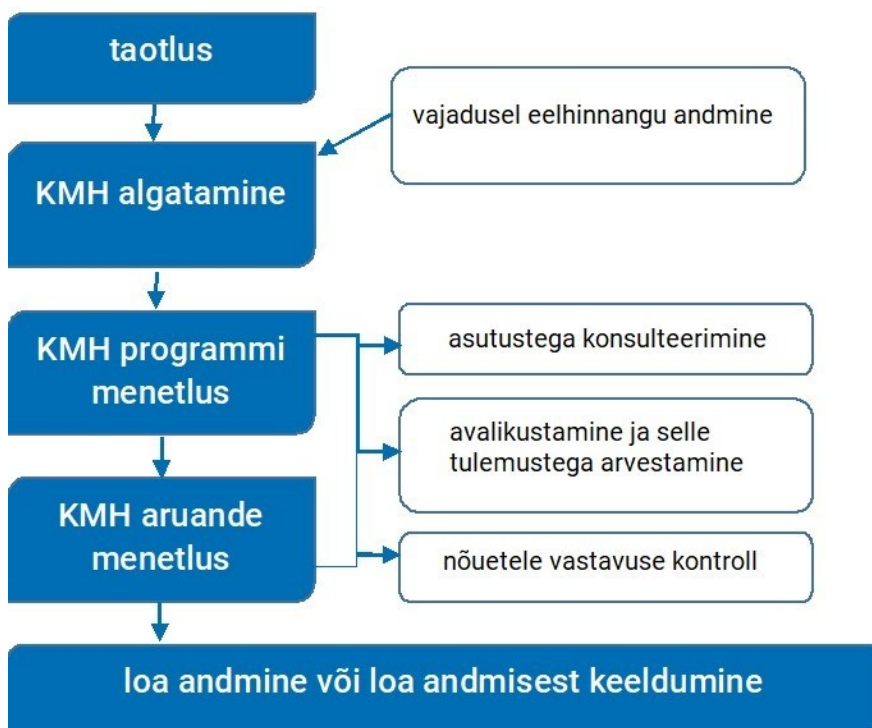
(Meresõiduohutuse Seadus–Riigi Teataja, n.d.)

2.3 Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadusega seonduvast

Vähemal või suuremal määral kaasneb iga inimtegevusega mõju ümbritsevale keskkonnale. Mõjude ennetamiseks ja leevendamiseks on vajalik juba tegevust kavandades neid hinnata. Keskkonnamõju hindamine on keskkonnakorralduslik tööriist, mida kasutatakse tööstuse ning

suuremahuliste objektide planeerimisel, infrastruktuuri kavandamisel ja tegevuslubade väljastamisel. Mõju hindamine on kohustuslik, kui kavandatakse keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seaduse § 6 lõige 1 nimetatud tegevust.

Keskkonnamõju on oluline kui see võib 1) eeldatavalt ületada mõjuala keskkonnataluvust; 2) põhjustada pöördumatuid muutusi; ja 3) seada ohtu inimese tervise ja heaolu, kultuuripärandi ja vara. Lisaks tuuakse veel välja, et tegevuse kavandaja ja hilisema elluviija (edaspidi arendaja) pakutud variandile hinnatakse keskkonnamõju hindamisel ka kavandatava tegevuse reaalsete alternatiivsete lahendustega kaasnevat mõju. Kui kavandatava tegevusega või strateegilisel planeerimisdokumendi elluviimisega võib eeldatavalt kaasneda oluline mõju Natura 2000 võrgustiku alale, tuleb keskkonnamõju hindamise käigus läbi viia nn Natura hindamine (*Keskkonnamõju Hindamise Ja Keskkonnajuhtimissüsteemi Seadus–Riigi Teataja*, n.d.)



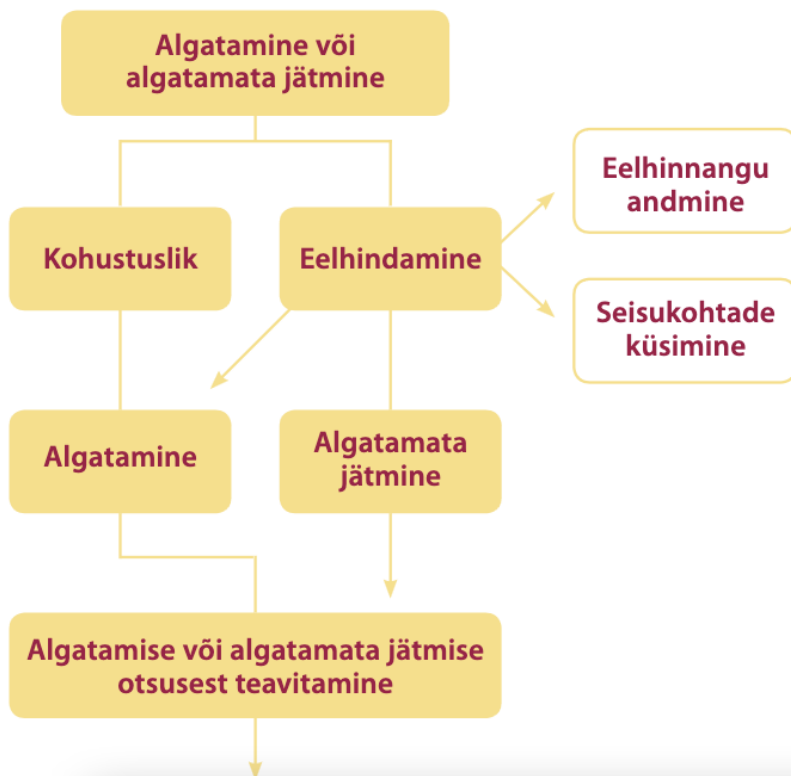
Joonis 9. KMH programm ja aruanne skeem. (*Keskkonnamõju Hindamine | Keskkonnaamet*, n.d.)

2.4 Keskkonnamõju strateegilisest hindamisest

Kui on eeldada või teada, et kavandatava tegevusega võib kaasneda oluline mõju keskkonnale, inimesele, tervisele, varale, heaolule, või kultuuripärandile, on üks osa strateegilise

planeerimisdokumendi menetlusest keskkonnamõju strateegilise hindamine ehk KSH (*Keskkonnamõju Hindamine | Keskkonnaamet, n.d.*).

Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus kohaselt on KSH eesmärk 1) arvestada keskkonnakaalutlusi strateegiliste planeerimisdokumentide koostamisel ning kehtestamisel; 2) tagada kõrgetasemeline keskkonnakaitse; 3) edendada säästvat arengut.

