



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri instituut

**EHITUSTE GEVUSEST TEKKIV
SÜSINIKUJALAJÄLG JA SELLEST TEADLIKKUS
EESTI EHITUSETTEVÖTETE SEAS**

**CONSTRUCTION PROCESS' CARBON FOOTPRINT AND
KNOWLEDGE ABOUT THE CARBON FOOTPRINT AMONG
CONSTRUCTION COMPANIES**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Rauno Lõhmus

Üliõpilaskood 221530EAXM

Juhendaja: Ergo Pikas

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud.

Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

22. mai 2023

Autor:
/ allkiri /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele.

"....." 20.....

Juhendaja:
/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

"....."20... .

Kaitsmiskomisjoni esimees:

.....
/ nimi ja allkiri /

LIHTLITSENTS LÕPUTÖÖ REPRODUTSEERIMISEKS JA LÕPUTÖÖ ÜLDSUSELE KÄTTESAADAVAKS TEGEMISEKS

Mina, **Rauno Lõhmus,**

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose E HITUSTE GEVUSEST TEKKIV SÜSINIKUJALAJÄLG JA SELLEST TEADLIKKUS EESTI E HITUSETTEVÕTETE SEAS,

mille juhendaja on Ergo Pikas

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.

22.05.2023

Üliõpilane: **RAUNO LÕHMUS**

Üliõpilaskood **221530
EAXM**

Õppekava: **EAXM15 Hooned ja rajatised**
Peeriala: Ehitusjuhtimine

Lõputöö teema:

**EHITUSTEGEVUSEST TEKKIV
SÜSINIKUJALAJÄLG JA SELLEST TEADLIKKUS
EESTI EHITUSETTEVÕTETE SEAS**

**CONSTRUCTION PROCESS' CARBON FOOTPRINT AND
KNOWLEDGE ABOUT THE CARBON FOOTPRINT AMONG
CONSTRUCTION COMPANIES**

Juhendaja: **Ergo Pikas**

ergo.pikas@taltech.ee

Lõputöö konsultandid:

Tiitel või ametikoht, Ees- ja
Perekonnanimi

Kontakt (e-post või
telefon)

Allkiri ja kuupäev

.....
.....
.....

Lõputöö põhieesmärgid:

1. uurida välja ühe ehitusettevõtte ehitustegevuse käigus tekkiv süsinikujalajälg ja leida viisid selle vähendamiseks;
2. uurida välja ehitusettevõtete teadlikkus süsiniku jalajäljest, mida nad tekitavad ja mis on nende valmisolek selle vähendamiseks.

Töö keel: eesti keel

Lõputöö etapid ja ajakava:

Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1. Kirjanduse ülevaade, töö metoodika kirjeldus ja intervjuu küsimuste välja töötamine	12.03.2023
2. Intervjuude läbi viimine ja ettevõtte jalajälje välja arvutamiseks vajaliku info kogumine ning välja arvutamine	26.03.2023
3. Põhi osa koostamine kogutud lähteandmete põhjal	30.04.2023
4. Põhiteksti redigeerimine esitluseks, täiendava info lisamine	08.05.2023
• Kokkuvõtte eesti keeles	08.05.2023
• Kokkuvõtte inglise keeles	08.05.2023

Lõputööde ülevaatus, mille läbimine on kaitsmise eelduseks

10.05.2023

Peale ülevaatus saab teha väiksemaid korrekture ja üles laadida töö Moodle keskkonda plagiaadi kontrolliks.

Esitlusmaterjalid kaitsmisel: Powerpoint esitus ja jaotusmaterjalid

Kirjeldus	Tähtaeg
1	10.05.2023
2	10.05.2023
3	10.05.2023
4	10.05.2023
5	10.05.2023

Lõputöö esitamise tähtaeg:

22. mai 2023

Lõputöö ülesanne välja antud: 28.12.2022

Juhendaja: **Ergo Pikas**

Ülesande vastu võtnud: **Rauno Lõhmus**

Avalikustamise piirangu tingimused: puuduvad

SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON.....	2
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	3
SISUKORD	8
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	10
TABELITE LOETELU.....	11
SISSEJUHATUS	12
1. Jätkusuutlik ehitus.....	15
1.1 Ehitussektori süsinikujalajälg ja sellest tulenevad EL ja Eesti eesmärgid.....	15
1.2 Olelusring ja süsinikujalajälje hindamine ehitustegevuses	18
1.3 Ehitamise süsinikujalajälge hindavad uurimustööd	21
2. Uurimistöö metoodika ja lähteandmed	24
2.1 I etapp: kirjanduse ülevaade ja Eesti ettevõtete avaliku teabe analüüs.....	24
2.2 II etapp: ettevõtete teadlikkuse intervjuud	27
2.3 III etapp: ehitustegevuse süsinikujalajälje hindamise juhtumiuuring	29
3. Uurimistöö tulemused.....	33
3.1 Eesti ettevõtete avaliku teabe analüüs	33
3.1.1 Börsiettevõtete ülevaade	33
3.1.2 Mittebörsiettevõtete ülevaade	36
3.1.3 Olulisemad järeldused	39
3.2 Ettevõtete teadlikkuse intervjuud.....	39
3.2.1 Ehitustegevuse käigus tekkiv süsinikujalajälg	39
3.2.2 Süsinikujalajälje vähendamise teadlikkus ja viisid.....	40
3.2.3 Transpordiga seotud süsinikujalajälje vähendamine	42
3.2.4 Jäätmete sorteerimine	43
3.2.5 Ehitusturu valmisolek süsinikujalajälje vähendamiseks	43
3.2.6 Intervjuude lühikokkuvõte	44
3.3 Ehitamistegevuse süsinikujalajälje hindamise juhtumiuuring	47
3.3.1 Süsinikujalajälg ehitustegevusest.....	47
3.3.2 Süsinikujalajälje vähendamine ehituses.....	51
3.3.3 Võrdlus teiste uurimustöödega	54
3.3.4 Juhtumiuuringu lühikokkuvõte.....	55
4. Arutelu ja Tuleviku uuringud	56

KOKKUVÕTE.....	60
SUMMARY	63
KASUTATUD KIRJANDUS.....	66
LISAD.....	71
Lisa 1 Juhtumiuuringu objektide koondandmed.....	72
Lisa 2 Juhtumiuuringu raames kogutud kuupõhised koondandmed	73

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

ESRS – *European Sustainability Reporting Standards* / Euroopa jätkusuutlikusse raporteerimise standard

EFRAG – *European Financial Reporting Advisory Group* / Euroopa finantsraportite koostamise juhtgrupp

CSRD – *Corporate sustainability reporting* / ettevõtte jätkusuutlikuse raport

ESG – *environmental-social-governance* / keskkonna, sotsiaalsed ja juhtimis aspektid

LCA – *Life Cycle Assessment* / Ehitise olelusring

EPD – *Environmental Product Declaration* / toote keskkonna deklaratsioon

GHG/KHG – *Green House Gas* / kasvuhoonegaasid

EL – Euroopa Liit

ÜRO – Ühendatud Rahvast Organisatsioon

SDG – *Global Sustainable Development Goals* / Globaalsed jätkusuutlikus eesmärgid

CO_{2e} – Süsiniku ekvivalendiks ümber arvatud kasvuhoone gaasid

MKM – Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium

NFRD – *Non-Financial Reporting Directive* / mittefinantsteabe avalikustamise direktiiv

NACA – *Nomenclature of Economic Activities*, Euroopa statistika klassifikatsioonid keskkonna aspektides

EEEL – Eesti Ehitusettevõtjate Liidu

TABELITE LOETELU

Tabel 1. Valimisse sattunud ettevõtete põhinäitajad.....	26
Tabel 2. Intervjueeritud ettevõtted ja intervjueeritud isiku ametikoht	28
Tabel 3. Juhtumi uuringus kasutatud objektide loetelu ja põhiandmed.....	30
Tabel 4. Arvutustes kasutatud energiakandjate süsinikujalajalg kWh kohta.....	32
Tabel 5. Börsiettevõtete avaliku teabe analüüsi tulemuste kokkuvõte.....	36
Tabel 6. Mittebörsiettevõtete avaliku info tulemuste kokkuvõte	38
Tabel 7. Intervjuude vastuste koondtabel	46
Tabel 8. Ehitustegevuse käigus tekkiv CO ₂	48
Tabel 9. CO ₂ teke kuupõhiselt ja m ² põhiselt	50
Tabel 10. Elektri energia osakaalu CO ₂ ja kWh võrdlus.....	50
Tabel 11. Ehitustegevuse käigus tekkiv CO ₂ , kui Elektri CO ₂ e/kWh oleks 0,114kg	52
Tabel 12. CO ₂ teke kuupõhiselt ja m ² põhiselt	53
Tabel 13. Weigert 2022 uurimustöös kajastatud juhtumiuuringu põhjal koostatud ja autori poolt tõlgitud võrdlustabel	54

SISSEJUHATUS

Seoses suurenenud tähelepanuga kliimamuutuse probleemile maailmas, mis on süvenenud viimaste aastate jooksul, on pööratud üha rohkem tähelepanu selle probleemi adresseerimisele kõikides valdkondades. Globaalne keskmine temperatuur tõusis aastatel 2011–2020 1,2°C võrra tööstusajaeelse (1850–1900) tasemega võrreldes. Seal juures ülemaailmne süsinikdioksiidi sisaldus atmosfääris on ületanud 0,04% (norm väärtus 0,03%, millest inimtekkeliselt on mõjutatud CO₂ sisaldust atmosfääris tänaseks ligikaudu 30%), samuti on tõusnud ka teiste kasvuhoonegaaside kogus atmosfääris. Kasvuhoonegaaside sisaldust atmosfääris on otseses sõltuvuses kliima muutusega ning selle suurendamist on hakanud Euroopa Liit (EL) viimastel aastatel regulatsioonidega piirama. (European Parliament, 2018; Staff, 2019)

Maailmas on adresseeritud kliimaprobleeme mitmetes ülemaailmsetes organites ja kokkulepetes. Esmalt pandi paika 2015 aastal Ühendatud Rahvaste Organisatsioonis (ÜRO) globaalsed kestliku arengu eesmärgid (SDG - *Global Sustainable Development Goals*). Nende eesmärkidega määrati ära 17 põhilist punkti, millest kogu maailm peaks juhinduma, et võidelda globaalsete probleemidega. Nende hulgas on 4 punkti, mis on seotud otseselt kliima soojenemisega või selle tagajärgedega. (United Nations, 2023)

Avalikkusele on laialdasemalt tuntud SDG eesmärkide kokkulepe, kui Pariisi kokkulepe, mis lepiti kokku 196 riigi poolt ja allkirjastati 2016 aastal. Sellega võeti vastu ühised eesmärgid: globaalne temperatuur ei tohi tõusta rohkem kui 1,5°C võrreldes tööstusrevolutsiooni eelse ajaga, kliimamuutustega kohanemise võimekuse ja kliimakindluse tõstmine ning finantsressursside suunamine eelnimetatud eesmärkide täitmisesse. Sellest tulenevalt on ka EL poolt võetud eesmärk suunata üha rohkem ressursse süsinikujalajälje vähendamisesse. (UNFCCC, 2023)

Euroopa Liit on sellest johtuvalt koostanud aastal 2022 seadusandluse paketi „Fit for 55“, mille eesmärk on vähendada kasvuhoonegaaside heidet vähemalt 55% aastaks 2030, võrreldes 1990 aastaga. See pakett hõlmab endas laialdast määruste ja direktiivide muutusi, mille käigus tehakse äriühingutele kohustuslikuks hakata deklareerima lisaks finantstulemustele ka keskkonnamõjusid, sotsiaalseid tegevusi ja ettevõtte juhtimise aspekte (ESG - *Environmental, Social, Governance responsible business conduct*) ning võetakse vastu uued hoonete energiatõhususe miinimumnõuded. (Euroopa Liit, 2023, 2021)

Ehitistega seoses tekkis aastal 2021 ligikaudu 37% kogu süsinikujalajäljest maailmas, selle tõttu on ehitussektoris palju räägitud hoonete energiatõhusamaks muutmisest

ning kehtestatakse üha rangemaid energiatõhususe miinimumnõudeid uutele ehitistele. Sellest lähtuvalt on EL-il plaan jõuda süsinikneutraalse hoonefondini aastaks 2050, sealhulgas on hakatud jälgima materjalide süsiniku sisaldust (inglise keeles *embodied carbon*), mida Skandinaavia riikides on rakendatud viimastel aastatel läbi toote keskkonnadeklaratsiooni (EPD – *Environmental Product Declaration*). Selleni jõutakse lähiajal ka mujal Euroopas, sest aastaks 2030 liigutakse EL-is hoonete energiatõhususe klassiga süsinikujalajälje põhisele arvutusele, mis võtab arvesse kogu hoone olelusingi. (Euroopa Liit, 2021; United Nation, 2022a)

Hoone või rajatisega seotud süsinikujalajalg ei piirne kasutusaegse tarbitud energia ja materjalide tootmiseks tarbitud energiaga, vaid sinna juurde kuulub ka ehitustegevus ise, mille kohta seni on kirjanduses leitavaid uuringuid vähe. Tuuakse välja, et ehitustegevuse osakaal on võrreldes hoone kasutusajal tarbitud energiaga ning kasutatud materjalide süsiniku sisaldusega nii palju väiksem, et sellele ei ole mõtet palju tähelepanu pöörata. (Joseph and Mustaffa, 2021)

Siinkohal leiab töö autor, et kui kogu maailmas liigutakse süsinikneutraalsete ehitiste poole, peab läbi kaaluma iga tegevusprotsessi, sest kui hoone kasutusajal tarbitud energia ning materjalide tootmise jaoks tarbitud energia suudetakse viia süsinikneutraalseks ning taastuvatele allikatele, hakkab hoone püstitamise käigus tarbitud energia omama üha suuremat kaalu hoone olelusingis.

Käesolev uurimistöö eesmärk on ehitusettevõtete poolt ehitustegevuse käigus tekkiva süsinikujalajälje väljaselgitamine ja selle teadlikkuse analüüs ning võimalike vähendamiskohtade leidmine.

Antud eesmärkide täitmiseks on püstitatud järgnevad uurimisküsimused:

- Mis on tänane teadlikkus ehitustegevuse käigus tekkivast süsinikujalajäljest ja kui palju seda jälgitakse?
- Millised on suurimad süsinikujalajälje tekitajad ehitustegevuse käigus?
- Kui suur on ehitusobjektidel tekkiv süsinikujalajalg ja kuidas seda vähendada?
- Mis on tänane valmisolek süsinikujalajälje vähendamiseks ehitusobjektidel?

Uurimustöö on jaotatud kolme etappi, millest esimeses osas on antud ülevaade ehitussektorit mõjutavatest faktoritest, mis kehtivad või hakkavad lähiajal kehtima. Samuti tuuakse välja erinevad praktikad, kuidas ehitussektoris mõõdetakse ja kajastatakse jätkusuutlikku tegevust.

Teine osa viidi läbi koos Toomas Keskülagaga, kellega koostöös on uuritud ehitussektori teadlikkust mittefinantsiliste näitajate deklareerimise osas ning süsinikusisalduse vähendamise teadlikkust ehitustegevuse käigus. Antud uurimustöö osa on läbi viidud poolstruktureeritud intervjuude vormis, milles osalesid suuremad peatöövõtu ettevõtted, ehitusmaterjalide tootjad ja ehituskonsultatsiooni ettevõtted.

Kolmandas osas on võetud uurimisobjektiks ehituse peatöövõtu ettevõtte Maru Ehitus AS ning uuritud selle ettevõtte poolt läbi viidud objektidel tekkivat süsinikujalajälge tarbitud energia põhjal. Uurimise alla on võetud peatöövõtja poolt tagatud ja tarnitud energiakandjad hoone ehitamise käigus. Selleks leiti, mis on nende energiakandjate osakaal süsinikujalajälje tekkimisel ja kuidas on võimalik selle tulemusel süsinikujalajälge vähendada ehitustegevuse käigus.