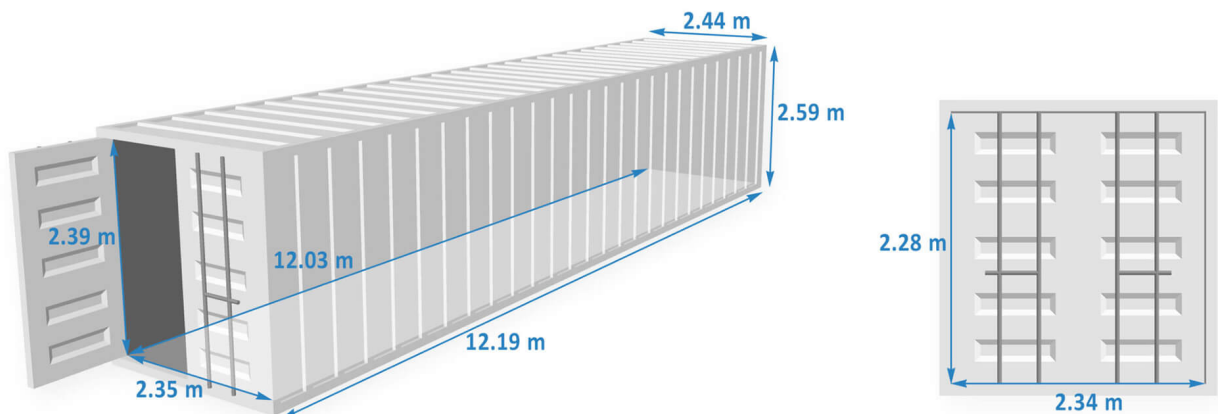


Joonis 10. KSH algatamine või algatamata jätmine, vajadusel eelhindamise alusel. (*Keskkonnamõju Strateegiline Hindamine | Keskkonnaamet, n.d.*)

Veealune server on Eesti seadusandluses uus mõiste. Veealune server puudub olulise ruumilise mõjuga objektide loetelust. Planeerimisseadus sisaldab kõiki planeeringu liike. Projekteerimistingimused määrab KOV, Eesti Valitsus ja TTJA.

3 Serveripargi väljavalitud asukohtade analüüs

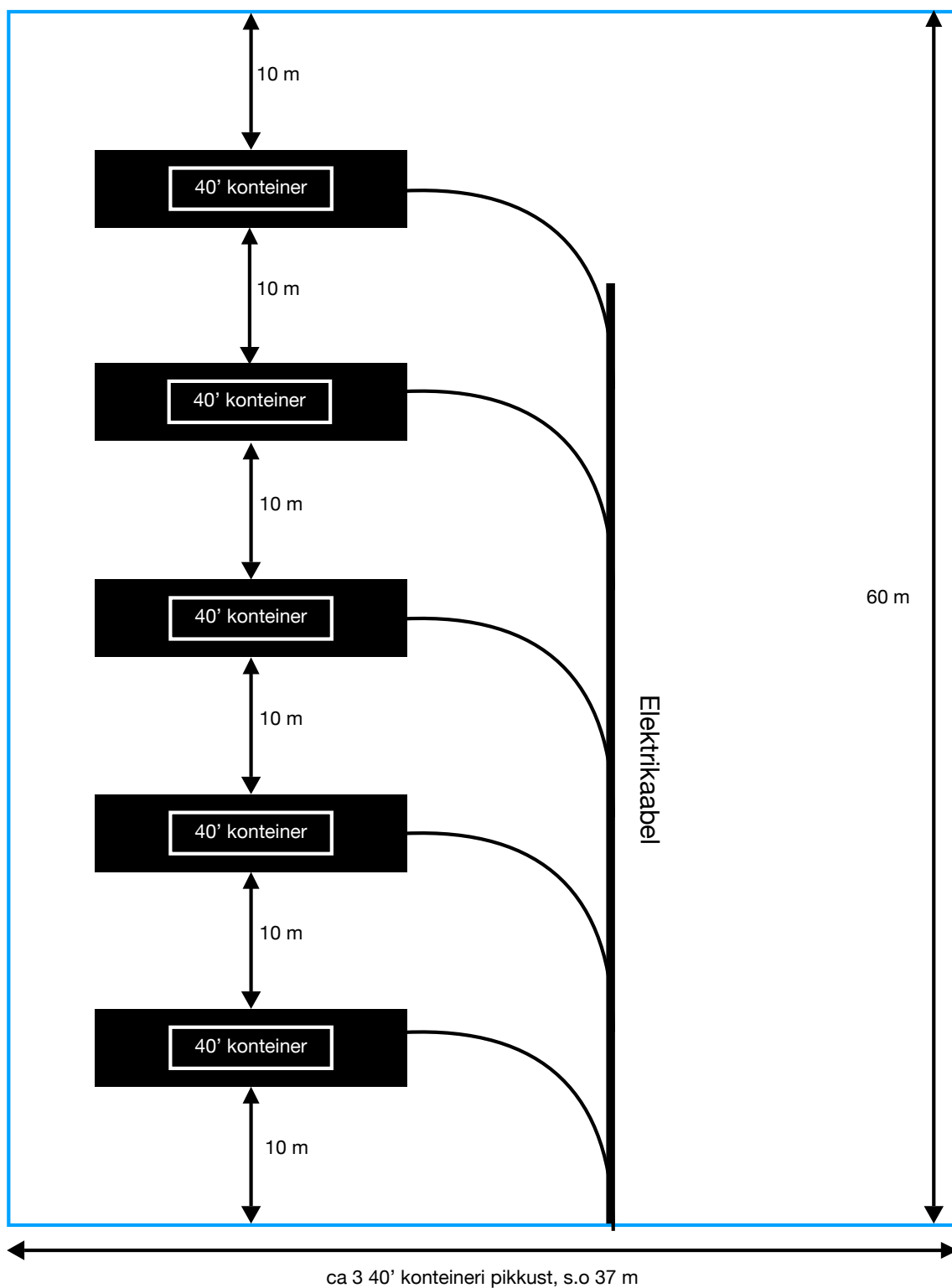
Asukohtade valimisel lähtuti mitmest erinevast kriteeriumist, kuid oluline on siiski tervikpilt. Andmekeskuse n-ö tagaplaanil olev taristu (elektrivõrk, sidekaablid jms) toetaks ja hoiaks andmekeskuse püsikulud võimalikult madalad. Analüüsiks sai kasutatud Maa-ameti veebis olevat merekaarti, avalike veekogude hoonestusloa kaarti ning Eesti mereala planeeringu kaarti. Veealuse andmekeskuse mõõtmeteks sai valitud klassikaline 40' jalane konteiner ning antud suuruses konteineri mõõtmed on toodud välja tabelis:



Välismõõtmed			Sisemõõtmed			Ukseava		Ruumala	Tühikaal	Kandevõime	Täismass
Pikkus	Laius	Kõrgus	Pikkus	Laius	Kõrgus	Laius	Kõrgus	67.6m ³	~3620kg	~28880kg	~32500kg
12.19m	2.44m	2.59m	12.03m	2.35m	2.39m	2.34m	2.28m	2386ft ³	~7981lbs	~63670lbs	~71650lbs
40'	8'	8' 6"	39' 5"	7' 8"	7' 9"	7' 7"	7' 5"				

Joonis 11. 40 jalase konteineri mõõtmed ('Konteinerite mõõtmed', n.d.)

Reaalselt algava projekti puhul võtab autor korraga kasutusse viis 40 jalast konteinerit, mille pindala on $12,19 \text{ m} \times 2,44 \text{ m} = 29,74 \text{ m}^2$. Joonisel 15 on välja toodud kui suur peaks ligikaudu olema hoonestusloa pindala, s.o pindala mis on veepõhjas andmekeskuste jaoks.



Konteinerialune pindala on 37 m x 60 m = 2220 m²

Joonis 12. Konteinerialune pindala mere põhjas. Allikas: Autori koostatud.

Väljavalitud asukohtade puhul võetakse järgmised kriteeriumid: elektritaristu lähedus, taastuvenergia osakaal, logistiline ühendus, sobivus mereala planeeringus ja olemasolevad või tulevased suured projektid, millega on teoreetiliselt võimalik n-ö liituda ja projekti kaasata. Tehnilise poole pealt on arvestatud, et minimaalne sügavus on 9 m. Pindala 2220 m². Merepõhja looduslike iseärasuste osas peab vältima kallakuid. Merepõhi peab olema tasapinnaline.