Töö väljundiks on ehitusturu hetke olukorra teadlikkuse analüüs seoses jätkusuutliku ehitustegevusega. Ühe ettevõtte poolt läbi viidud objektide näitel ehitustegevuse käigus tekkiva süsinikujalajälje uurimise all oleva osa arvutus ning selle põhiliste tekkekohtade väljaselgitamine.

Võtmesõnad: Süsinikujalajalg, olelusring, keskkonnajalajalg, hoone energiatõhusus, magistritöö

1. JÄTKUSUUTLIK EHITUS

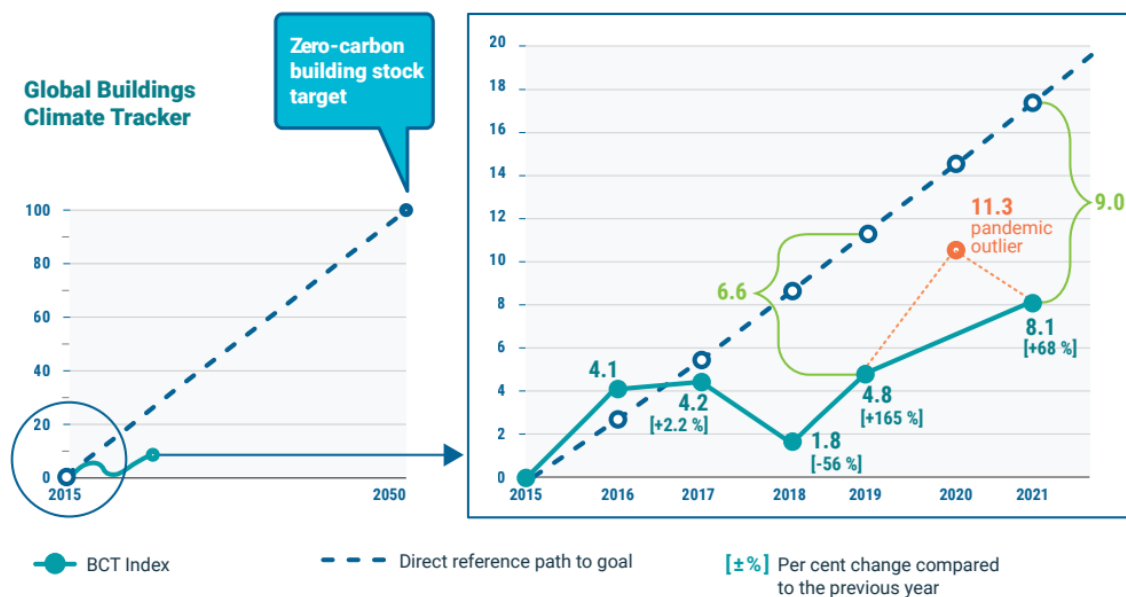
Antud peatükis antakse ülevaade, miks on ehitustegevusest tekkiv süsinikujalajälg oluline ja kui suurt rolli omab ehitussektor globaalsest süsinikujalajäljest. Samuti tehakse ülevaade, mis on tänased tegevused EL-is ja Eestis seoses süsinikujalajälje vähendamisega ning kuidas hakkab süsinikujalajälje jälgimine mõjutama ehitustegevust lähitulevikus.

1.1 Ehitussektori süsinikujalajälg ja sellest tulenevad EL ja Eesti eesmärgid

Seoses suurenenud tähelepanuga kliimamuutusele on viimastel aastatel tehtud mitmeid ülemaailmseid otsuseid, et vähendada inimtekkelist globaalset süsinikujalajälge. Sellest tulenevalt on ÜRO riigid kokku leppinud, et aastaks 2050 on vähendatud süsinikujalajälge nii palju, et maailma keskmine aastane temperatuur ei kasvaks üle 2,0°C ja tehakse jõupingutusi, et see jääks pigem alla 1,5°C. Selle kohane kokkulepe jõustus 4. novembril aastal 2016 läbi Pariisi kliimakokkuleppe. (United Nations, 2016)

Ehitussektor omab globaalses süsinikujalajälje tekkes väga suurt rolli. Ehitustegevuse ja ehitiste ülalpidamisega seotud tegevustes kasutati aastal 2021 ülemaailmsest toodetud energiast ligikaudu 34% ning selle tagajärjel tekkis ligikaudu 37% globaalsest süsinikujalajäljest. (United Nation, 2022).

ÜRO raportis „2022 hoonete ja ehitiste globaalne raport“ (inglise keeles: *2022 Global Status Report for Buildings and Construction*) on välja toodud, et võrreldes 2020 (COVID pandeemia aasta) ja 2021 aastaga on ehitussektori tegevuste poolt tekkinud süsinikujalajälg suurenenud 5% ning on kõige kõrgemal tasemel alates Pariisi kliimakokkuleppest. (United Nation, 2022)



Joonis 1. Ehitussektori globaalse jalajälje muutus 2015–2021 protsentides. Roheliselt on näidatud maha jäävust protsentides (United Nation, 2022)

Raportist tuleb välja, et Pariisi kliimakokkulepe järgselt ei ole tehtud ehitussektoris piisavalt tööd, et saavutada globaalne eesmärk jõuda süsinikneutraalse tegevuseni aastaks 2050. Lähtudes lineaarsest protsessist, siis aastaks 2021 pidi olema saavutatud süsiniku heidete vähendamine võrreldes 2015 aastaga ligikaudu 17% (Joonis 1), tegelikkuses on sellest eesmärgist saavutatud vaid 8,1% ning eesmärgist ollakse maas koguni 9%. (United Nation, 2022)

EL on globaalse kliimanetraalsusega seoses välja töötatud seadusandluste pakett „fit for 55“, millega on võetud vastu eesmärk aastaks 2030 vähendada süsinikujalajälge 55% võrreldes aasta 2021 seisuga. Selle paketi raames on välja töötamisel erinevad määrused ja direktiivid. Nendest kaks hakkavad väga suurel määral mõjutama ehitustegevust ja ehitusettevõtteid lähitulevikus. Need on: Ettevõtte jätkusuutlikkuse raporteerimise direktiiv (CSRD – *Corporate Sustainability Reporting Directive*) ja Hoone energiatõhususe direktiiv. (Euroopa Liit, 2023, 2022, 2021).

Jätkusuutlikkuse raporteerimise nõuded on EL-is kehtinud aastast 2017, kui jõustus mittefinantsteabe avalikustamise direktiiv (NFRD - *Non-Financial Reporting Directive*). Selle eesmärk oli parandada suuremate ettevõtete, pankade ja kindlustusasutuste läbipaistvust. Selle direktiivi alusel peavad suuremad ettevõtted (üle 500 töötajaga avalikud ettevõtted) koostama ESG raporti ja avalikustama selle koos majandusaasta aruandega või eraldiseisva dokumendina. CSRD on selle sama direktiivi edasiarendus, mis laiendab raporteerimiskohustust väiksematele ettevõtetele ja lisab raporteerimisse

kindla struktuuri ning teeb raporti auditeerimise kohustuslikuks. CSRD mõjualasse hakkavad kuuluma ka mitmed Eestis tegutsevad ehitusettevõtted. (Euroopa Liit, 2022, 2014)

Viimane uuendatud versioon EL hoonete energiatõhususe direktiivist on avalikustatud 2021. aasta lõpus ja selle kohaselt peaks kogu EL jõudma süsinikneutraalsete uusehitisteni aastaks 2030. See on kahtlemata ambitsioonikas eesmärk, sest samaaegselt muutub selle määruse põhjal hoone energiamärgis olulusringi põhiseks. See toob kaasa lisaks hoone kasutamisest tulenevale energia kasutamise arvestusele ka hoone rajamise ja lammutamisega seotud energiakasutamise. Samuti muutuvad mõõdikud aastas tarbitud energialt (kWh/(m²a) süsinikujalajälje (kgCO₂e) põhiseks. Süsinikujalajälje mõõdikud tulenevad globaalse soojenemise indikaatoritest, kus arvutatakse kasvuhuonegaaside mõju vastavalt nende koefitsiendile ümber CO₂e põhisele mõõdikule, et tulemusi kajastada läbi ühe mõõdiku. (inglise keeles: *Global Warming Potential Indicators*). (Euroopa Liit, 2021; Kurnitski, 2022)

Eestis on 2022 aasta lõpus valitsuse poolt vastu võetud „Eesti 2035“ arengustrateegia. Strateegias on välja toodud kaks eesmärki, mis on tihedalt seotud ehitustegevusega ja ehitistega. Välja on toodud, et 2019 aastal toodeti 14 mln tCO₂e maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse sektoris. Selle sektori alla kuulub ka ehitustegevus, sest on seotud maakasutuse ja selle muutusega. Selles osas on sõnastatud 2035 eesmärgiks vähem kui 8 mln tCO₂e. See tähendab, et järgmise 12 aastaga on vaja maakasutussektoris vähendada süsinikujalajälge ligikaudu 55% võrra. Täpselt ei ole selles osas välja toodud palju mõjutab maakasutuse muutuse osa ehitustegevus.

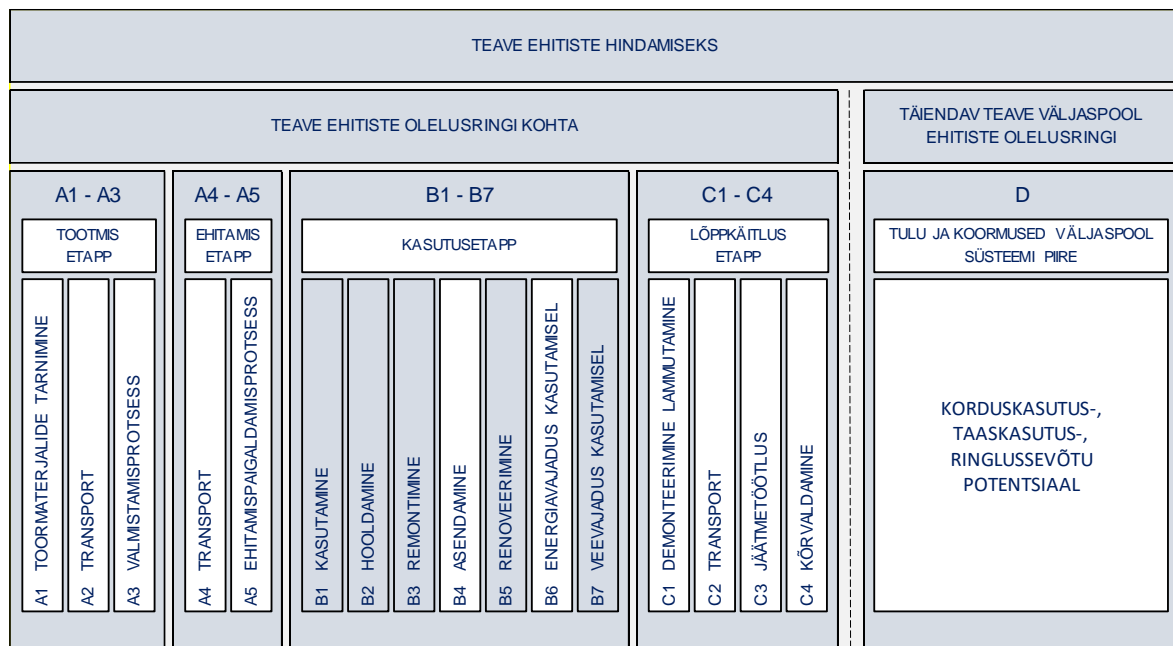
Teiseks on sõnastatud elamute ja mitteelamute energiatarbimise vähendamine, mille 2019 aasta tase oli 16,5 TWh ning eesmärk on seda vähendada aastaks 2035 14,5 TWh-ini. Seega eesmärk on vähendada energia tarbimist elamute ja mitteelamute sektoris ligikaudu 12%. See hõlmab ka uusehitiste poolt juurde tulevat, kui ka uusehitiste arvelt vähenevat energia tarbimist, sest uuemad ehitised on enamasti energiasäästlikumad. Kui vaadelda Eesti ja EL eesmärke, siis on näha, et Eestis vastu võetud eesmärgid jäävad alla EL seatud eesmärkida, mis tõttu võib oletada, et neid tõenäoliselt lähiajal uuendatakse. (Eesti Vabariigi Valitsus, 2021)

Hoone elukaare põhisele arvutusele üleminek on planeeritud Eestis aastal 2027, kui rakendub EL hoone energiatõhususe miinimumnõuete direktiiv ning millekohaselt kõik uued hooned, mis on suuremad kui 2000 m² peavad omama olulusringi arvutust. Alates aastast 2030 laieneb sama kohustus kõikidele hoonetele. Sellega laiendatakse

energiamärgise olemust kogu ehitise elukaarele ning energiamärgis antakse terve hoone olelusringile (LCA – *Life Cycle Assessment*), mis hõlmab endast ehitustegevust, kasutust ja remonte ning lammutust. (Euroopa Liit, 2021; Kurnitski, 2022)

1.2 Olelusring ja süsinikujalajälje hindamine ehitustegevuses

Hoone olelusringi arvutuse tööriist on Eestis veel väljatöötamisel ning lõplikud komponendid on kokku leppimata. Vastava tööriista hetkel kättesaadava tööversiooni (uurimustöö koostamise hetkel v2.0) on kokku pannud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi (MKM) tellimusel Tallinna Tehnikaülikooli teadlased ja Soome ettevõtte OneClick LCA eksperdid. Välja pakutud tööriistas on mitmeid välistusi (Joonis 2) sealhulgas ei kajasta tööriist ehitustegevuse käigus tarbitud energiat vaid ainult materjalide jäägi tekkimist ehitustegevuse käigus. (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2021)



Joonis 2. LCA arvutuse tööriist – MKM tellimusel koostatud (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2021)

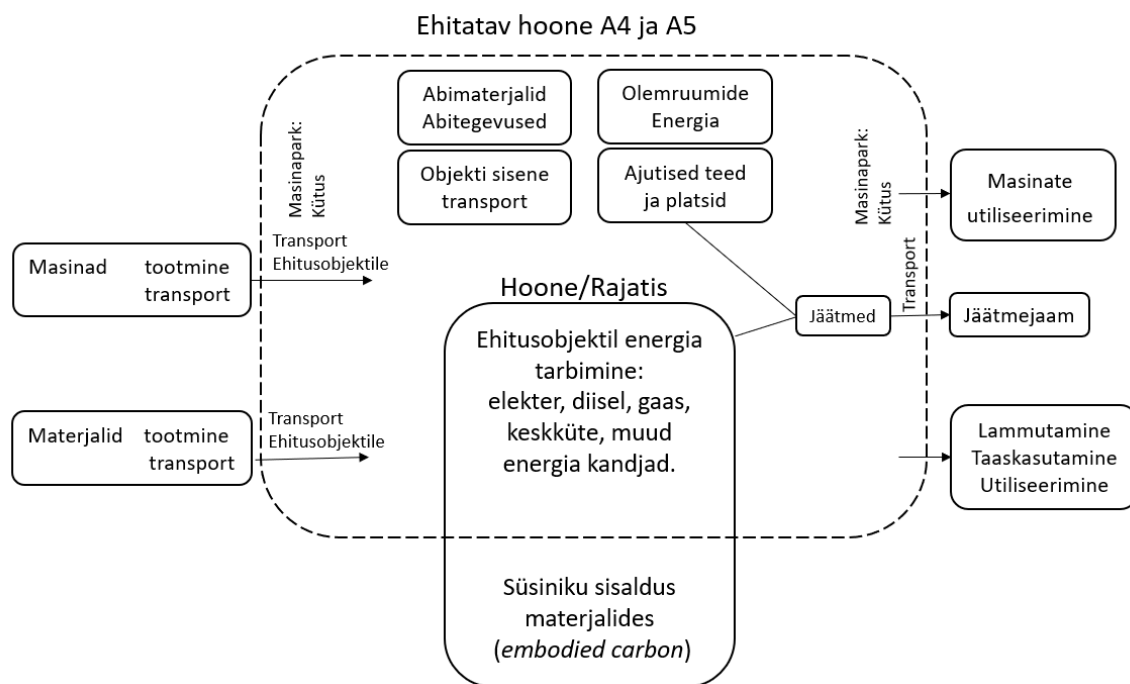
Ehitusandmed, mida tööversioonis olevas LCA tööriistas arvesse ei võeta on Joonisel 2 kajastatud tumesiniselt. Need andmed on tööriistas lihtsustatud ja tulevad sisse

eeldusliku valemiga. Lisaks sellele on tööriistas tehtud muid lihtsustusi, millest antud töös keskendutakse A5 etapile.