3.1 Hara laht

Hara laht asub Eesti põhjarannikul Juminda ja Pärисpea poolsaare vahel. Pikkus ja suurim laius on 11 km, sügavus lahe suus on 80 m. Lahe edelarannikul on Hara saar, kagurannikul Valgejõe suudmes Loksa linn. Lahe ääres on Loksa sadam ja mitu väikesadamat (*Hara Laht (Harjumaa) - Eesti Entsüklopeedia*, 2011). Tõepoolest, Hara lahte iseloomustab hästi looduslik sügavus. Loksa linnas asub (Eesti mõistes) suur sadam (koos kraanade ja muu taristuga), milles toimetab ettevõtte Marsalis Grupp. Ettevõtte tegevusvaldkondadeks on ehituslike metallkonstruktsioonide ja betoonelementide tootmine ning laevaehitus. Loksale koliti 2016 (*Metallkonstruktsioonide ja betoonelementide tootmine*, 2016). Autori arvates on tegemist hea asukohaga, tootmaks veealuseid andmekeskuseid ning nende rakendamisel sealsamas Hara lahes või siis veeteid pidi veealuste andmekeskuste transportimine teistesse asukohtadesse.

Tegemist võiks olla üsnagi sobiva alaga veealuse andmekeskuse loomiseks. Puudub looduskaitseala territoorium, traalpüüki on suhteliselt vähe, puuduvad ankruaalad, kaadamisalad ja maardlad. Kaks segavat faktorit on vetikate looduslik kasvupotentsiaal ja sellest veelgi raskendavam asjaolu on laevatee olemasolu. Lootust lisab fakt, et Hara lahe looduslik sügavus soosiks ning lihtsustaks andmekeskuse rajamist ning ei sega laevateede liiklust niivõrd.

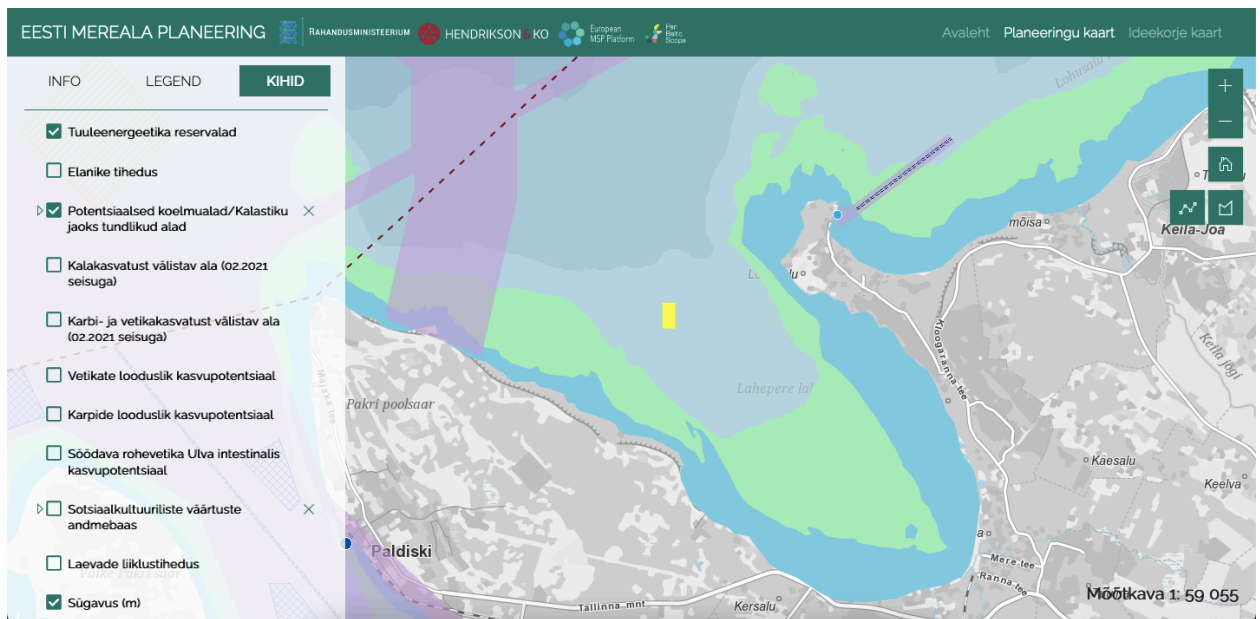


Joonis 13. Eesti mereala planeering Hara lahes. Kuvatõmmis. (Eesti Mereala Planeering, n.d.)

3.2 Lahepere laht

Lahepere laht asub Eesti põhjarannikul Pakri ja Lohusalu poolsaare vahel; laius Leetse-Lohusalu joonel 3,6 km, sügavus keskosas 10-12, lahe suudmes 35 m. Luiteline ja männimetsane idarannik on tallinlaste puhke- ja suvituspiirkond, edelarannikul asub kuni 17 m kõrgune Leetse pank. Lahe lõunasoppi suubuvad Klooga oja ja Treppoja (*Lahepere Laht - Eesti Entsüklopeedia*, 2011). Lahepere laht ei ole just kõige sügavam, kuid siiski täiesti piisav veealuse andmekeskuse jaoks. Pakri poolsaarel asub Pakri tuulepark koguvõimsusega 18,4 MW.

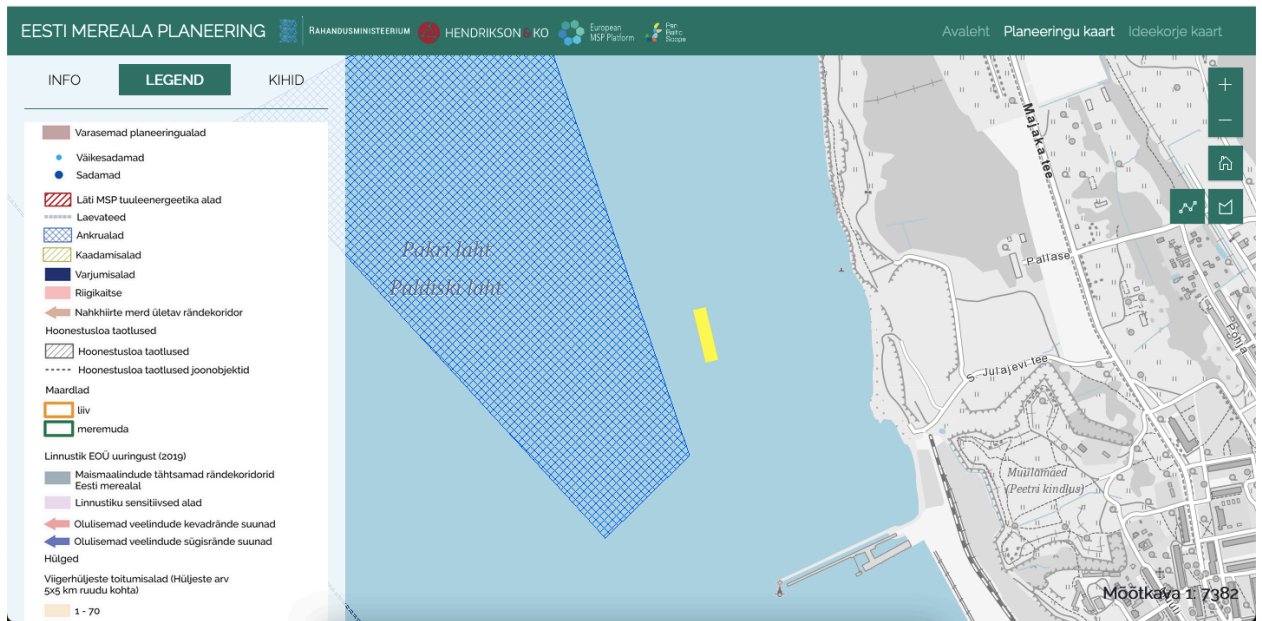
Mereala planeeringu kaardirakendus ei näita eeldatava asukoha suhtes mingeid mõjuvaid piiranguid ning ka kaardil valitud konkreetne asukoht asub näiteks veeteedest ja koelmutundlikest aladest eemal.



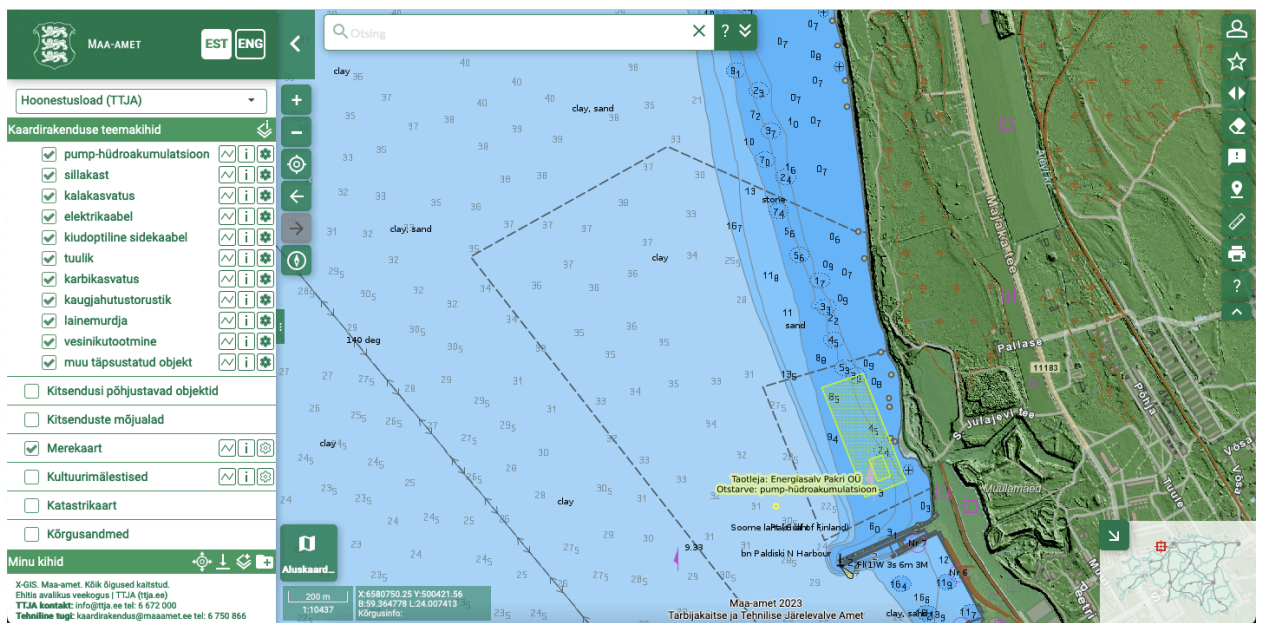
Joonis 14. Lahepere laht Eesti mereala planeeringu kaardirakendusel. Kollasel alal on eeldatav andmekeskuse asukoht. Kuvatõmmis. (Eesti Mereala Planeering, n.d.)

3.3 Pakri laht

Autori nägemusel asjaolu, miks Pakri lahte paigaldada veealune andmekeskus on, see et 2019. aastal sai hoonestusloa ettevõtte Energiasalv Pakri OÜ, mis võimaldab rajada Paldiski lahte 500 MW võimsusega pump-hüdroakumulatsioonijaama tehisaare ning veehaardetorustiku (Energiasalv koduleht, 2020) Antud jaam annaks võimaluse ära kasutada lähedale kerkivat taristut (ühendada andmekeskus läheduses asuva alajaama või madalpingejaamaga) ning ühtlasi hea võimalus kasutada vahetusläheduses asuvat „rohelist“ energiat sellesama pump-hüdroakumulatsioonijaama poolt. Mereala planeeringu kaardilt on näha, et mõnevõrra kitsendav asjaolu on ankruala vahetuslähedus andmekeskuse potentsiaalsele asukohale. Sealhulgas peab arvestama pump-hüdroakumulatsioonijaama vette rajatava tehisaarega, mille pindalaks on märgitud 2 hektarit (joonis 19).



Joonis 15. Eesti mereala planeeringu kaardirakendus. Kollasel alal on eeldatav veealuse andmekeskuse asukoht. Kuvatõmmis. (Eesti Mereala Planeering, n.d.)

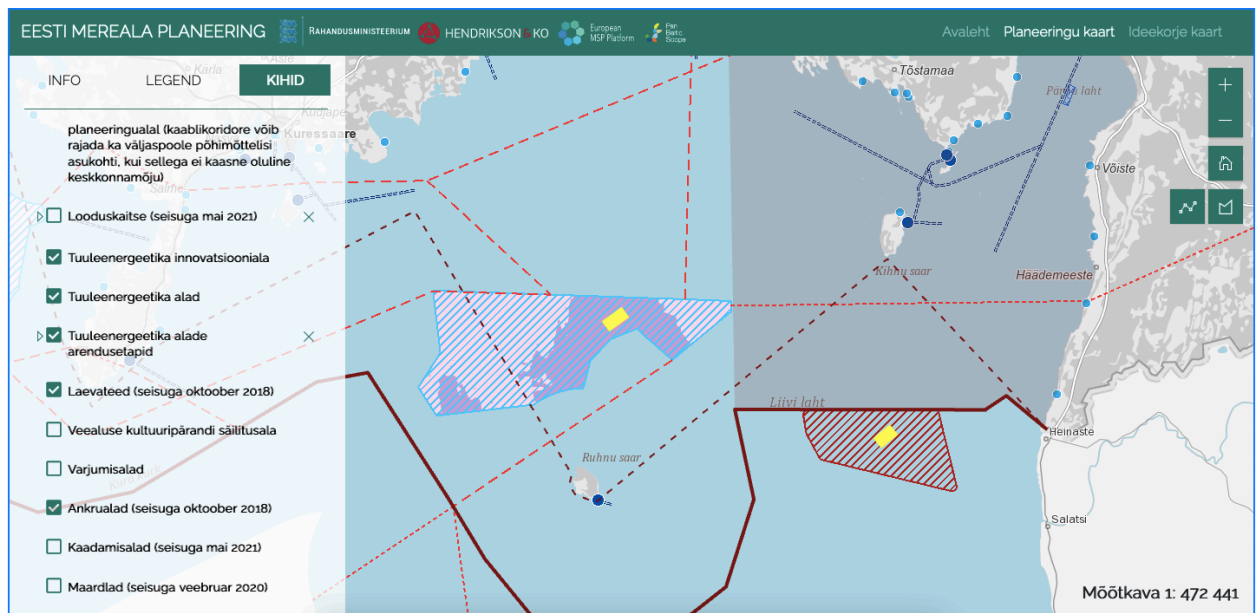


Joonis 19. Paldiski pump-hüdroakumulatsioonijaama tehissaare asukoht. Kuvatõmmis. (X-GIS 2.0 [TTJAhoonestuslood], n.d.)