Olelusringi arvutamine toimub vastavalt standardile EVS-EN 15978:2011 ning seal on kirjeldatud, et A5 etapp peab koosnema kõikidest ehitusega seotud tegevustest, mis on seotud ehitusobjekti valmimisega. Seal hulgas ehitusmasinad, ajutiste ladustusalade kütmine ja jahutamine, ehitusplatsi sisene transport, abitööd ja toodete muutmise ehitusplatsil, hoone kütmine ja jahutamine ehitustegevuse ajal, tooted, mis on ühekordse kasutusega nt betooniraketised ning veevajadus ehitusplatsil. Eeltoodud nimekirja on hetkel välja jäätud MKM tellimisel koostatud tööriistast ning LCA arvutuse tööriistas on ainult käsitletud ehitus- ja paigaldusprotsessis kaotsi läinud materjali ning ehitusplatsil tekkivaid muid jäätmeid. See on välja toodud ka tööriistaga seotud lõpparuandes, et ehitamise etapi all kajastatakse kalkulasioonis ainult materjalide raikamist ehitusplatsil. ("EVS-EN 15978," 2011; Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2021)

Tööriista aruandes on Maardu juhtumiuuringu näitel välja toodud, et Eesti versioon antud tööriistast kajastab ehitusprotsessi etappi väiksemana, kui võrreldav Soome ja Level(s) versioon, tuues välja, et ehitusprotsessi käigus toodetakse $0,4 \text{ kgCO}_2\text{e}/(\text{m}^2\text{a})$. Seda on ka tööriista aruandes välja toodud, et üks kajastamist vajavaid osi olelusringi ehitusetapis peaks olema ehitustegevuse käigus kasutatud energia. (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2021)

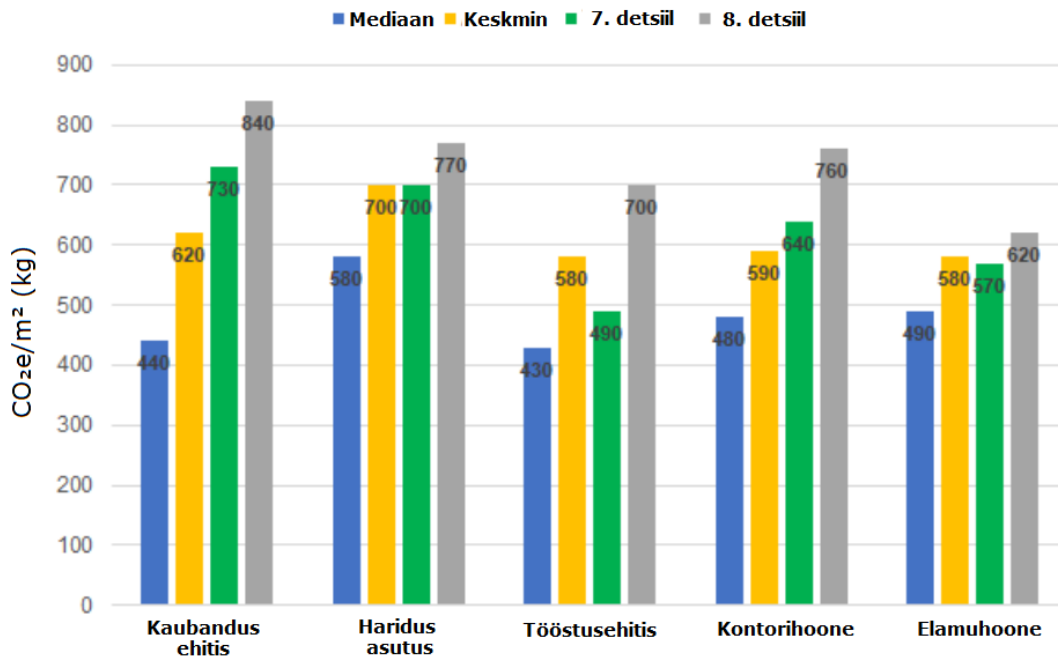
Joonisel 3 on näha, et ehitamisetapp koosneb väga paljudest osadest, mille puhul hetkel võetakse arvesse erinevates LCA arvutustes vaid üksikuid. Seda tehakse üldiselt andmete kogumise mahu vähendamiseks. See tingib olukorra, kus välja jäätud osade süsinikujalajälge arvutustes arvesse ei võeta ja see hakkab moonutama ehituse tegelikku süsinikujalajälge.



Joonis 3. Autori poolt koostatud Weigert töö põhjal ehitamisetappide jagunemise skeem (Weigert et al., 2022)

Ettevõtte OneClick LCA, kellega koostöös on välja töötatud ka MKM tellimisel LCA tööriist, on koostanud 2021 aastal 27 Euroopa riiki hõlmava uurimustöö keskmiste LCA väärtuste kohta. Selles töös on analüüsitud 3737 hoone LCA arvutusi, millest 315 on tehtud Ida-Euroopa kohta (kuhu alla kuulub ka Eesti). OneClick LCA arvutustes kasutatakse hoone olelusringi pikkuseks 60 aastat (MKM tellimisel tehtud tööriistas 50 aastat). Selle tõttu on erinevate arvutuste võrdlemine aastapõhiste LCA väärtuste põhjal keeruline, sest mida pikem on olelusringis kajastatud periood, seda rohkem hakkab olelusringis mõju avaldama ehitise kasutusiga. Selle tulemusena aasta põhisel ümber arvutusel tuleb olla tähelepanelik, et ei võrreldaks liiga suure kasutusega vahega LCA kalkulatsioone (ei ole mõistlik võrrelda 100 aasta ja 50 aasta kasutusega olelusringi andmeid, sest kasutamise ajal tekkinud süsinikujalajalg hakkab pikema kasutusega hoone puhul domineerima). (OneClick LCA, 2021)

Materjali süsiniku jalajälg - Mediaan, Keskmine, 7. detsiil, 8. detsiil



Joonis 4. Väljavõtte Ida-Euroopa tulemustest OneClick LCA uuringust (autori tõlgitud) (OneClick LCA, 2021)

Selle uuringu tulemusena on hoonete LCA mediaan väärtus Ida-Euroopas ehitatud hoonete puhul 430...580 kgCO₂e/m² (Joonis 4). Antud juhul teeb see ühe aasta kohta 7,2...9,7 kgCO₂e/(m²a), arvestusega, et tulemused on 60 aasta kohta. Uuringus on välja toodud ka kitsendus, et A5, B2, B6, B7 ning D mooduleid ei ole arvutustes arvesse võetud. (OneClick LCA, 2021)

Sarnaseid välistusi leidub ka teistes uurimustöodes ning puudub ühine alus, mida kaasatakse LCA arvutustesse ja mida mitte. Kõikidel riikidel ja teenusepakkujatel on välja töötatud enda LCA arvutamise põhimõtted, mida toodi välja ka MKM tellimisel väljatöötatud tööriista aruandes. Seda on tehtud ka Eesti olelusringi tööriistas, kus on ehitustegevuse hindamisest välja jäätud suur hulk süsinikujalajälje tekitajaid. (Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2021; OneClick LCA, 2021)

1.3 Ehitamise süsinikujalajälge hindavad uurimustööd

Ühes teadustöös on kokkuvõtvalt uuritud hoonete süsinikujalajälje kohta koostatud erinevaid teadustöid. Selle töö raames uuriti 198 teist uurimustööd ja vaid üksikutes on kajastatud ehitusobjektile tarbitud energiat. Tööd, kus on ehitustegevuse

süsinikujalajälge kajastatud viitavad sellele, et seda peaks rohkem arvesse võtma. Enamasti on välja toodud, et ehitusplatsi tegevuse jalajälge hinnatakse läbi ehitusmasinate ja seadmete kasutamise. See võib tuleneda sellest, et viidatud töös välja toodud töödest 54% põhinevad LCA metoodikale ja nagu eelnevalt on kirjeldatud, siis LCA-st tihti jäetakse välja A5 (ehitustegevus) etapp, ning ehitusmasinaid kajastatakse A4 (transport) etapi all. (Joseph and Mustaffa, 2021)

Sellelgi pooles on A4 ja A5 moodulit erinevates teadustöodes uuritud ja üldistavalt on välja toodud, et umbes 75% rajamise käigus tekkivast süsinikujalajäljest tekkib läbi materjalide transpordi ja 25% ehituse käigus tarbitud energiast. Läbiviidud uurimistöodes on kajastatud masinate ja transpordiga seotud süsinikujalajälge mõnel korral koos ja mõnel korral lahus, ehk ei ole eraldatud platsi sisest transporti materjali transpordist. Kuid sellegi poolest on suurusjärgud olnud enamasti samaväärsed. Uurimistöodes on välja toodud, et tekkinud süsinikujalajalg tekkib põhiliselt ehitusobjektile elektrienergia tarbimisest ja tarbitud kütustest. Need uurimustööd on koostatud Austrias ja Koreas, kus elektritootmise süsinikujalajalg jääb vahemikku 0,114...0,18 kgCO_{2e}/kWh, Eestis toodetud elektrienergia süsinikujalajalg on aga 0,946 kgCO_{2e}/kWh. (European Environment Agency, 2022; Lee et al., 2018; Statista, 2020; Weigert et al., 2022)

Sellest tulenevalt oleks Eesti kontekstis sama uuringu tulemused märkimisväärselt erinevad. Eestis toodetud elektrienergia süsinikujalajalg on 8 korda suurem, kui võrreldavas artiklis. Eesti puhul antud protsentuaalne väärtus oleks samadel alustel (transpordi jalajälge muutmata ja muutes elektri energia süsinikujalajälge) vastupidine ning energia osakaal oleks ligikaudu 70% ning transpordi osakaal 30%. Seda tulenevalt Eestis toodetud elektrienergia kõrgest jalajäljest. (European Environment Agency, 2022; Weigert et al., 2022)

Ühe töö puhul on uuritud ka ehituse alguse mõju süsinikujalajälje tekkele, mille puhul leiti, et otsene seos on töömahuka (inglise keeles: *Laberintence*) tegevuse ja süsinikujalajälje vahel kütteperioodil. Selle uurimuse kohaselt peaks alustama ehitustegevusega sellisel ajal, et kõige töömahukamad tööd nagu betooni- ja siseviimistlustööd jääksid mitte kütteperioodile. Samuti toodakse välja, et ehituse alguse muutmine võib tuua kaasa ka ehitustegevuse kestvuse vähenemise. (Li et al., 2017)

Tihti seostatakse rohelist ehitamist LEED ja BREEAM sertifikaadiga. LEED süsteemi puhul on 110-st võimalikust punktist 13 punkti, mis on seotud ehitustegevusega. Nendest 5 punkti annab LCA vähendamine, ehk mida väiksem on hoone olelusring, seda

rohkem saab hoone LEED sertifikaadi täitmise punkte. Ülejäänud punktid tulevad jäätmete haldamisest, vee kasutusest ja materjalide EPD olemasolust. BREEAM-i puhul on välja toodud, et 21,6% maksimaalsest skoorist annavad ressursid ja energia, kuid ehitustegevust ennast ei ole nende ressursside ja energia arvestuses otseselt välja toodud, sertifikaadis keskendutakse põhiliselt hoone kasutamisele. Seega mõlema sertifikaadi puhul on hoone ehitustegevuse mõju lõpp skoorile peaaegu olematu. (BRE Global, 2021; Team, 2016)

2. UURIMISTÖÖ METOODIKA JA LÄHTEANDMED

Tulenevalt töö eesmärgist, milleks on välja selgitada ehitusettevõtete teadlikkus süsinikujalajälje tekkest ehitusprotsessis ja hinnata ehitustegevuse käigus tekkivat süsinikujalajälge, on see uurimus jagatud kolmeks etapiks. I etapis tehakse kirjanduse ja ettevõtte avaliku info analüüs. II etapis teostatakse intervjuud ettevõtete teadlikkuse kaardistamiseks. III peatükis teostatakse juhtumiuuring ettevõtte Maru Ehitus AS läbiviidud objektide näitel. Kõigis nendes etappides keskendutakse suurimate süsinikujalajälje tekitajate tuvastamisele ehitusplatsil; ehitusobjektidel tekkiva süsinikujalajälje hindamisele; ehitamisel tekkiva süsinikujalajälje vähendamisele; ettevõtete valmisolekule ehitamise süsinikujalajälge vähendada.

Täpsemalt käsitletakse esimeses etapis lisaks kirjanduse ülevaatele ka ehitusettevõtete keskkonnasäästliku ehitamise avalikku infot. Selleks analüüsitakse valitud ettevõtete majandusaasta aruandeid, kodulehtesid ja muid avalikke infoallikad. Ehk selle käigus vaadatakse läbi valimisse sattunud ehitusettevõtete avalik informatsioon ja selgitatakse selle põhjal välja, kui palju ettevõtted enda jätkusuutlikkusega seotud tegevust kajastavad. Teises etapis viiakse läbi suuremate ehitusettevõtete, ehituskonsultatsiooni ettevõtete ja tootmisettevõtetega poolstruktureeritud intervjuud, mille käigus uuritakse, milline on ettevõtete teadlikkus süsinikujalajälje tekkimisest ehituses ja mis on valmisolek selle vähendamise osas. Kolmandas etapis viiakse läbi juhtumiuuring, mille käigus uuritakse välja Maru Ehitus AS objektide põhjal ehitustegevuse käigus tekkiv süsinikujalajalg, keskendudes täpsemalt energia tarbimisest tekkinud jalajäljele.

2.1 I etapp: kirjanduse ülevaade ja Eesti ettevõtete avaliku teabe analüüs

Lisaks esimese peatüki kirjanduse ülevaatele on selle etapi uuritavaks objektiks valitud ehitusettevõtted ja ühikuks nende pool avalikus informatsioonis kajastatav informatsioon keskkonnaga seotud tegevuse kohta.

Ettevõtete valim

Uurimise alla võetud ettevõtete valikuks oli kolm kriteeriumit. Esiteks ettevõtte peab olema ehitusettevõtte, kinnisvaraga tegelev ettevõtte või olema deklareerinud enda üheks tegevusvaldkonnaks ehitustegevuse. Teiseks kriteeriumiks oli suurus ehk valiti aastakäibe suuruse järgi suurimad ettevõtted. Kolmandaks otsiti lisaks ehitusvaldkonnas tegutsevaid ettevõtteid, kellel on koostatud ESG raport, kuid ei sattunud esmasesse valikusse.

Ettevõtted on leitud valimisse esmalt Eesti Ehitusettevõtjate Liidu (EEEL) kodulehel välja toodud suurte ehitusettevõtjate nimekirjast, kelle põhitegevus on peatöövõtu teenuse pakkumine (käive alates 13 mln €). Seejärel lisatud Nasdaq Baltic börsiettevõtted, kes eelnevas nimekirjas ei kajastunud, seda tulenevalt sellest, et paljud kinnisvaraga tegelevad ettevõtted ei ole EEEL liikmed. Kolmandaks on otsitud erinevate turul tegutsevate ettevõteteid, kellel on koostatud ESG raport, kuid ei kajastu eelnimetatud nimekirjas. (EEEL, 2022)

Nasdaq Balti põhinimekirjast tuvastati uurimistöö koostamise hetkel, et ehitusturul tegutsevaid ettevõtteid on kokku 7, kelle põhisuund on kas ehitustegevuse läbiviimine või kinnisvarasektor. Nendeks ettevõteteks on: Arco Vara, EfTEN Real Estate, Harju Elekter, Hepsor, Merko, Nordecon, Pro Kapital Grupp (Tabel 1). Nimekirjast on välja jäätud Enefit Green, kelle suurimad investeeringud on infrastruktuuri, kuid kes liigitub enda põhitegevuse osas energiasektorisse ja ei too välja ehitustegevuse jalajälge enda aasta aruandes.