3.4 Liivi laht ja tuuleenergeetika ala

Liivi laht, Kuramaa kirderranniku, Vidzeme (Liivi) ranniku, Eesti edelaranniku ja Saaremaa vaheline Läänemere osa, jaguneb Eesti ja Läti territoriaalveeks. Avamerega on ühenduses Kura kurgu ning Väinamererega Suure ja Väikese väina kaudu. Lahe põhjarannik on liigestunud ja madal, 5 m sügavusjoon kulgeb rannajoonest 10-15 km kaugusel. Vee temperatuur on suvel 17-18, madalates lahtedes kuni 19 °C, talvel keskmiselt 0 °C (*Liivi Laht - Eesti Entsüklopeedia*, 2011)

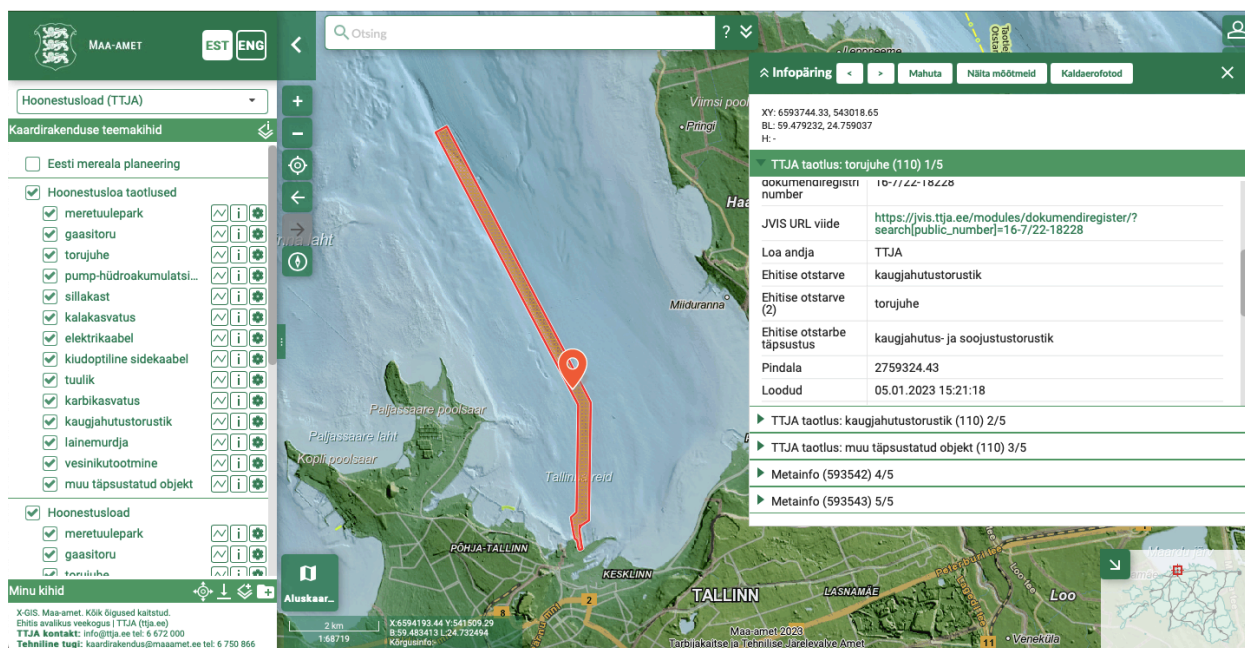
Autori hinnangul oleks Liivi lahe tuuleenergeetika ala hea võimalus tekitada sünergiat veealuse andmekeskuse ja meretuuleparkide vahel, saades elektrienergiat tuulikutele ning vastu pakkudes andmekeskusteenuseid energeetikaettevõtetele. Idee seisneb selles, et andmekeskused saaks paigutada tuulikute vahetuslähedusse, seeläbi kasutades meretuulepargi ruumi efektiivsemalt. Sealhulgas on Liivi lahe meretuulepargi kohta koostatud palju uuringuid ning mõistlik oleks need ära kasutada ning hea võimalus pilootprojektina andmekeskused esimese hooga just sinna rajada. Kogu selle õilsa mõttekäigu eelduseks on tuulikute püstipanek (milleni läheb veel hea mitu aastat aega) ehk siis eesõigus oleks tuulikutele ja/või kinnitatud planeeringutele ning alles seejärel andmekeskuse rajamisel. Kuna Liivi lahte soovitakse veel rajada Eesti-Läti koostöös veel üks eraldiseisev tuulepark, siis annab andmekeskuse sobitada ka sellele alale ja pakkuda teenust ka Läti.



Joonis 16. Liivi lahe tuuleenergeetikaalad. Kuvatõmmis. (Eesti Mereala Planeering, n.d.)

3.5 Tallinna laht (Tallinna reid)

Tallinna laht, Suurupi ja Viimsi poolsaare ning Naissaare ning Aegna saare vahel paiknev Soome lahe osa; umbes 250 km², suurim sügavus üle 90 m. Jaguneb Kakumäe (Suurupi ja Kakumäe poolsaare vahel), Kopli (Kakumäe ja Kopli poolsaare vahel) ja Paljassaare (Kopli ja Paljassaare vahel) laheks ning avaraks Tallinna reidiks (*Tallinna Laht - Eesti Entsüklopeedia*, 2011). Rajada andmekeskus otse pealinna lähedusse on päris loogiline samm. Tõsi, üks eeliseid, milleks on veealuse andmekeskuse lähedus tihedale asustusele ja ning omakorda sellest tulenev lühem peitaeg ei pruugi Tallinna suures linnas niivõrd suurt eelist anda võrreldes mõne suurema linna/metropoliga. Antud lahe puuduseks on see, et ei saa liiga võimsat andmekeskust korraka ehitada kuna puudub vastava võimsusega alajaam. Autor näeb Tallinna lahes võimalust tänu ettevõttele Utilitas AS (põhitegevusala: auru ja konditsioneeritud õhuga varustamine). Nimelt, Utilitas AS plaanib rajada Tallinna lahte kaugjahutus- ja soojustorustiku. Mingil määral annaks ära kasutada Utilitase rajatavat know-how'd, näiteks Tallinna lahe hüdrogeoloogilised uuringud ning sellest veealuse andmekeskuse rajamisel võita või/ja koostööd teha. Siinkohal koostöö mõte seisneks andmekeskusest tuleneva jääksoojuse ära kasutamises. Tallinna lahes on tugev antropogeenne mõju merekeskkonnale ja intensiivne laevaliiklus – sellest tulenevalt pole soovitatav antud piirkonda rajada veealust andmeparki.



Joonis 17. Tallinna Lahel asuv hoonestusloa menetlus torujuhtmele. Kuvatõmmis. (X-GIS 2.0 [TTJAhoonestusload], n.d.)

4 Meretransport

Riigilaevastiku direktori Andres Laasma läbi viidud intervjuu põhjal leiduks mitmeid laevu andmekeskuse transportimiseks ja töstmiseks. See tähendab, et Andres Laasma hinnangul leidub mitmeid laevu (koos tõsteseadme olemasoluga) transportimaks ja teisaldamaks andmekeskust (sobivaim ja efektiivseim laev).

„Meretuuleparkidel on kaks faasi – ehitus ja opereerimisfaas. Ehitusfaasi puhul on tegemist „kommertstegevusega“. Tegelikult on riigilaevastiku roll mitte sekkuda turumajandusse. Ja kui ta peab sekkuma turumajandusse, siis loomulikult turu hindadega. Ehitusfaasis on see asi natuke keerulisem, sest ehitustehnika, mis suudab meretuuleparke rajada, siis on kasutusel n-ö jalgade peal seisvad laevad, mis on ülimalt stabiilsed – tegemist on väga erilise tehnikaga. Küll aga saab riigilaevastik abiks olla uuringutega – kaardistus (möötelaeval), teadlaste sõidutamine jne. N-ö personaalset laeva meretuuleparkide hoolduseks riigilaevastikul võtta ei ole ja see riigilaevastiku ülesandeks ei saa. Riigilaevastiku ülesandeks on jagada olemasolevat ressursi. Plaanis on soetada uus multifunktsionaalne laev, mis suudab tegeleda teadusuuringutega (merebioloogia, teadlased, laborikompleks), tõsteseadmete olemasolu, meremärkide teenindamine, reostustõrje ning jää klassi võimekus. Hilisemate hooldusvajaduste puhul oleks olemas *dynamic positioning*. Rääkides nüüd Botnicast ja Soomes asuvatest sõsarlaevadest, siis neid annab rakendada igasugustes *off-shore* töödes. Tõsi, iseenesest maailmas leidub *off-shore* laevu väga palju. Botnica eeliseks on jäämurdmise võimekus.“

Tõsteseadmetega multifunktsionaalseid laevu leidub. Näiteks poilaev Sektori, EVA-316, jäälõhkuja Tarmo ja multifunktsionaalne laev Botnica. 20' jalane konteiner, täidetuna keskkonnaohutu dielektrilise vedelikuga ja serveritega, kaaluks ca 15 tonni – see ei ole Andres Laasma sõnutsi riigilaevastiku tõsteseadmetega laevadele mingi probleem.

Kokkuvõte

Aasta aastalt maailm aina enam digitaliseerub. Digimaailma kandvaks toeks on andmekeskused. Hoolimata sellest, et esimesed arvutid ilmusid 1940-ndatel (ning sealhulgas täitsid need ka andmekeskuste rolli), sai tänapäevaste andmekeskuste hoog sisse 1990-ndatel. Digitarbimise kasvuga kasvasid mõõtmelalt andmekeskused ning järk-järgult muutus efektiivsemaks riistvara – suudeti optimeerida erinevate lahendustega arvutite tööd. Suuremad mängijad asusid USA-s, kes on ühtlasi ka andmekeskuste turu liider, kuid kannale on astumas Aasia andmekeskused, eeskätt Hiina oma meeletu energiatarbimise ja digiandmete vajadusega. Digitarbimisele lisas kõvasti hoogu juurde 2020. aastal alanud COVID-19 olukord, mil paljud inimesed olid sunnitud ümber lülituma kodukontorile ja see omakorda kiirendas tarbitavate teenuste ja toodete kasvu. Oluline roll on mängida ettevõtetel. Kasvamas on andmete analüüs, tehisintelligentsi turule tulek ning programmide ja andmete töötlemine pilveteenuste kaudu.

Enne GDC Hüüru andmekeskuse rajamist 2022. aasta algul puudus Eestist kõrgetasemeline andmekeskus. Tegemist on Skandinaavia ühe innovatiivseima andmekeskusega, mis annab kinnitab e-Eesti mainet ning näitab Eesti tõsiseltvõetavust selles turusegmendis. Siiski, Skandinaavia puhul on näha, et tehnoloogiahiid on edukalt suutnud ära kasutada antud piirkonna eelised – insenertehniline pädevus, soodsad kliimatilised olud, sõbralik ettevõtlus- ja poliitiline maastik – ning niisamuti on edukalt suutnud ära kasutada seda Skandinaavia riigid. See on signaal, et Eestil on reaalselt võimalik tükk haarata sellest turuosast ning miks mitte seda teha veealuse andmekeskuse näol. Microsofti ja Subsea Cloud näitel on tegemist tehnoloogiliselt täiesti teostatava ideega ja tehnoloogilisest aspektist on see paljulubav. Arvestades Eesti Vabariigi e-riigi kuvandit võiks veealune veealune andmekeskus olla innovatiivne, sobida Eesti merealale ning näidata eestlaste uuenduslikkust uute tehnoloogiate rakendamisel, seda enam, et jätkusuutlik lähenemine ning uute energiasäästlike lahenduste pakkumine on uus suund. Lisaks sellele oleks lisaväärtus majanduslikult (uute töökohtade loomine), looduslikult (vesiviljelus, kalade pelgupaik) teadustegevuslikult (hüdrooloogilised mõõteriistad) ning potentsiaalselt on Eestis ettevõtteid, kellel on võimekus andmekeskusi toota. Kindlasti on ainet ka ekspordiks. Tõsi, veealuse andmekeskuse puhul on tegemist uue kontseptsiooniga. Massilist kasutamist antud tehnoloogia pole veel saavutanud. Aeg on tõe kriteerium ning näitab, kas sellisel kujul antud andmekeskused on jätkusuutlikud.

Eesti mereala planeering ei puuduta veealuseid objekte ning niisamuti ei tee seda ka Eesti Vabariigi seadusandlus. Tegemist on nn halli tsooniga seadusandluses. Meretuuleparkide või paldiski pump-hüdroakumatsiooni projektide näitel on väga tõenäoline Eestis langeda bürokraatilise jada lõksu – Hiiu meretuulepark ja pump-hüdroakumulatsioon said alguse juba aastal 2006. Reaalselt toimivate projektideni ei ole veel jõutud, kuigi tänaseks on kõik eeldused selleks lõpuks olemas. Teisalt tänu meretuuleparkide südikusele ja aktuaalsusele on lootust, et bürokraatia ja seadusandluse „kogemus“ kiirendab/normaliseerib tulevikus innovaatiliste kasutuselevõttu ning Eesti saab silma paista innovaatilise mereriigina.

Asukohtade analüüsis on kõige mõistliku sättida ennast sinna kus on kõige sobilikum taristu olemas või tulemas. See tähendab Liivi lahe meretuulepargi projekte ning Pakri lahe ja/või Lahepere lahe asukohad. Sobiv lähedus tuuleparkidele, alajaamadele ja eeldatavalt realiseeruvad tuleviku projektid teevad olud andmekeskuse rajamiseks palju soodsamaks. Töös mainitud 20' ja 40' jalased andmekeskuskonteinerid ei ole regionaalselt paljude tösteseadmetega varustatud laevade jaoks probleemiks transportida. Valikut Eestis leidub, rääkimata lähiriikide laevastikust.

Lõputöö teema oli põnev ning mida rohkem teemat lahata, seda mitmetahulisemaks ja keerulisemaks üks või teine alateema läks. Autor leiab, et lõputööst on kindlasti ainek teiste erialade üliõpilastele edasi uurimiseks, lõputöö kirjutamiseks ning miks mitte ka reaalselt teostatava projektini jõudmiseks.

Summary

Year by year, the world is becoming more and more digitalized. Data centers are the backbone of the digital world. Despite the fact that the first computers appeared in the 1940s (and included the role of data centers), modern data centers took off in the 1990s. With the growth of digital consumption, data centers grew in size and hardware gradually became more efficient - it was possible to optimize the work of computers with different solutions. The major players were located in the USA, which is also the leader in the data center market, but Asian data centers are taking their toll, especially China with its insane energy consumption and need for digital data. Digital consumption was greatly boosted by the COVID-19 situation that started in 2020, when many people were forced to switch to a home office, and this in turn accelerated the growth of consumed services and products. Companies have an important role to play. Data analysis, the introduction of artificial intelligence into the market, and the processing of programs and data through cloud services are growing.