Välja toodud ettevõtetest on nimekirjas kaks, kes tegutsevad peatöövõtu valdkonnas ning neli kinnisvaraarenduse ja majandamise valdkonnas. Üks valimisolev ettevõtte, Harju Elekter, on enda aastaaruandes välja toonud, et 26% tema tegevusega seotud keskkonna jalajäljest on seotud uute hoonete ehitusega, ning selle tõttu on see ettevõtte siia nimekirja lisatud. (Nasdaq Baltic, 2023)

Mittebörsiettevõtete ülevaatesse on valitud Astlanda Ehitus OÜ, Kaamos Ehitus OÜ (Kaamos Grupp), Mapri Ehitus OÜ, Maru Ehitus AS (Maru kontsern), Oma Ehitaja AS, TREF AS, TREV-2 Grupp AS, YIT Eesti AS ja Timbecon Woodhouse OÜ (Tabel 1). Valim tehti eelpool loetletud kriteeriumite alusel ja EEEL liikmete hulgast juhuvalimi teel. Lisaks on valimis ka kaks ettevõtet, kes ei ole EEEL liikmed. Mapri Ehitus OÜ on võetud valimisse, sest tegu on Eesti ühe suurima ehitusettevõttega ning Timbecon Woodhouse OÜ on kaastaud, sest antud ettevõtte on koostanud põhjaliku ESG aruande ja sõnastanud enda täpsed eesmärgid süsinikujalajälje vähendamiseks.

Tabel 1. Valimisse sattunud ettevõtete põhinäitajad (d-Systems, 2023; Nasdaq Baltic, 2023)

	Börsi ettevõtte	käive 2021 (mil €)*1	töötajaid (2021 II kvartal)*1	Tegevusvaldkond
Arco Vara	JAH	*2	*2	Kinnisvara arendus, haldus
Hepsor	JAH	*2	*2	Kinnisvara arendus, haldus
Eften	JAH	*2	*2	Kinnisvara arendus, haldus
Pro Kapital	JAH	*2	*2	Kinnisvara arendus, haldus
Merko (andmed ainult Merko Ehitus AS kohta)	JAH	175	310	Ehituse peatöövõtt Kinnisvara arendus
Nordecon (andmed ainult Nordecon AS kohta)	JAH	138	213	Ehituse peatöövõtt Kinnisvara arendus
Harju Elekter	JAH			Elektri infrastruktuuride ehitus, tootmine
Oma Ehitaja AS	EI	25	40	Hoonete ehituse peatöövõtt Kinnisvara arendus
Maru Ehitus AS	EI	42	69	Hoonete ehituse peatöövõtt Kinnisvara arendus
Tref AS (AS Tref Nord)	EI	34	126	Infrastruktuuride peatöövõtt
Astlanda Ehitus OÜ	EI	60	68	Hoonete ehituse peatöövõtt Kinnisvara arendus
YIT Ehitus AS	EI	62	118	Kinnisvara arendus
Kaamos Ehitus OÜ (Kaamos kinnisvara)	EI	65	43	Kinnisvara arendus (ehitustegevus omaarendusel)
Mapri Ehitus OÜ	EI	83	115	Hoonete ehituse peatöövõtt Kinnisvara arendus
Trev-2 Grupp AS	EI	106	416	Infrastruktuuride peatöövõtt
Timbeco Woodhouse OÜ (Timbeco Ehitus OÜ)	EI	19	87	Kinnisvara arendus, tootmine (paigaldab oma toodangut)

*1 – Andmed ligikaudsed

*2 – Info puudu, sest jaguneb mitme ettevõtte vahel ja ei ole võimalik võrreldavatel alustel välja tuua

Uurimises kasutatavad lähteandmed

Valimisse sattunud ettevõtted jagati kahe kriteeriumi vahel, millest üks on börsil noteeritud ettevõtted ja teine börsil mitte noteeritud ettevõtted:

- Börsiettevõtte analüüsiks kasutati majandusaasta aruannetest ja ettevõtte kodulehelt leitavat informatsiooni. Seal juures otsiti ka kodulehel avalikustatud artikleid ja börsiteateid ning analüüsiti, kuidas leitud artiklid kajastavad jätkusuutlikku ehitustegevust või kas on täiendavat infot võrreldes aruannetega.

- Mittebörsiettevõtete puhul kasutati samu meetodikaid nagu ka börsiettevõtetal, kuid siin keskenduti põhiliselt ettevõtte kodulehel olevale informatsioonile, sest üldiselt eraettevõtted majandusaasta aruandes mittefinantsilist infot ei kajasta.

2.2 II etapp: ettevõtete teadlikkuse intervjuud

Lähteülesandeks on võetud läbi intervjuude uurida, milline on Eestis tegutsevate suuremate ehitusettevõtete teadlikkus süsinikujalajälje ulatusest ehitustegevuses (suunitlusega ehitusplatsi tegevusele) ja teada saada, kas ollakse valmis seda vähendama.

Intervjueeritavate valim

Esmane intervjueeritavate valim koostati EEEL kodulehel välja toodud suuremate ettevõtete seast, kus valiti välja kõik peatöövõtuga tegutsevad ettevõtted. Intervjueeritavate valik tehti eeldusel, et mida suurem on ettevõtte, seda rohkem on ettevõtte teadlik enda tegevuse käigus tekkivast jalajäljest ja sellest, et neil on reaalne võimalus seda vähendada. Valimisse ei võetud väiksemaid ettevõtteid, kuna nende tegevus on väga spetsiifilistes valdkondades ja nad tegutsevad üldiselt alltöövõtu korras ehitusobjektidel. Ettevõtete seas on mõned ettevõtted, kes juba raporteerivad mittefinantsilisi näitajaid ning mõned, kes peavad alustama mittefinantsilisi näitajate raportite koostamisega aastal 2025 seoses CSRD jõustumisega.

Intervjueeritavate hulka valiti ka tootmis- ja konsultatsiooniettevõtted. Tootmisettevõtete sissetoomise eesmärk on välja tuua, et osaliselt on Eestis juba ettevõtteid, kes teadvustavad ja aktiivselt tegelevad enda süsinikujalajälje vähendamisega ning soov on nende ettevõtete näol saada sisendit, millest ehitussektor võiks õppust võtta. Konsultatsiooniettevõtete intervjueerimise eesmärk on saada aru, mis kujul täna tellijate konsultandid panustavad jätkusuutlikku ehitustegevusse ja sellest tulenevalt, kuidas on võimalik nende panust sellesse tõsta. Samuti uuriti konsultatsiooniettevõtetalte hoonete tellijate nägemust.

Enamus intervjueeritavad olid ettevõtte tegevjuhid või juhatuse liikmed. Neljal juhul anti ettevõttega kontakti loomisel eraldi isiku kontaktid, kes vastutab ettevõttesiseselt jätkusuutliku ettevõtte valdkonna eest (Tabel 2).

Tabel 2. Intervjueeritud ettevõtted ja intervjueeritud isiku ametikoht

Ettevõtte	Intervjueeritav
Kaamos Kinnisvara AS	Tegevjuht
Eventus Ehitus OÜ	Juhatuse liige
KMG Infra OÜ	Juhatuse liige
Mitt ja Perlebach OÜ	Juhatuse liige
Nordecon	Osakonnajuht/Jätkusuutliku tegevuse eest vastutav isik
Merko	Osakonnajuht/Jätkusuutliku tegevuse eest vastutav isik
AS TREV-2 Grupp	Osakonnajuht/Jätkusuutliku tegevuse eest vastutav isik
Maru Ehitus AS	Tegevjuht
Inseneribüroo TELORA OÜ	Juhatuse liige
Ehitusinsener OÜ	Juhatuse liige
BREMAN OÜ	Juhatuse liige
Betoonimeister AS	Juhatuse liige
Alistron AS	Juhatuse liige
Maru Metall AS	Osakonnajuht/Jätkusuutliku tegevuse eest vastutav isik

Intervjuude meetod

Uurimustöö andmete kogumise vormiks on valitud poolstruktureeritud intervjuu, sest sellisel juhul saavad uurimise läbiviijad küsida täpsustavaid küsimusi ja suunata vastama sisukalt antud küsimusele. Samuti aitab see küsimuste tausta selgitada, kui selleks vajadus tekib, kuna teema, mille kohta töö läbi viiakse on vähetuntud. (Virkus, 2016)

Intervjuu vorm annab kõikidele vastajatele kontrollitult võrdsed tingimused vastamiseks. Kõikidele intervjueeritavatele saadeti välja sooviavaldus intervjuus osalemiseks, mille teemaks on ESG. Pooltel juhtudel viisid intervjueerijad läbi täiendava telefonivestluse, et selgitada küsimuste olemust tuues osalejatele välja, et eelnevad teadmised ei ole olulised, sest osa intervjuu eesmärgist on teadlikkuse väljaselgitamine. Intervjueeritavale ei saadatud küsimusi ette tutvumiseks.

Küsimustik koostati ettevõtte jalajälje tekkimise uurimiseks. Küsimustega keskendutakse alguses sellele, kas ettevõtte on enda tegevuse käigus tekkivast jalajäljest teadlik. Seejärel, mis on teadmised süsinikujalajälje vähendamise osas ning lõpus uuritakse, mida on ettevõtted valmis tegema, et seda vähendada.

2.3 III etapp: ehitustegevuse süsinikujalajälje hindamise juhtumiuuring

Selle etapi eesmärgiks on võetud ehitusobjektidel tekkiva süsinikujalajälje analüüsimine ja hindamine. Juhtumiuuringu aluseks on võetud Maru Ehitus AS poolt teostatud ehitusobjektid ja ettevõtte poolt kogutud andmed.

Objektide valimi

Ehitustegevuse käigus tekkiva süsinikujalajälje arvutamiseks on kogutud AS Maru Ehituse poolt läbi viidud ehitusobjektide andmed. Tarbitud elektrienergia kogused on saadud kahel viisil. Esmalt koguti kuude kaupa tarbitud elektrinäidud, teiseks võeti alguse ja lõpu näitude fikseerimise aktid. Kõik tarbitud elektrienergia andmed pärinevad peatöövõtja poolt paigaldatud elektriarvestilt.

Tarbitud kütused on peatöövõtja poolt tarnitud ning on kasutatud ainult hoone või rajatise kütmiseks. Arvestatud kaugkütte energia andmed on saadud esitatud arvete põhiselt. Uurimistööst on välja jäätud alltöövõtjate poolt tarbitud kütused seadmetele (ehitusmasinad, tõstukid vms), sest selle informatsiooni kätte saamine ja kontrollimine ei osutunud valimisse võetud objektidel võimalikuks.

Uurimise alla võeti ehitusobjektid, mis on läbi viidud perioodil 2020-2023 ja kus mõõdeti tarbitud energiat ehitustegevuse käigus. Lisaks on uurimisse kaasatud üks 2015 kuni 2016 aastatel läbi viidud projekt, mille kohta olid uurimustöö koostajal kuupõhised andmed olemas. Kõikide objektide süsinikujalajälje arvutuses on kasutatud 2021 elektrienergia tootmise süsinikujalajälje andmeid. Seda tulenevalt soovist võrrelda hoonete ehitusaegset süsinikujalajälge samadel alustel. Kõik uurimise all olevad objektid asuvad Eestis ja on läbi viidud erinevate meeskondade poolt. Kõik objektid on korraldatud ISO 9001, 14001 ja 45001 nõuete kohaselt. Nende kriteeriumite alusel koostatud ehitusobjektide valim on näidatud Tabelis 3.

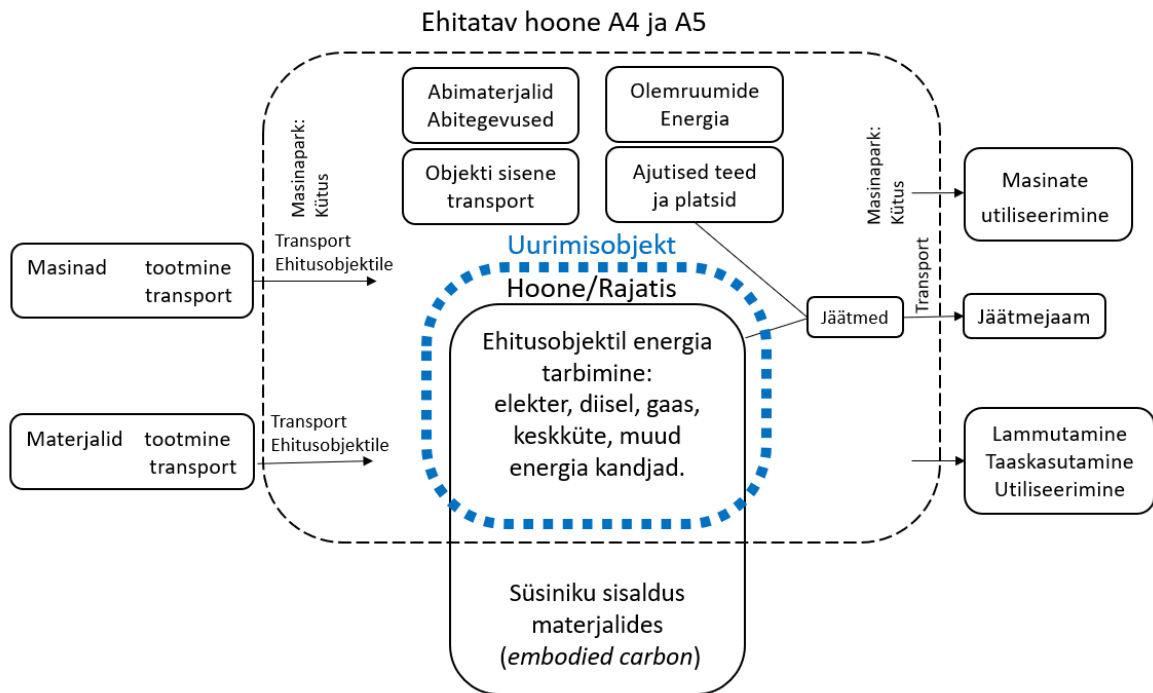
Tabel 3. Juhtumi uuringus kasutatud objektide loetelu ja põhiandmed

Objekti asukoht	Objekti tähis	Kasutusotstarbe klassifikaatsioonid	Neto m ²	Ehituse algus	Ehituse lõpp	Kestvus kuudes
Harjumaa	Objekt 1	12518 Masina- ja seadmetööstuse hoone, 12201 Büroohoone	1430	juuli 2023	jan 2023	6
Harjumaa	Objekt 2	12519 Muu tööstushoone	1900	oktoober 2022	märts 2023	5
Harjumaa	Objekt 3 - soojak	12519 Muu tööstushoone, 12201 Büroohoone	500	juuli 2022	nov 22	4
	Objekt 3 - plats					
Harjumaa	Objekt 4 - kilp 1	*1	1280	nov 20	veb 22	15
	Objekt 4 - kilp 2					
Tallinn	Objekt 5	11222 Muu kolme või enama korteriga elamu, 12201 Büroohoone	8150	sept 20	aprill 22	19
Harjumaa	Objekt 6	12529 Muu laohoone	2170	sept 21	Juuli 22	10
Harjumaa	Objekt 7	12201 Büroohoone	9000	sept 15	Juuni 16	9
Pärnu	Objekt 8	12519 Muu tööstushoone	1380	dets 20	juuni 21	6

*1 – Hoone kasutusotstarve ei ole avalikustatud

Analüüsi meetod

Hetkel puudub otsene arvutusmetoodika hoone rajamise käigus tekkiva süsinikujalajälje arvutamiseks ning seda on erinevates uurimustöodes käsitletud erinevalt, seda leiti ka kirjanduse analüüsi käigus alapeatükis 1.2. Üldine läbiv osa hoone rajamise käigus tekkivast jalajäljest on seotud tarbitud energia ja transpordiga. Transpordi kaugust tootmisettevõtte ja ehitusplatsi vahel on MKM poolt välja töötatavas tööriistas kajastatud A4 etapis. Ehitusobjektile tarbitud energiat ja sellest tekkivat süsinikujalajälge peaks kajastama A5 etappi all. See on arvutuse lihtsustamiseks aga MKM poolt tellitud tööriista metoodikast välja jäätud ja hetkel võetakse selle etapi all arvesse ainult ehituse käigus kasutatud jäätmeid, mis on hinnanguliselt 5% paigaldatud materjalist. Selleks, et välja selgitada, mis osa on arvutusmetoodikast on välja jäätud, võetakse käesolevas töös uurimise alla olulusringi arvutusest üks etapp, mis on kajastatud Joonisel 5 ja on seotud otseselt ehitustegevusega ehitusobjektile. Energia tarbimisest saadud andmed arvutatakse ümber süsinikujalajäljeks ning võrreldud erinevate objektide ruutmeetri põhiseid süsinikujalajälje andmeid.