Before the establishment of the GDC Hүүru data center at the beginning of 2022, there was no high-level data center in Estonia. It is one of the most innovative data centers in Scandinavia, which confirms the reputation of e-Estonia and shows Estonia's seriousness in this market segment. However, in the case of Scandinavia, it can be seen that the technology giants have successfully managed to exploit the advantages of the given region – engineering competence, favorable climatic conditions, friendly business and political landscape – and likewise the Scandinavian countries have successfully managed to exploit it. This is a signal that it is actually possible for Estonia to grab a piece of this market share, and why not do it in the form of an underwater data center. The example of Microsoft and Subsea Cloud is a technologically completely feasible idea, and from a technological point of view, it is promising. Considering the image of the e-state of the Republic of Estonia, the underwater data center could be innovative, suitable for the Estonian sea area and show the innovativeness of Estonians in the application of new technologies, especially since a sustainable approach and offering new energy-saving solutions is a new trend. In addition, there would be added value economically (creation of new jobs), naturally (aquaculture, fish refuge), scientifically (hydrological measuring instruments), and potentially there are companies in Estonia that have the ability to produce data centers. There is certainly material for export as well. Underwater data center is a new concept. This technology has not yet

achieved mass use. Time is the criterion of truth and shows whether data centers given in this form are sustainable.

Estonian maritime spatial planning does not concern underwater objects, and neither does the legislation of the Republic of Estonia. This is a so-called gray zone in legislation. For example, the projects of offshore wind farms or Paldiski pump-hydroaccumulation are very likely to fall into the trap of a bureaucratic process in Estonia - the Hiiu offshore wind farm and pump-hydroaccumulation started already in 2006. Functioning projects have not yet been reached. On the other hand, thanks to the importance and topicality of offshore wind farms, there is hope that the "experience" of bureaucracy and legislation will speed up/normalize the introduction of innovative ones in the future, and Estonia will be able to stand out as an innovative maritime country.

In the analysis of locations, it is most reasonable to locate yourself where the most suitable infrastructure exists or is coming. This means the Liivi Bay offshore wind farm projects and Pakri Bay and/or Lahepere Bay locations. Suitable proximity to wind farms, substations and future projects expected to be realized make the conditions for building a data center much more favorable.

The 20' and 40' data center containers mentioned in the paper are not a problem to transport regionally for many ships equipped with lifting equipment. There is a choice of available ships in Estonia, not to mention the fleet of neighboring countries.

The topic of the thesis was fascinating, and the more the topic was dissected, the more multifaceted and complicated one or another subtopic became. The author believes that the thesis is definitely a subject for students of other disciplines to further study and write a thesis.

Viidatud allikad

- 5-year forecast for the data analytics and management market | AI Business.* (n.d.). <https://aibusiness.com/data/5-year-forecast-for-the-data-analytics-and-management-market>
(13.02.2023)
- A brief history of data centres.* (2016, September 7). <https://www.interxion.com/blogs/2016/09/a-brief-history-of-data-centres> (22.01.2023)
- admin. (2020, September 20). Paldiskisse kerkib uudne pump-hüdroakumulatsioonijaam. *Energiasalv.* <https://energiasalv.ee/paldiskisse-kerkib-uudne-pump-hydroakumulatsioonijaam/>
(08.04.2023)
- After two years of construction Google opens data center in Fredericia, Denmark.* (n.d.). <https://www.datacenter-forum.com/datacenter-forum/after-two-years-of-construction-google-opens-data-center-in-fredericia-denmark> (04.02.2023)
- Andmekeskus – Infonet DC.* (n.d.). <https://infonetdc.com/et/data-center/> (23.01.2023)
- Andmekeskus ja sidevõrk | WaveCom.* (n.d.). <https://www.wavecom.ee/andmekeskus-ja-sidev%C3%B5rk> (23.01.2023)
- Andmekeskused | Telegrupp AS.* (n.d.). <https://www.telegrupp.ee/susteemiintegratsioon/andmekeskused/> (23.01.2023)
- Apple expands renewable energy footprint in Europe.* (n.d.). Apple Newsroom (Ireland). <https://www.apple.com/ie/newsroom/2020/09/apple-expands-renewable-energy-footprint-in-europe/> (04.02.2023)
- Arvutiajastu algus | tehnikamaailm.ee.* (n.d.). <https://tehnikamaailm.ee/artikkel/arvutiajastu-algus>
(22.01.2023)
- Blosch, Y. (2021). *Air Cooling vs. Liquid Immersion Cooling: Can Liquid Immersion Cooling Improve the Energy and Space Efficiency of Data Centres?* (04.03.2023)

- China's Highlander completes first commercial underwater data center, looks for exports—DCD.* (n.d.). <https://www.datacenterdynamics.com/en/news/chinas-highlander-completes-first-commercial-underwater-data-center-looks-for-exports/> (08.04.2023)
- Eesti mereala planeering.* (n.d.). <https://mereala.hendrikson.ee/kaadirakendus.html> (06.05.2023)
- Greenergy Data Centers—The largest and securest in the Baltics.* (n.d.). <https://www.greenergydatacenters.com/> (22.02.2023)
- Hara laht (Harjumaa)—Eesti Entsüklopeedia.* (n.d.). [http://entsyklopeedia.ee/artikkel/hara_laht_\(harjumaa\)2](http://entsyklopeedia.ee/artikkel/hara_laht_(harjumaa)2) (03.04.2023)
- Hu, Z.-H., Zheng, Y.-X., & Wang, Y.-G. (2022). Packing computing servers into the vessel of an underwater data center considering cooling efficiency. *Applied Energy*, 314, 118986. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118986> (13.02.2023)
- Keskkonnamõju hindamine | Keskkonnaamet.* (n.d.). <https://keskkonnaamet.ee/keskkonnakasutus-keskkonnatasu/keskkonnakorraldus/keskkonnamoju-hindamine#kmh-programm-ja-arua> (25.03.2023)
- Keskkonnamõju hindamise ja keskkonnajuhtimissüsteemi seadus—Riigi Teataja.* (n.d.). Retrieved <https://www.riigiteataja.ee/akt/103012022010?leiaKehtiv> (25.03.2023)
- Keskkonnamõju strateegiline hindamine | Keskkonnaamet.* (n.d.). <https://keskkonnaamet.ee/keskkonnakasutus-keskkonnatasu/keskkonnakorraldus/keskkonnamoju-strateegiline-hindamine> (25.03.2023)
- Konteinerite mõõtmed. (n.d.). *Miil OÜ.* <https://www.miil.ee/konteinerid-tutvustus/mootmed/> (25.03.2023)
- Korduvad küsimused—Planeerimine.ee.* (n.d.). <https://planeerimine.ee/kysimused/korduvad-kysimused/#dp-koostamise-kohustus> (07.04.2023)
- Lahepere laht—Eesti Entsüklopeedia.* (n.d.). http://entsyklopeedia.ee/artikkel/lahepere_laht2 (03.04.2023)

- Lauringson, V., & Möller, T. (n.d.). *KARPIDE (BIVALVIA) KASVATAMINE JA KARBİKASVATUSE KASUTUSVÕIMALUSED KESKKONNAKAITSES*. (19.05.2023)
- Lee, Y.-T., Wen, C.-Y., Shih, Y.-C., Li, Z., & Yang, A.-S. (2022). Numerical and experimental investigations on thermal management for data center with cold aisle containment configuration. *Applied Energy*, 307, 118213. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.118213> (04.04.2023)
- Liitaasta kasvumäär (CAGR) arvutamine—Microsofti tugiteenus. (n.d.). <https://support.microsoft.com/et-ee/office/liitaasta-kasvum%C3%A4%C3%A4ra-cagr-arvutamine-3ccb7cd3-39b3-49ee-8b38-c19972607dfa> (13.02.2023)
- Liivi laht—Eesti Entsüklopeedia. (n.d.). http://entsyklopeedia.ee/artikkel/liivi_laht2 (08.04.2023)
- Ltd, R. G. S. (2021, September 8). What's the real story behind the explosive growth of data? *Redgate*. <https://www.red-gate.com/blog/database-development/whats-the-real-story-behind-the-explosive-growth-of-data> (13.02.2023)
- Merenduspoliitika_2011_2020_eelnou.pdf. (n.d.). https://www.mereblog.com/files/merenduspoliitika_2011_2020_eelnou.pdf (21.05.2023)
- Meresõiduohutuse seadus—Riigi Teataja. (n.d.). <https://www.riigiteataja.ee/akt/120122022008?leiaKehtiv> (25.03.2023)
- Metallkonstruktsioonide ja betoonelementide tootmine. (n.d.). Marsalis OÜ. <https://www.marsalis.ee/> (03.04.2023)
- Microsoft finds underwater datacenters are reliable, practical and use energy sustainably. (n.d.). Source. <https://news.microsoft.com/source/features/sustainability/project-natick-underwater-datacenter/> (24.04.2023)
- Oakley, N. (2021, February 22). *The Evolution of Data Centers*. ArcGIS StoryMaps. <https://storymaps.arcgis.com/stories/a21d93abf29d4b6990370cfcba143cd9> (22.01.2023)

- Planeerimisseadus–Riigi Teataja.* (n.d.). <https://www.riigiteataja.ee/akt/126022015003?leiaKehtiv> (25.03.2023)
- Roadmap to decarbonize the shipping sector: Technology development, consistent policies and investment in research, development and innovation | UNCTAD.* (n.d.). <https://unctad.org/news/transport-newsletter-article-no-99-fourth-quarter-2022> (22.05.2023)
- Saunavaara, J., Laine, A., & Salo, M. (2022). The Nordic societies and the development of the data centre industry: Digital transformation meets infrastructural and industrial inheritance. *Technology in Society*, 69, 101931. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101931> (03.05.2023)
- Simon, K. (2018). Project Natick—Microsoft’s Self-sufficient Underwater Datacenters. *IndraStra Global*, 4(6), 4. (04.02.2023)
- Sissejuhatus plokiahela struktuuri. Mis on plokiahel?* (2020, December 27). Uued raamatud. <https://raamatud.postimees.ee/7140479/sissejuhatus-plokiahela-struktuuri-mis-on-plokiahel> (22.01.2023)
- Subsea Cloud announces three underwater data center projects—DCD.* (n.d.). <https://www.data-centerdynamics.com/en/news/subsea-cloud-announces-three-underwater-data-center-projects/> (06.05.2023)
- Tallinna laht—Eesti Entsüklopeedia.* (n.d.). http://entsyklopeedia.ee/artikkel/tallinna_laht3 (08.04.2023)
- Telia ehitab Eesti esimese Tier 3 andmekeskuse. (n.d.). *Digigeenius*. <https://digi.geenius.ee/rubriik/uudis/telia-ehitab-estti-esimese-tier-3-andmekeskuse/> (23.01.2023)
- Title: EESTI MEREALA PLANEERINGU LÄHTESEISUKOHAD JA MÕJUDE HINDAMISE VÄLJATÖÖTAMISE KAVATSUS.* (n.d.). <https://www.google.com/imgres> (06.05.2023)

- Üleriigilise planeeringu Eesti mereala ja sellega piirneva rannikuala, samuti majandusvööndi teemaplaneeringu kehtestamine*–Riigi Teataja. (n.d.). <https://www.riigiteataja.ee/akt/317052022002> (14.03.2023)
- Veeseadus*–Riigi Teataja. (n.d.). <https://www.riigiteataja.ee/akt/122022019001?leiaKehtiv> (25.03.2023)
- What is a Data Center? - Definition from TechTarget.com.* (n.d.). Data Center. <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/data-center> (22.01.2023)
- X-GIS 2.0 [TTJAhoonestusload]*. (n.d.). <https://xgis.maaamet.ee/xgis2/page/app/TTJAhoonestusload> (06.05.2023)

Lisa 1. Intervjuu riigilaevastiku direktori Andres Laasmaga

1. Mis roll on riigilaevastikul meretuuleparkide rajamisel ja hooldamisel?
2. Mida arvate veealuse andmekeskuse kontseptsioonist?
3. Millised laevad on riigilaevastikus tõstevõimekusega?

Lisa 2. Küsimustik Kärt Talimaa-Eelmaale (Tallinna LV, keskkonna- ja kommunaalamet, haljastuse ja keskkonnahoiu osakond) ja Kai Künnis-Beres (Tallinna LV, keskkonnahoiu osakond, planeeringute alane juhtivspetsialist).

1. Mis on Teie esmased mõtted seoses selle teemaga?

Teema on huvitav. Miks see server andmekeskus peab asuma meres, kui võib asuda ka rannikul ning eralduvat soojust saaks kasutada energeetikas.

2. Kuidas näete, et see võiks mõjutada Eesti meremajandust?

Arvestades server andmekeskuste arvukust (väike arvukus), siis Eesti meremajandust see niivõrd ei mõjuta.

3. Mis võiksid olla Teie arvates antud teema puudused?

Rohepöörde aspekti arvestades soojus emissioon merekeskkonda

4. Mis ettepanekuid oskate soovitada?

Ettepanek – server andmekeskus ei vaja teemaplaneeringut. Serverandmekeskust saab rendilepingu ja projekteerimistingimuste alusel merepõhja ehitada.

Lisa 3. Struktüreerimata intervjuu MKM-i meremajandusosakonna juhataja Jaak Viilipusega

Alustuseks on hea mõelda selle peale, et UNCTAD'i ehk United Nations Conference on Trade and Development ehk Ühinenud Rahvaste Organisatsiooni Kaubandus- ja Arengukonverentsi aruande kohaselt moodustab merendus globaalsel tasandil 2,8% kõikidest süsihappegaasi emissioonidest. [LINK](#). Ainuüksi andmekeskused tarbivad globaalsest elektrist ca 1-1,5% [LINK](#).

Veealune andmekeskus võiks väga hästi haakuda koalitsioonileppe programmiga, kui üleüldisemas pildis, võttes arvesse rohepöördega seotud eesmärke. 2023. aasta Vabariigi Valitsuse koalitsioonilepingu üheks oluliseks eesmärgiks on vähendada keskkonna jalajälge transpordis, hoonete rajamisel ja loodusvarade kasutamisel, sealhulgas suurendada Eesti majanduse innovatsioonivõimet läbi teadus- ja arendustegevuse kindla rahastamise. Parandame meie ettevõtete investeerimisvõimet uutesse rohe- ja digilahendustesse. Hoiame konkurentsivõimelist maksukeskkonda ja kogume rohkem tulu tarbimiselt ning saastamiselt.

Lisa 4. Struktureerimata intervjuu mereökoloogia professori Jonne Kottaga

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Mark Abner:

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Veealune andmekeskus Eesti mereala planeeringus ja sobiva asukoha analüüs“, mille juhendaja on Arvo Käär:

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

23.05.2023

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. ja 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.