Joonis 5. Uurimistöö piiritus (autori koostatud uurimustöö *Carbon Emissions of Construction Processes on Urban Construction Sites 2022* põhjal). (Weigert et al., 2022)

Arvutustes kasutatud CO₂e lähteandmed

Kogutud lähteandmed uurimustöö läbiviimiseks on toodud Lisades 1 ja 2. Tarbitud elektri CO₂e on võetud Eestis toodetud elektri põhiselt (ei ole arvestatud taastuvat energiat) ning andmed pärinevad EL keskkonnaagentuuri aruandest. Viimased andmed 2021 aasta kohta on, et Eestis toodetud elektrienergia CO₂e on 946g kWh kohta. Siinkohal peab välja tooma, et Elering AS poolt väljastatud segajäägi põhine arvutus on, et 2021. aasta keskmine CO₂ sisaldus on 636,58 g CO₂/kWh kohta. Antud andmed on vastuolulised ning erinevate riikide vahel võrdluste tegemiseks on uurimustöö koostaja võtnud arvutuste aluseks EL keskkonnaagentuuri aruandest saadud andmed, sest need on EL riikide vahel võrreldavad. (Elering, 2023; European Environment Agency, 2022)

Erinevate kütuste CO₂e heide on saadud otse kütuse põletamisest tekkiva heitena kuna kütuseid põletati soojusenergia saamiseks. Objektile on saadud kaugkütte läbi gaasikatla, mille puhul on teada kasutegur 90%, mis on arvutuses arvesse võetud. CO₂e heide sellel objektile kaugküttest on saadud läbi gaasi CO₂e heite arvutuse, mida on kasutatud kaugküttes soojusenergia tootmiseks.

Teisel kaugkütte juhul on saadud kaugkütte CO₂ heite kogus läbi kaugkütte CO₂ heite ja kaugkütte soojuskao tõttu tekkinud CO₂ heite liitmisel. Andmed pärinevad Utilitas

2021 majandusaasta aruandes välja toodud 71g CO_{2e}/kWh ja Tallinna Tehnikaülikooli uurimustööl „Eesti kaugküttesektori CO₂ heitmed“ 131tCO₂/mWh (andmed pärinevad 2019 aruandest). Siinkohal tuleb välja tuua, et kaugkütte keskmised väärtused ei kajasta tegelikku kaugkütte süsinikujalajälge, kuid antud objekti puhul oli kaugkütte tootmise viis teadmata. (Eesti Jõujaamade Kaugkütte Ühingu, 2021; Utilitas, 2023)

Tabel 4. Arvutustes kasutatud energiakandjate süsinikujalajälg kWh kohta (Eesti Jõujaamade Kaugkütte Ühingu, 2021; Engineering ToolBox, 2023; European Environment Agency, 2022; Utilitas, 2023)

Kütus	kgCO _{2e} /kWh
Maagaas	0,18
Propaan	0,22
Diisel	0,25
Kaugküte	0,202
Elekter - Eesti	0,946
Elekter - Austria	0,114

3. UURIMISTÖÖ TULEMUSED

Käesolevas peatükis esitatakse uurimistöõ tulemused vastavalt eespool kirjeldatud metoodikale. Iga alapeatüki lõpus on välja toodud kokkuvõtte käsitletud teemast. Uurimistulemuste arutelu toimub peatüki viimases alapeatükis.

3.1 Eesti ettevõtete avaliku teabe analüüs

Eesti ehitusettevõtete seas on uurimistöõ läbiviimise hetkel kaks ettevõtet, kes peaks edastama mittefinantsilist infot NFRD kontekstis. Samas on mitmed ettevõtted, kes on börsil noteeritud (Nashdaq Balti põhinimekirjas), lisanud enda aastaaruandesse mittefinantsilist infot, milles mõnel juhul mainitakse ka jätkusuutlikku tegevust. Mittebörsiettevõtete seas ei ole levinud mittefinantsilise info kaasamine majandusaruandesse ning nende puhul on põhiline infoallikas ettevõtte koduleht.

3.1.1 Börsiettevõtete ülevaade

Arco Vara

Toob välja sotsiaalse vastutuse punkti all ühe lõiguna: *"Me innustame ja julgustame oma inimesi osalema vabatahtlikena heategevusprojektides. Oma igapäevatoos lähtume keskkonnasäästlikkuse põhimõtetest, kasutades eeskätt digitaalseid võimalusi: digiallkirja, digitaalset arhiveerimist ning büroosisest andmetöötlust ilma füüsiliste andmekandjateta."* (Arco Vara, 2023)

See on kogu aruande peale ainuke informatsioon, mida antud ettevõtte edastab keskkonna säästliku informatsiooni kohta. Aruandes ei ole ühtegi arvutatud ega jälgitavat väärtust, mida saaks mõõta ja arvestada, kas ettevõtte suund on kooskõlas jätkusuutliku keskkonna arengu põhimõtetega.

Hepsor

Toob selgelt välja enda aasta aruandes „Vastutustundlik ettevõtte“ alapeatükis, et kontsern plaanib välja töötada 2022 jooksul jätkusuutliku ettevõtte strateegia ja loetleb ülesse enda põhieesmärgid, mis on kooskõlas rohepöörde põhimõtete ja EL „fit for 55“ kavaga. Kontsern toob välja, et on keskendunud jätkusuutlikule arendusele ning omab enda portfellis juba roheline mõtteviisiga ehitatud ärihooneid ning plaanib neid ka

edaspidi ehitada. Lisaks keskkonna aspektide välja toomisele on käsitletud ka sotsiaalseid ja juhtimise (põhiväärtuste) põhimõtteid. (Hepsor, 2022)

Kuigi Hepsor ei ole enda majandusaasta aruandes välja toonud täpseid näitajaid on aruandega tutvudes näha, et kontsern on võtnud kindla hoiaku, et keskkonna aspekt on neile oluline ja sõnastanud ettevõtte eesmärgid, mis on mõõdetavad. (Hepsor, 2022)

EFTEN Real Estate Fund III AS

Antud ettevõtte ei too välja ühtegi keskkonna säästlikkuse, sotsiaalse ega juhtimis kulutuuri aspekti enda 2021 (ega ka 2022 aruandes, ülevaate koostamise hetkel kättesaadav). (EFTEN Real Estate Fund III AS, 2023)

Pro Kapital Grupp

Ettevõtte toob enda aastaaruandes selgelt välja, et keskkonna aspektid on nende arendustegevuses olulised ja toob välja ka projektid, kus on suur rõhku pandud keskkonna aspektidele (näiteks on toodud A++ energiaklassiga hoone ehitus). Samuti on välja toodud ka nende suhtumine sotsiaalsete ja ettevõtte juhtimis aspektide vaates ning sõnastatud väärtused. (Pro Kapital Grupp, 2023)

Aruandest ei tule välja ühtegi mõõdetavat väärtust või eesmärki, mida saaks järgmise aastaga võrrelda ja teha kokkuvõtteid arengutest antud suunal. (Pro Kapital Grupp, 2023)

Merko Ehitus AS

Käesolev ettevõtte täidab NFRD kohustuse nõude (ehk on üle 500 töötaja ja avalik ettevõtte). Aruandes on ettevõtte välja toonud „vähendame mõju keskkonnale“ peatükis, et ettevõtte on 2021 aastal oma tegevuse käigus paisanud õhku 7194 tonni CO₂-ekvivalenti (siin kohal peab välja tooma, et aruandes puudub arvutamise alus ja infot ei saa kontrollida), kasutab rohe energiat enda ehitustegevuses ja hoolib ehituse käigus tänavate puhtusest (tuues välja ühe juhtumi rehvipesust). Samuti on välja toodud panus ühiskonda ja ettevõtte personali tunnustamine. (Merko Ehitus, 2021)

Kuigi kõiki aspekte on puudutatud aruandluses, siis pole välja toodud ühtegi mõõdetavat väärtust peale süsinikujalajälje. Samuti puuduvad keskkonna hoiu eesmärgid, mis tulevikus kohustuslikuks saavad.

Nordecon

Ettevõtte täidab samuti NFRD kohuslase nõudeid. Aruanne on ülesse ehitatud põhjalikult ning välja on toodud eraldi kõik ESG väärtused ning sisustatud võrreldavate andmetega (on võimalik võrrelda eelmise aastaga). Keskkonna aspektide all on välja toodud ühe tütarettevõtte täpsed tulemusnäitajad energia tarbimise osas ning üldistatult on väljendatud millise energia klassiga hooneid on ehitatud. Energia tarbimis näitajate puhul on välja toodud ka CO₂-ekvivalendi arvestus. (Nordecon, 2021)

Aruande keskkonnajalajälje osa on sisustatud osaliselt ja puudub süsinikuekvivalendiks ümberarvutus. Sellegi poolest aruanne on hästi sisustatud ning annab hea ülevaate tegevustest tekkiva keskkonna jalajälje suhtes, samas puuduvad selged eesmärgid, mis on võetud enda tegevuse jalajälje vähendamise suunas.

Harju Elekter AS

Ettevõtte on enda aasta aruandes selgelt välja toonud, et 26% tegevusest on seotud uute hoonete ehitusega siis ülevaate terviklikkuse huvides on see siia sisse toodud. Aasta aruandes on selgelt välja toodud ESG alateema. Ettevõtte aruandes on välja toodud võrreldavad numbriliselt näitajad ning liigitatud NACA koodide (NACA - *Nomenclature of Economic Activities*, Euroopa statistika klassifikatsioonid keskkonna aspektides) alusel tegevus kulud. Sõnastatud on selged eesmärgid ja põhimõtted mille alusel tegutsetakse ja on paika pandud eesmärgid, mida soovitakse saavutada. (Harju Elekter, 2021)

Ettevõtte on NFRD deklareerimis kohuslane ja on täitnud enda kohustuse läbi GRI standardi rakendamise enda aasta aruannetes alates aastast 2017. Võrreldes eelnevalt välja toodud ettevõtetega on informatsioon esitatud konkreetsete väärtustega ja on teostatud võrdlused eelneva aastaga ning sõnastatud tuleviku strateegiad. (Harju Elekter, 2021)

Börsiettevõtete analüüsi kokkuvõte

Peatöövõtu ettevõtete kontekstis saab välja tuua, et on suurt rõhku pandud keskkonna aspektide info edastamisele enda aasta aruannetes. Ettevõtted on koostanud arusaadavaid kokkuvõtteid enda keskkonna teemadest, kuid puudulikuks jääb hetkeolukorra kaardistamine. Sellest tulenevalt on puudu tulevikku vaatav informatsioon, ehk mõõdetavad eesmärgid, mille poole püüeldakse tulevatel aastatel või seostamine EL suuremate eesmärkidega.

Kinnisvara arendus ettevõtete kontekstis võib kokkuvõtlikuks välja tuua, et arenemisruumi on palju. Ainult kahel ettevõttel neljast oli välja toodud seisukohad keskkonna arengu suhtes, mis olid läbi mõeldud ja neid oli kajastatud strateegiliste eesmärkide kontekstis. Kuigi kinnisvara ettevõtted tõid välja põhiväärtused või arusaam keskkonna olulisusest puudusid numbrilised näitajad, mis oleks realselt mõõdetavad ja jälgitavad. Sellest informatsioonist lähtuvalt ei deklareeri antud ettevõtted enda aasta aruandes informatsiooni CSRD aruande koostamiseks vajalikus koguses. (siinkohal peab välja tooma, et aruande kohuslaseks saavad ettevõtted alles aastal 2025-2026).

Tabel 5. Börsiettevõtete avaliku teabe analüüsi tulemuste kokkuvõte

	Arco Vara	Hepsor	EFTEN	Pro kapital	Merko	Nordecon	Harju Elekte
NFRD - mõju	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah	Jah	Jah
ESG aruanne	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei ole kindlat vormi - info olemas osaliselt	Ei ole kindlat vormi - info olemas osaliselt	Jah - GRI vormil
Mittefinantsilised näitajad aasta aruandes	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah
Süsinikujalajälje kogus	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah - GHG põhjal	Ei - toodud välja ühe allüksuse kütusekulu	Jah - GRI vormil
Keskkonna eesmärkide kirjeldus ja mõõdikud	Ei	Ei	Jah – eesmärgid koostamisel	Jah - mõõdikud puudu	Jah - mõõdikud puudu	Jah - mõõdikud puudu	Jah – mõõdikud olemas
CSRD mõjualas 2025-2026	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah	Jah

3.1.2 Mittebörsiettevõtete ülevaade

Oma Ehitaja OÜ, Maru Ehitus AS, TREF AS

Need ettevõtted ei too eraldi välja jätkusuutliku tegevuse informatsiooni. Osadel juhtudel on kodulehelt leitavad ainult ISO9001, ISO14001 ja ISO45001 sertifikaadid (Tref AS, 2023), (Maru AS, 2023), (Oma Ehitaja AS, 2023).

Astlanda Ehitus OÜ

Pealehel on välja toodud, et tegutseb efektiivse ja keskkonna sõbraliku ettevõttena. Puudub muud täiendav info või kuidas keskkonna hoid toimub. Välja toodud ISO 9001, ISO14001 ja OHSAS18001 (Astlanda Ehitus OÜ, 2023)

YIT EESTI AS

Ettevõtte kuulub suuremasse rahvusvahelisse gruppi ja see kajastub ka informatsioonis, mis on avalikustatud. YIT Eestil on kodulehel välja toodud selge strateegia, mille üheks fookuseks on ESG. Välja on toodud arengu suunad ja ülevaade eesmärkidest. Välja on toodud ka, et keskkonnakriteeriumite täitmiseks on pühendatud teaduspõhiste eesmärkidele (inglise keeles: *Science Based Targets*). Puudub aga informatsioon tegevuse jalajäljest ja selle mõõtmisest. Sellegi poolest on võetud endale eesmärgiks järgida Pariisi kokkuleppe eesmärke. (YIT Eesti AS, 2023)

Kaamos Ehitus OÜ

Kontserni kodulehel on välja toodud eraldi rubriik „ROHELINE KAAMOS“ seal all on välja toodud ettevõtte keskkonna alased põhimõtted. Ettevõtte on sõnastanud eesmärgid saavutada süsiniku neutraalsus läbi oma poolt rajatud elektri tootmise võimekuse ning toob välja, et 2022 aastal on kasutusele võtnud kõikides enda hoonetes roheenergia. Samuti toob välja, et mõned oma arendused on saanud LEED Gold sertifikaadid. Edastatud on väga selge sõnum, et ettevõtte on võtnud prioriteediks keskkonna teadliku lähenemise ja on välja toonud, et neil on üldine ESG strateegia. Küll aga ei ole välja toodud ühtegi numbrilist väärtust või võrreldavat infot, mille läbi oleks tuvastatava arengu aastate lõikes. („Roheline Kaamos,” 2023)

Mapri Ehitus OÜ

Ettevõtte toob enda väärtuste all välja: „*Hoolime sellest, et ehitussektor toimiks keskkonnasäästlikult, oma tegevusega jätame ümbritsevale keskkonnale võimalikult väikse jalajälje.../*”, rohkem informatsiooni ettevõtte kohta leitav ei ole. (Mapri Ehitus OÜ, 2023)

TREV-2 Grupp AS

Ettevõtte on välja toonud ESG poliitika, kus on sõnastanud keskkonna hoiu plaanid ja sõnastanud, et teadvustavad enda tegevuse keskkonna mõju. Välja ei ole toodud ühtegi eesmärki või konkreetset tegevust, mis selleks on tehtud. („Jätkusuutlikkus - TREV-2 GRUPP,” 2023)

TIMBECO WOODHOUSE OÜ

Ettevõtte on koostanud sisuka ESG raporti, kus on ära kaardistanud ja sidunud enda tegevused globaalse kliimasoojenemise eesmärkidega, lähtuvad sõnastatud Pariisi kliimakokkuleppest. Ettevõtte keskendub enda ESG raportis väga tugevalt keskkonna jalajälje vähendamisele ja on loonud endal eesmärgid, mille kohaselt plaanivad nad jõuda 2028 aastaks süsinikneutraalseks kogu ettevõttega. (Timbeco, 2023)

Mittebörsiettevõtete analüüsi kokkuvõte

Ettevõtete seas on näha madalat huvi kajastada enda ESG väärtuseid ning välja tuua ettevõtte strateegilisi eesmärke keskkonna hoiu osas. Sellegi poolest on mõned ettevõtted seda teinud ja sõnastanud arusaadavad jätkusuutliku tegevuse eesmärgid. Ettevõtted, kes on rohkem enda ESG teemasid kajastanud on rohkem seotud tootmis poolega või kuuluvad mõnda suuremase gruppi. Eraettevõtete puhul ei saa välja tuua ühtegi mõjuvat joont, kes kajastab enda keskkonnajalajälge rohkem või vähem. Koond ülevaade on esitatud Tabelis 6.

Tabel 6. Mittebörsiettevõtete avaliku info tulemuste kokkuvõte

	Oma Ehitaja OÜ	Maru Ehitus AS (Maru Kontsern)	Tref AS	Astlanda Ehitus OÜ	YIT Ehitus AS	Kaamos Ehitus OÜ (Kaamos Grupp)	Mapri Ehitus OÜ	Trev-2 Grupp AS	Timbeco Woodhouse OÜ
NFRD - mõju	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah - Kontsernina	Ei	Ei	Ei	Ei
ESG aruanne	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah	Ei	Ei	Ei	Jah
Mittefinantsilised näitajad aasta aruandes	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei
Süsinikujalajälje arvutus	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah
Keskkonna eesmärkide kirjeldus ja möödikud	Ei	Ei	Ei	Ei	Jah	Jah - Grupina	Ei	Ei	Jah
CSRD mõjualas 2026	EI	Jah - Kontsernina	EI	EI	Jah - Kontsernina	Jah - Grupina	Jah	Jah - Grupina	Ei

3.1.3 Olulisemad järeldused

Kõikidest uuritud ettevõtetest selgub, et enamus börsiettevõtted on kajastanud enda aruannetes ja avalikus ruumis tegevusi, mis näitavad nende liikumist rohelise ettevõtluse poole. Seda suunab ka üha suurenev avalik huvi jätkusuutliku tegevuse osas. Ainult paar ettevõtet on jätnud avalikus infos kajastamata ettevõtte keskkonnahoiu poliitika. Sellegi poolest saab välja tuua, et informatsioon, mida enamus ettevõtete poolt kuvatakse, ei oma taustandmeid või konkreetseid eesmärke, mis näitaks ettevõtete edasisi plaane ning mida saaks kõrvutada ettevõtte eelmise aasta tegevusega. Üldiselt on näha, et uurimise läbiviimise hetkel oli ettevõtete avalik info pealiskaudne ning piirdus üksikute lausetega.

Üle pooled uuritud ettevõtetest hakkavad kuuluma hiljemalt aastast 2026 CSRD mõjualasse, mis tähendab, et need ettevõtted peavad hakkama koondama ja kirjeldama enda ESG mõju, mis on tekkinud hiljemalt 2025. aastal. Sellest tulenevalt saab eeldada, et keskkonnajalajälje info kajastamise kasv järgmise kahe aasta jooksul saab olema kõrge ning järgmiste aastate jooksul suureneb olulisel määral ka avaliku info kuvamine.

3.2 Ettevõtete teadlikkuse intervjuud

Käesolevas peatükis antakse ülevaade ehitussektoris tegutsevate ettevõtete jätkusuutliku tegevuse ja keskkonnateadlikkuse kohta. Seoses EL poolt vastu võetud keskkonnapoliitika seisukohtadega on töö peamiseks fookuseks valitud ehitustegevuse käigus tekkiv süsinikujalajälje hindamine. EL eesmärk on vähendada juba 12 aasta perspektiivis süsinikujalajälge 55% võrreldes 1990 aasta näitajatega, mis tähendab, et kõik sektorid peavad sellesse panuse andma. Kuna ehitustegevus ja ehitised omavad võrdlemisi suurt osakaalu globaalsest süsinikujalajälje tekkest, siis antud küsimustiku käigus võeti fookusesse selle teadlikus ja võimalikud vähendamise viisid. Intervjueeritavad jagunesid kolme põhi gruppi ja selle kohaselt olid ka vastused erinevast vaadetest tingitult varieeruvad. Analüüs on tehtud kõiki osapooli arveesse võttes ja üldistavalt.

3.2.1 Ehitustegevuse käigus tekkiv süsinikujalajälg

Ehitustegevuse käigus tekkiva süsinikujalajälje uurimisel suunati intervjueeritavaid välistama materjalide tootmisest tekkivat süsinikujalajälge, sest ehitusettevõtted ei saa ise materjali tootmises süsinikujalajälge vähendada. Sellegi poolest olid kõik

intervjueeritavad teadlikud, et see on hoone jalajälje suhtes üks suuremaid süsinikujalajälje tekitajaid. Täpsemalt kui palju ettevõtted jälgivad materjali jalajälge analüüsitakse alapeatükis hiljem.

Enamus intervjueeritavatest tõid välja, et suurimad kaks süsinikujalajälje tekitajat on transport ja tarbitud energia (kütuse või elektri näol). Kolmandaks suurimaks jalajälje tekitajaks toodi välja, et on raiskamisest tulenev jalajalg. Raiskamise all peeti silmas materjalide, kui ka muude ressursside raiskamist. Järgnevalt mainiti ka ehitusettevõtte kontori ülalpidamist ja ehitusplatsi olmeruume, mis ei ole otseselt ehitustegevuse endaga seotud, kuid on olulised ettevõtte ja personali jaoks.

Vastused kinnitavad uuringutes leitud järeldusi, mida on uuritud kirjandusanalüüsis, kuid vastavalt analüüsis väljatoodule, ei ole need Eesti kontekstis võrreldavad, sest Eestis toodetud elektri süsiniku jalajalg on palju suurem, kui riikides, mille põhjal uuringud on koostatud. (European Environment Agency, 2022; Pacheco-Torres et al., 2014; Weigert et al., 2022)

Küsitletud ettevõtetest, kes tegutsevad ehitusprotsessi juhtimisega, ainult üks kogub süsteemselt andmeid energia kasutuse kohta objektide kaupa ning arvutab selle tulemusel välja ettevõtte poolt tekitatud süsinikujalajälje. Mõned ettevõtted on kogunud või koguvad allüksuste kaupa või üksiku objekti kohta andmeid, kuid neid andmeid ei arvutata ümber süsinikujalajäljeks. Üldiselt toodi välja, et üksikute objektide kaupa kogutakse ettevõtetes andmeid, kui hoonele soovitakse saada LEED või BREEAM sertifikaati. Sertifikaadiga hoonete puhul on üldiselt info kogumine ja haldamine korraldatud hoone tellija poolt ning ehitusettevõtte ise ei sekku protsessi vaid edastab ainult küsitud infot. Hoonete sertifitseerimiseks vajalike andmete kogumine ja töötlemine on enamasti korraldatud kolmanda osapoole poolt, kes on hoone omaniku poolt palgatud.

3.2.2 Süsinikujalajälje vähendamise teadlikkus ja viisid

Ehitusprotsessi käigus on võimalik erinevatel viisidel süsinikujalajälge vähendada ja intervjueeritud ettevõtetelt uuriti, mis on nende nägemus, mis tekitab ehitustegevuses süsinikujalajälge ja mis oleks kõige mõistlikum viisi seda vähendada.

Siin eristusid tootmisettevõtted tugevalt ehituse peatöövõttu tegevatest ettevõtetest. Küsitletud tootmisettevõtted teadsid täpselt, mis on kõige kriitilisemad osad nende tootmistegevuses seoses süsinikujalajäljega ning kuidas on võimalik seda vähendada.

Kuna tootmise üheks suurimaks jalajälje tekitajaks on toormaterjal, siis seda välistades leiti, et järgmine suurim jalajalg on tarbitud elektrienergial, mille jalajälge on kõige mõistlikum vähendada läbi rohelisele elektrienergiale üleminekuga.

Ehituse konsultatsiooni ja peatöövõtu ettevõtete nägemus oli väga varieeruv ja ühest nägemust välja tuua ei saa. Välja saab tuua mõned korduvad viisid, millest üks on energia tarbimise vähendamine või energia allika muutmine.

Energia tarbimise vähendamist toodi välja erinevatel viisidel, millest üks on hoone ehituse ajastamist, et hoonet ehituse käigus peaks seda külmal perioodil vähem kütma. Teiseks energia allika vähendamise viisiks toodi välja, et olmetingimuste tagamiseks ehitustegevuse ajaks tuleks kasutada energiasäästlike lahendusi (uuemad soojakud). Kolmas energia vähendamise allikas, mis on tegevuse spetsiifilisem on vähendada asfaldi temperatuuri (või analoogselt kaubabetooni temperatuuri talvistes tingimustes).

Teiseks läbivaks osaks, mida välja toodi on ressursside ja aja raiskamine. Siin juures mainiti ära mitmel korral materjali raiskamise vähendamist läbi täpsema planeerimise. Samuti toodi välja, et suur osakaal on ehitustegevuse kestvusel, sest mida pikem on ehitustegevus, seda tõenäolisem on, et ehituse ajal on vaja hoonet kütta talvisel perioodil. Mõnel juhul toodi ka välja raiskamise kontekstis puuduste likvideerimist või ümber tegemist. Siin juures toodi ka välja, et ehituse käigus jalajälje vähendamise üheks viisiks oleks suurem eeltoodetud elementide hulga kasutamine.

Üheks enam mainitud jalajälje vähendamise viisiks toodi välja transpordi kauguse ja vormi vähendamist. Seda toodi välja nii materjalide kui ka inimeste transportimise aspektis, kuid sellele vastuse initsieeris suure tõenäosusega intervjuu ülesse ehituslik viis, kus küsiti enne antud teema juurde minekut materjalide ja inimeste transpordi jälgimise kohta, mida järgmises alapeatükis täpsemalt käsitletakse.

Teiseks läbivaks teemaks tõid ettevõtte esindajad välja energia allika valiku. Toodi välja korduvalt, et võiks kasutada roheenergiat. Üksikud ettevõtted tõid välja ka fossiilsed kütused, mida ehitustegevuses kasutatakse.

Kõrge teadlikkusega ettevõtted on üldiselt börsiettevõtted või suured kontsernid. Nendel ettevõtetel on teadlikus kõrge ning neil on välja töötatud enda ettevõtte põhised jätkusuutlikus kavad. Kõik kõrge teadlikkusega ettevõtted tõid välja, et hetkel puudub täpne juhised, kuidas lähil aastatel kehtima hakkavaid CSRD nõudeid täita ning on ootaval seisukohal, millised on riigipoolsed juhised nende reeglite täitmisel. Sellest olenemata on ettevõtetel olemas sisepoliitika ning mõnel juhul ka täpselt ära sõnastatud ESG enda

ettevõtte kontekstis. Seda aga ei ole tihti välja poole kuvatud või avalikult kättesaadavaks tehtud ning ei tulnud välja avaliku info analüüsist.

Madalama teadlikkusega ettevõtted tõid välja, et nende põhiline tegevus on vastavalt kliendi soovile ja nad täidavad kõiki turul kehtivaid reegleid vastavalt etteantud normidele. Madalama teadlikkusega ettevõtted omasid samas kõik ISO 14001 sertifikaati, mis peaks tõestama, et nad oma tegevuses lähtuvad pikaajalisest keskkonna hoiust ja jätkusuutlikust majandamisest. See aga intervjuude käigus intervjuueerija hinnangul välja ei tulnud ning siinkohal tuleb välja tuua, et kuigi ettevõtted omavad keskkonnajuhtimise sertifikaati, siis nende tegevus tegelikkuses sellest ei juhindu.

Ainult ühel juhul toodi välja, et ettevõtte osaleb vastutustundliku ettevõtluse foorumis ning osaleb tööandjate keskliidu poolt korraldatud seminaridel. Paar ettevõtet tõid välja, et on kasutanud konsultatsiooni ettevõtteid enda keskkonna jalajälje deklareerimisel või aruandlus vormi parendamisel.

3.2.3 Transpordiga seotud süsinikujalajälje vähendamine

Materjalide transpordi osas toodi välja, et kõige suuremaks määrajaks on hind ja transporti hakatakse vaatama ainult juhul, kui see hakkab hinda mõjutama. Üheks näiteks toodi mitmel korral odavaid aga raskeid materjale nagu täitematerjalid (liiv, killustik vms). Kuid samas toodi välja, et Eestisse imporditakse graniitkillustikku Hiinast, sest Soomes toodetud killustik on kallim. Osad ettevõtted tõid välja, et eelistatakse Eesti päritolu kaupaid, kuid seal juures oli põhiliseks aspektiks koostööpartneri usaldusväärsus. Paaril juhul toodi välja ka hübriid tehnika võimalusi (elektri autod või muud seadmed), kuid piiravaks teguriks täna nähti, et Eestis välja ehitatud laadimispunktide kogus ei ole piisav ja masinate soetus maksumus on märgatavalt kõrgem ning ühe laadimise korral läbitav distantis ei ole tihti piisav olenevalt ehitusobjekti asukohast.

3.2.4 Jäätmete sorteerimine

Jäätmete sorteerimise kohustus on laialdaselt levinud ja seda oli näha ka küsitletud ettevõtete seas. Kõik ettevõtted tõid välja, et ettevõtte kontoris sorteeritakse jäätmeid ning ka ehitusobjektidel on jäätmete sorteerimiseks vajalikud võimalused olemas. Üldiselt toodi välja ehitusobjektidel, et tagatud on olmejäätmete, puidu, metalli ja ohtlike jäätmete sorteerimise kohad.

Siin kohal toodi ehituskonsultatsiooni ettevõtete poolt välja aga küsitavus, et kuigi on olemas võimalused, siis kaheldi, kui palju järgitakse töömeeste poolt sorteerimisjuhiseid. Toodi välja heade näidetena suuremad ettevõtted, kellel on ISO 14001 sertifikaat (keskkonna ohje sertifikaat, mida saab ettevõtte endale taotleda läbi välja töötatud süsteemi ning auditeerimise) ja kes on ise endale võtnud kohustuse, kuid väiksemate ettevõtete seas on see pigem vähem levinud. Tihti väiksemad ettevõtted on need, kelle puhul on täheldatud, et kõik jäätmed lähevad ühte ehitus konteinerisse, milleks üldiselt on ehitus- ja lammutusjäätmed.

Mõned ettevõtted tõid eraldi välja enda jäätmekäitluskava ja head näited materjalide taaskasutamise kohta. Üheks selliseks on pinnase taaskasutamine teistel objektidel. Siin toodi näide teedehituses ja teede rekonstrueerimisel tekkiva pinnase, frees asfaldi ja muude täitematerjalide taaskasutamisest teistel ehitusobjektidel, mis üldjuhul läheksid utiliseerimisse läbi jäätmete ladestamise prügilasse. Samuti toodi välja teede ehituse valdkonnast, et uue asfaldi tootmises kasutada ära freespuru, mis on lubatud kandev- ja siduskihis kuni 20% ning kulumiskihis kuni 10%. Kuid hetkel seda riiklikud tellimused ei luba. (Altmäe, 2019)

3.2.5 Ehitusturu valmisolek süsinikujalajälje vähendamiseks

Kokkuvõtlikult uuriti kõikide intervjuueeritavate käest, mis on valmisolek CO₂ jalajälje vähendamise osas ja kas ettevõtted on valmis ka ise sinna panustama ilma, et see kohustus tuleks seadusandlusest. Mitmed ehitustegevusega seotud ettevõtted tõid välja, et täna on neil keskkonnajalajälje vähendamine üheks ettevõtte strateegiliseks eesmärgiks ning on käivitatud mitmeid pilootprojekte sellega seoses. Küll aga seda väikses mahus, sest finantsmahukaid investeeringuid ei saa teha, kui turg on ülesse ehitatud vähempakkumisele.

Ehituskonsultatsiooni ettevõtete esindajad aga see-eest tõid otse välja, et põhiliseks muudatuse initsiaatoriks saab tellija. Tänapäevases olukorras on väga vähe tellijaid, kes lisaks

ehitushinnale on hankes välja toonud muid kriteeriume, mida järgida. Toodi välja paar üksikut näidet, kus tellija on lisaks ehitushinnale seadnud ka ettevõtte tegevusele muid kriteeriume.

Samuti toodi välja ka, et tänane riigihangete süsteem ja tingimused ei toeta ning ei suuna ettevõtteid tegutsema keskkonnasäästlikult. Täna kehtivad miinimum kriteeriumid on üldiselt ettevõtetes tava (enamus suuremad ettevõtted tõid välja, et nende ettevõtete sisemised reeglid on rangemad, kui seaduses sätestatud) ning keskkonnasäästu kriteeriume ei ole hoone rajamisel reguleeritud.

Mõned ettevõtted tõid aga välja, et nende kindel suund on rohelisele energiale üleminekuks nii ettevõtte kontori kui ka ehitusobjektidel (sealhulgas mõned olid juba seda teinud). Põhiliseks kriteeriumiks, mis ajendaks ettevõtteid keskkonna säästlikumaks on see, kui see toob kaasa konkurentsi eelise.

3.2.6 Intervjuude lühikokkuvõte

Ehitussektoris tegutsevate ettevõtete teadlikkus ehitustegevuse käigus tekkivast jalajäljest on olemas, kuid esineb puuduseid. Enamus intervjuueeritavaid ettevõtetest omavad ISO 9001, 14001 ja 45001 sertifikaati, mis näitavad, et antud sertifikaatide sisu jääb ettevõtte juhtimisest kaugeks või ei osata seostada ESG sisuga.

Tootmisettevõtete huvi iseseisvalt süsinikujalajälge vähendada on madal, kuna põhiline nende tegevuse jalajalg tekib toormaterjalist ning ühel juhul oskas tootja välja tuua, et toormaterjal on kogust jalajäljest 97%. Seega tootmisettevõtete põhiline suund on leida alternatiivseid tarnijaid, kelle toormaterjalid on väiksema süsinikujalajäljega.

Ehituse peatöövõtu ettevõtete seas on olukord väga äärmuslik. Mõnel juhul on ettevõtetel enda sisemisest initsiatiivist välja töötatud ESG järgimise põhimõtted või teatakse täpselt, et EL-i poolt on vastu võetud nõudeid, mis hakkavad ehitusmaastiku mõjutama. Teiselt poolt on ettevõtete keskkonna teadlikkus madal ja tehakse seda, mida ehitise tellijad soovivad.

Kõik ettevõtted tõid intervjuude käigus välja, et selleks, et teadlikus tõuseks peab muutuma tellija poolt ülesehitatud hanke vorm odavaima hinna pealt mõnele muule vormile, kus hinnatakse ka muid tegevusi. Siinkohal põhiliselt toodi välja riikliku tellijat. Samuti toodi välja, et oodatakse riigi poolt täpseid suuniseid, kuidas CSRD jõustumise

korral peaks ettevõtted enda tegevust kajastama ning oodatakse riigi poolt koolitusi, mis oleksid avalikkusele kättesaadavad.

Ettevõtete poolt on seega kõrge ootus hetkel riiklikul tellijal ning riigil üldiselt, kelle suuniste järgi enda tegevust muuta või parendada. Eraldi teostatud MKM esindajaga intervjuu käigus selgus, et 2023 aprillis moodustatud valitsuse koalitsiooni kokkuleppes on plaanis edasi liikuda vähemuspakkumistelt ning sisse tuua väärtuspõhine pakkumine. Antud informatsioon on töö koostamise hetkel ebaselge, sest enne seaduse jõustumist ei saa riiklike plaanidega arvestada.

Tabelis 7 on toodud intervjuudest välja tulnud märksõnad ja koondatud need eelpool analüüsitud teemade kaupa. Tabel on koostatud kogu intervjuu kontekstis ehk kui intervjuueeritav mainis teemat mõne muu küsimuse käigus, siis on selle kohta ka vastav märged tehtud. Vastavalt metoodikale ei seostata ettevõtteid ja vastuseid.

Tabel 7. Intervjuude vastuste koondtabel

		EE 1	EE 2	EE 3	EE 4	EE 5	EE 6	EE 7	EE 8	EK 1	EK 2	EK 3	TE 1	TE 2	TE 3
Ehitustegevuse käigus tekkinud süsinikujalajälg	Transport	X	X	X		X		X	X		X	X			
	Hoone kütmine		X												
	Energia tarbimine				X	X	X	X				X	X		X
	Aja raiskamine	X													
	Materjalid												X	X	X
	Olmeruumid									X					
	Arvutab jalajälge						X							X	X
Süsinikujalajälje vähendamise teadlikkus ja viisid	Materjalide süsinikujalajälg					X			X				X	X	X
	Roheenergia	X				X	X	X							X
	Ehitusperioodi ajastamine	X	X		X										
	Olmeruumide energiatarbimise vähendamine									X					
	Ehitusmasinate heitgaaside vähendamine	X						X		X					
	Transporditavate toodete temp. vähendamine							X							
	Materjalide raiskamise / taaskasutus			X	X	X			X		X				
	Ehituskestvuse kestvuse /planeerimine	X	X		X	X			X		X				
	Hübriidtehnika / Elektril tehnika							X		X					
	transpordi kauguse vähendamine			X	X			X			X	X			
jäätmete sorteerimine	Kontoris sorteerimine	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Ehitusplatsil sorteerimine	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Materjali taaskasutamine	X		X									X		
CO ₂ Vähendamise valmisolek	On strateegiline eesmärk	X					X								
	Konkurentsi eelise		X					X					X		
	Tellija nõudlus			X				X		X	X	X			X
	Väike hinnamõju		X	X	X			X	X						X

EE - Ehituse peatöövõtu ettevõtte; EK - Ehitus konsultatsiooni ettevõtte; ET - Tootmisettevõtte

3.3 Ehitamistegevuse süsinikujalajälje hindamise juhtumiuuring

Kirjandusülevaates selgus, et ehitusetapis tekkivat süsinikujalajälge võtab MKM tellimusel koostatud tööriist arvesse osaliselt, samas on tööriista raportis välja toodud, et ehitustegevuse käigus kasutatud energiat peaks samuti arvesse võtma ehitusetapis. Sellest lähtuvalt on antud alapeatükis läbi viidud Maru Ehitus AS objektide põhjal uuring, et välja selgitada, mis on energiatarbimisest tekkiv süsinikujalajälg ehitusetapis ja kuidas oleks võimalik seda vähendada.

3.3.1 Süsinikujalajälg ehitustegevusest

Kirjanduse analüüsis selgus, et suur osa ehitusetapi süsinikujalajäljest on MKM poolt tellitud hoone olelusringi arvutuse tööriistast välja jäätud ja sellega seoses on käesolevas alapeatükis leitud, kui suure on ehitustegevuse käigus tekkiv süsiniku jalajälg.

Uurimise all olevad objektid varieeruvad väga suurelt enda suuruse poolest olles 500 kuni 9000 m². Samuti ehitus kestvused ulatuvad 4 kuust kuni 19 kuuni. Sellegi poolest on Tabelis 8 andmete põhjal näha, et hoone suurus ja kestvus ei määra ära ruutmeetri põhise süsinikujalajälge.

Tabel 8. Ehitustegevuse käigus tekkiv CO₂

Objekt	Neto pindala	kestvus kuudes	Elektri-energia	Diisel	Maagaas / Propaan	Kaugküte	CO ₂ kokku
			CO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)	kg/m ² kohta
Objekt 1	1430	6	6885				4,81
Objekt 2	1900	5	28280	7609			18,89
Objekt 3 - soojak			3493				
Objekt 3 - plats	500	4	193				7,37
Objekt 4 - kilp 1			17625				
Objekt 4 - kilp 2	1280	15	10220			11369	21,75
Objekt 5	8150	19	153105		34540		23,02
Objekt 6	2170	10	23665				10,91
Objekt 7	9000	9	126353	64260			21,18
Objekt 8	1380	6	24332		2185,7		19,22
Kokkuvõte			Σ= 394152	Σ= 71869	Σ= 36726	Σ= 11369	Keskmine= 15,89
			76,7%	14,0 %	7,1%	2,2%	
						köeti	Keskmine= 20,81
						ei köetud	Keskmine= 7,70

Uurimise all olevatel objektidel käsitleti tarbitud kütust ainult hoone ehitusaegseks kütmiseks ning masinate ja seadmete poolt tarbitud kütust ei mõõdetud. Kasutatud CO₂e lähteandmed leiab alapeatükist 2.3.

Uuritud objektide põhjal saab järeldada, et kõige suurem süsinikujalajalg tekkis ehitustegevuse käigus elektri tarbimisest, mis moodustas kokku 76,7% süsinikujalajäljest. Elektri tarbimise suurus tuleneb sellest, et see on põhiline energia allikas ehitusobjektidel. Selle tarbimisest tekkiv suur süsinikujalajalg tuleneb sellest, et Eestis toodetud elektri energia on suure jalajäljega võrreldes teiste EL riikidega.

Teiseks kõige suuremaks CO₂e tekitajaks ehitustegevuse käigus on hoone kütmiseks kasutatud diisel kütus. Diiselkütuse põletamisest hoone soojendamiseks tekkis 14% uurimise all olnud objektide süsinikujalajäljest. Diisli suur süsinikujalajälje osakaal tuleneb sellest, et seda on lihtne transportida ja hoiustada ehitusobjektidel. Kuna gaasi transport ja hoiustamine suures mahus on keerulisem ja selle teenuse pakkujaid on vähem, siis seda kasutatakse ka ehitusobjektidel vähem. Samuti ei ole tihti objektidel gaas läbi maagaasi ühenduse kättesaadav, sest selleks on vaja välja ehitada eraldi

liitumispunkt, et maagaasi kasutada ehitustegevuse käigus. Selle tulemusena on gaasi (maagaas kui ka propaan) osakaal süsinikujalajäljest 7,1%.

Kõige väiksem osakaal süsinikujalajäljest on kaugküttel, kõigest 2,2%. Seda tulenevalt sellest, et kaugkütte olemasolu ehitusobjektidel on erandlik. Samuti saab kaugkütet kasutada ehitustegevuse käigus alles väga hilises faasis, kuna eeldab kaugküttesõlme väljaehitamist.

Tabelis 8 on välja toodud kaugküte ainult objektidel 4, kuid seda kasutati ka objektidel 5. Objektidel 5 saadi kaugküte ehitusobjekti kõrvale rajatud kaugküte katlamajast (kolmanda osapoole poolt ehitatud), kus saadi soojusenergia läbi gaasi põletamise. Selle tõttu on objektidel 5 kajastatud kaugkütet gaasi süsinikujalajälje arvutuses.

Süsinikujalajälje teke neto pinna kohta uuritud objektide põhjal jääb vahemikku 4,81...23,02 kgCO_{2e}/m² ning kõikide uuritud objektide aritmeetiline keskmine on 15,89 kgCO_{2e}/m². Kui eristada objekte, kus kasutati lisaks elektrile ka muid energia allikaid, siis objektide 2, 4, 5, 6, 8 keskmine süsinikujalajalg on 20,81 kgCO_{2e}/m². Objektidel 1, 3 ja 7, kus kasutati ainult elektrit, on keskmine süsinikujalajalg 7,7 kgCO_{2e}/m².

On teada, et objektidel 1, 3 ja 7 ei köetud ehitatavat hoonet ehitustegevuse ajal ning selle tulemusena on ka nende objektide süsinikujalajalg oluliselt väiksem, kui objektidel, kus on ehitustegevuse ajal hoonet köetud.

Objektidel 3 on mõõdetud ehitusobjekti ja olmesoojakute elektri tarbimist eraldi ja selle tulemusena saab välja tuua, et kuna antud objektidel ei ole hoonet köetud ehitustegevuse ajal, siis 95% süsinikujalajäljest on tekkinud ehitusaegsetest olme ja kontori ruumidest ning kõigest 5% ehitustegevuse läbiviimisest, milleks põhiliselt olid elektrilised käsiseadmed.

Nelja ehitusobjekti kohta on kogutud ka kuupõhised andmed, nendeks on objektidel 2, 5, 7, 8. Antud objektide puhul on tegu ka ehitistega, kus kasutati ehitustegevuse käigus lisa kütteallikaid ja Tabelist 9 on näha, et kõige suurem süsinikujalajalg on tekkinud kütmissperioodil, aja vahemikus oktoober - märts, moodustades 80% kogu ehitustegevuse käigus tekkivast süsinikujalajäljest.

Tabel 9. CO₂ teke kuupõhiselt ja m² põhiselt

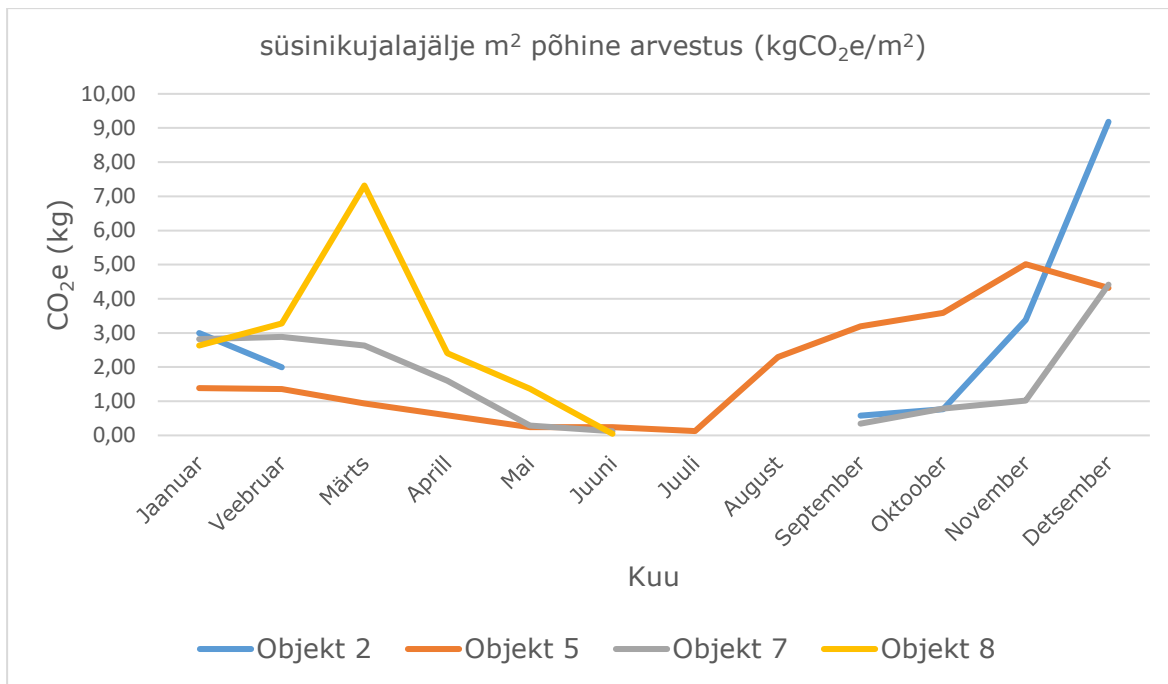
	CO ₂ e kuude kaupa (kg)				m ² põhine arvestus (CO ₂ e/m ²)			
	Objekt 2	Objekt 5	Objekt 7	Objekt 8	Objekt 2	Objekt 5	Objekt 7	Objekt 8
Läbiviimise aasta	2022-2023	2021	2015-2016	2020-2021	2022-2023	2021	2015-2016	2020-2021
Jaanuar	5691	11314	25395	3629	3,00	1,39	2,82	2,63
Veebruar	3794	11063	25996	4522	2,00	1,36	2,89	3,28
Märts		7606	23646	10097		0,93	2,63	7,32
Aprill		4774	14417	3327		0,59	1,60	2,41
Mai		1989	2571	1882		0,24	0,29	1,36
Juuni		1953	1090	65		0,24	0,12	0,05
Juuli		1038				0,13		
August		18689				2,29		
September	1101	26054	3076		0,58	3,20	0,34	
Oktoober	1455	29269	7033		0,77	3,59	0,78	
November	6425	40859	9184		3,38	5,01	1,02	
Detsember	17448	35183	39731	3030	9,18	4,32	4,41	2,20

Nende nelja objekti põhjal, mis on välja toodud Tabelis 9, moodustab elektrienergia tarbimine 85% kogust ehitustegevusest tekkivast süsinikujalajäljest ja muud energia allikad 15%. Siin juures saab välja tuua, et elektrienergiat tarbiti selle juures ainult 56% kogu energia tarbimisest nagu tabelis 10 on välja toodud.

Tabel 10. Elektri energia osakaalu CO₂ ja kWh võrdlus

	Elekter	Täiendav
CO ₂ (kg)	342671	61725
	85%	15%
kWh	362231	288690
	56%	44%

Graafikuliselt nende tulemuste analüüsis on näha, et kolme objekti puhul on ühes kuus tekkinud väga suur tõus (Joonis 6). See tuleneb sellest, et objektidel 2, 7 ja 8 toimusid vastavalt märtsis ja detsembris põrandate betoneerimised või siseviimistlustööd. See toob selgelt välja, et protsessid, kus temperatuuri tagamine on ehitustehnoloogiliselt oluline, toovad kaasa suuremad energia tarbimised ja selle tulemusena ka suurema süsinikujalajälje.



Joonis 6. Süsinikujalajälje teke m² põhine arvestus (kgCO₂e/m²)

Objekti 5 eristub enda olemuselt selle tõttu, et tegu on 19 kuud kestnud ehitusobjektiga ning põrandate betoneerimise ja siseviimistlustööd keetsid mitu kuud. Sellel põhjusel ei tule välja ühte konkreetset kuud, millal tekib enamus süsinikujalajäljest nagu on näha objektidel 2, 7 ja 8 (graafikus nähtavad järsud tõusud). Süsinikujalajälje teke jaguneb objektil 5 pikemale ajale, põhiliselt septembrist kuni detsembrini. Samuti on graafikust hästi näha, et suvekuudel on energia tarbimine minimaalne ja selle tulemusel ka süsinikujalajälje teke väga madal.

3.3.2 Süsinikujalajälje vähendamine ehituses

Objektide uurimise käigus selgus, et kõige suurem mõjutaja süsinikujalajälje osas on elektrienergia. Seda tulenevalt Eestis toodetud elektrienergia suurest süsinikujalajäljest. Juhul, kui Eestis toodetud elektrienergia süsinikujalajälg oleks sama, mis Austrias 0,114 kgCO₂e/kWh (European Environment Agency, 2022), siis muutuks antud tulemused järgnevalt.

Tabel 11. Ehitustegevuse käigus tekkinud CO₂, kui Elektri CO₂e/kWh oleks 0,114kg

OBJEKT	Neto pind (m ²)	kestvus kuudes	Elektrienergia		Diiseli	Maagaas / Propaan	Kaugkütte	CO ₂ kokku
			0,946 kgCO ₂ e/kWh (kg)	0,114 kgCO ₂ e/kWh (kg)	CO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)	CO ₂ (kg)	kg/m ² kohta
Objekt 1	1430	6	6885	830				0,58
Objekt 2	1900	5	28280	3408	7609			5,80
Objekt 3 - soojak			3493	421				0,89
Objekt 3 - plats	500	4	193	23				
Objekt 4 - kilp 1			17625	2124			11369	2,62
Objekt 4 - kilp 2	1280	15	10220	1232				
Objekt 5	8150	19	153105	18450		34540		6,50
Objekt 6	2170	10	23665	2852				1,31
Objekt 7	9000	9	126353	15227	64260			8,83
Objekt 8	1380	6	24332	2932		2186		3,71
Kokku			Σ= 394152	Σ= 47498	Σ= 71869	Σ= 36726	Σ= 11369	Keskmine =3,78
				28,4%	42,9%	21,9%	6,8%	
							köeti	Keskmine =5,49
							ei köetud	Keskmine =0,93

Sellisel juhul (Tabelis 11 toodud info põhjal) oleks elektrienergia osakaal süsinikujalajäljest 28,4% ning teiste energia allikate süsinikujalajälg kokku 71,6%. Samuti muutuks netopinna põhine süsinikujalajälg ning sellisel juhul oleks ainult elektri energiat kasutanud objektide keskmine jalajälg 0,93 kgCO₂e/m² ning objektide puhul, kus kasutati täiendavat kütte allikat keskkonna jalajälg 5,49 kgCO₂e/m².

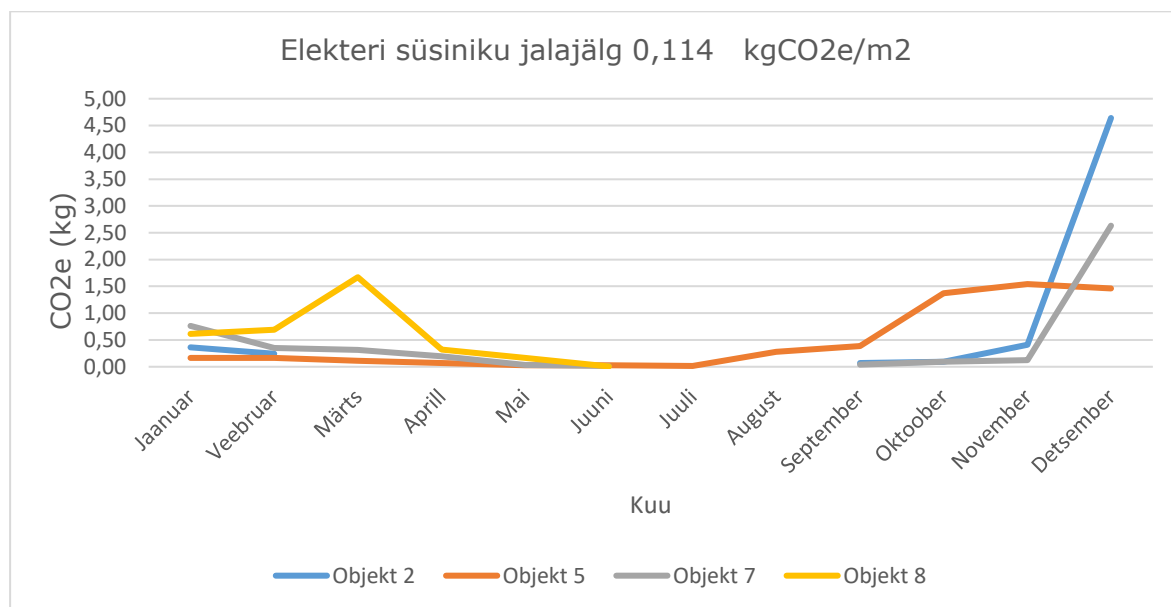
Võrreldes Eestis toodetud elektri ja Austrias toodetud elektri süsinikujalajälje tekke vahet, siis leiame, et selle suure erinevuse tõttu keskmine CO₂/m² väheneks 4,2 korda. Hoonetes, kus kasutati lisa kütet oleks vähenemine CO₂/m² 3,8 korda ja objektid kus kasutati ainult elektrienergiat väheneks CO₂/m² 8,2 korda.

Kuupõhise arvestuse puhul tuleb tabelis 12 välja, et põhiliseks süsinikujalajälje mõjutajaks saab olema selle näite põhjal transporditav kütus, mida kasutatakse hoone ehitusaegseks kütmiseks.

Tabel 12. CO₂ teke kuupõhiselt ja m² põhiselt

Läbiviimise aasta	m ² põhine arvestus elekter 0,114 kgCO ₂ e/m ²				m ² põhine arvestus elekter 0,946 kgCO ₂ e/m ²			
	Objekt 2	Objekt 5	Objekt 7	Objekt 8	Objekt 2	Objekt 5	Objekt 7	Objekt 8
2022-2023			2015-2016	2020-2021	2022-2023	2021	2015-2016	2020-2021
Jaauanuar	0,36	0,17	0,76	0,61	3,00	1,39	2,82	2,63
Veebruar	0,24	0,16	0,35	0,69	2,00	1,36	2,89	3,28
Märts		0,11	0,32	1,67		0,93	2,63	7,32
Aprill		0,07	0,19	0,32		0,59	1,60	2,41
Mai		0,03	0,03	0,16		0,24	0,29	1,36
Juuni		0,03	0,01	0,01		0,24	0,12	0,05
Juuli		0,02				0,13		
August		0,28				2,29		
September	0,07	0,39	0,04		0,58	3,20	0,34	
Oktoober	0,09	1,37	0,09		0,77	3,59	0,78	
November	0,41	1,54	0,12		3,38	5,01	1,02	
Detsember	4,64	1,46	2,63	0,26	9,18	4,32	4,41	2,20
Kokku	5,81	5,62	4,56	3,73	18,90	23,29	16,90	19,24

Graafikuliselt on näha, et sellisel juhul, kui elektrienergia süsinikujalajälg on väiksem joonistuvad välja täpsed hetked, mil hoonet on köetud ehitustegevuse käigus mõned muu energia allikaga peale elektri ning muul ajal on kuupõhine süsinikujalajälg alla 1 kgCO₂e/m², seda ilmestab Joonis 7.



Joonis 7. Süsinikujalajälje teke m² põhine arvestus, kui elektri süsinikujalajälg on 0,114 kgCO₂e (kgCO₂e/m²)

3.3.3 Võrdlus teiste uurimustöödega

Kui vähendada elektri tootmise CO₂e/kWh Austria tasemele, milleks on 0,114 kgCO₂e/kWh, siis saame kumulatiivseks CO₂e tekkeks neli korda väiksema tulemuse nagu selgus süsiniku jalajälje vähendamise analüüsis. Sellisel juhul oleks keskmine CO₂e/m² välja toodud objektidel 3,78. Antud tulemus on võrreldav Austrias läbi viidud uurimustööga, mille käigus leiti, et uusehitise puhul (va pinnase ja asfaldi tööd, mis on ka antud töö puhul välja jäätud kuna ei ole arvestatud masinate ja seadmete kütuse tarbimisega) on CO₂e/m² kohta 3,52, mis on välja toodud tabelis 13. (Weigert et al., 2022)

Käesolevas töös ei ole võetud ehitustegevuses kasutatud seadmete poolt tarbitud kütust arvesse, kuid võrdluse all olevas uurimustöös on seda käsitletud. Sellest tulenevalt saab tuua välja, et seadmed ja masinad võivad moodustada ehitustegevusest võrreldava objekti puhul 5,97kgCO₂e/m², mis moodustas Weigerti poolt uuritud objektil 67% kogu platsil tekkivast süsinikujalajäljest. Kui see viia üle juhtumiuuringus leitud tulemustesse, siis tõuseks süsinikujalajalg platsil veelgi ning omaks selle võrra suuremat kaalu kogu hoone olelusingis. (Weigert et al., 2022)

Tabel 13. Weigert 2022 uurimustöös kajastatud juhtumiuuringu põhjal koostatud ja autori poolt tõlgitud võrdlustabel (Weigert et al., 2022)

Tabel 1 Juhtumiuuringu 1 CO ₂ e süsinikujalajalg m ² brutopõranda pindala põhjal			
Tööliik	kgCO ₂ e, m ² kohta	Kajastuvad käesolevas uurimustöös	Maru juhtumiuuring, kui Elektr = 0,114 kgCO ₂ e/m ²
Pinnase ja asfaltitööd	3,32	-	
Objekti sisene transport	0,04	-	
abitööd	0,1	+	0,1
Ehitusobjektile materjali tootmine ja muutmise	0,37	+	0,37
Küte, jahutus, ventilatsioon, IT süsteemid ehitustegevuse ajal	3,05	+	3,05
Ehitustoodete paigaldus ehitisse	2,43	-	
	9,31		3,52

Võrreldes eelmises alapeatükis välja toodud keskmist ruutmeetri süsinikujalajälge ja LCA arvutuste keskmisi tulemusi, mis selgusid kirjanduse analüüsi käigus, saab välja tuua, et ehitustegevus käigus kasutatud energia omab võrdlemisi suurt kaalu LCA arvutuses. OneClick LCA uuringust selgus, et ühe aasta peale taandatud LCA arvutuse

läbi on keskmiselt hoone süsinikujalajälg 7,2...9,7 kgCO_{2e}/(m²a) (arvestusega 60a). Käesolevas töös leiti, et hoone ehitustegevuse käigus tarbitud energia keskmine jalajälg on 15,89 kgCO_{2e}/m². Sellest tulenevalt hoone ehituse käigus tekkinud CO_{2e} omab 2,2...1,6 aasta suurust süsinikujalajälje mõju. Antud olukorras on aga võrreldud keskmisi väärtuseid ning LCA arvutuse puhul võib eeldada, et keskmine väärtus kajastab B või C energiaklassi, mitte A energiaklassi, mis hoone energiatõhususe miinimumnõuetega uusehitise puhul nõutud on. Kuna A energiaklassi hoone olelusringis ei ole hetkel veel määratletud Eestis, siis võib eeldada, et juhtumiuuringu põhjal leitud tulemuste tegelik mõju LCA arvutuses võib olla veel suurem. Samuti käesolevas alapeatükis välja toodud masinate ja seadmete kütuse süsinikujalajälg tõstaks ehitusetapi mõju LCA arvutuses veelgi.

3.3.4 Juhtumiuuringu lühikokkuvõte

Ehitustegevuse käigus tekkiva süsinikujalajälje uurimisel võeti vaatluse alla ehitusplatsil kasutatud energia ja sellest tekkiv süsinikujalajälg. Lähteandmeteks võeti ehituse peatöövõtja poolt kogutud andmed ning nende alusel arvutati välja süsinikujalajälg ehitustegevusest. Tulemused taandati ruutmeetri põhiseks ning leiti, et pindalapõhine süsinikujalajälg on erineva suuruse ja kasutusotstarvetega hoonetel analoogne. Põhiliseks süsinikujalajälje mõjutajaks sai ehitusobjekti läbiviimine talvistes tingimustes ja sellest tulenev täiendav küttevajadus. Sealjuures tuvastati Eestis toodetud elektrienergia kasutamisest tulenev väga suur süsinikujalajälg. Ehitusobjektid, mille läbiviimise kohta olid kuupõhised andmed, leiti, et elektrienergia tarbimisest tekib 85% kogu ehitustegevuse süsinikujalajäljest.

Juhtumiuuringus kasutatud hoonete puhul leiti, et keskmine ehituse käigus tarbitud energia süsinikujalajälg on 15,89 kgCO_{2e}/m². Samuti leiti, et kui hoone ehitustegevus jääb talvisesse perioodi, siis süsinikujalajälg on 20,81 kgCO_{2e}/m². Moodustades ligikaudu 4-5% hoone olelusringi keskmisest süsinikujalajäljest (vastavalt OneClick LCA keskmistest väärtustest).

Peale suurima süsinikujalajälje põhjustaja tuvastamist võrreldi tulemusi teiste uurimustöödega ja LCA arvutusega. Käesoleva uurimustöö tulemused muutusid ligilähedaseks, kui arvutustes kasutati võrreldava uurimustöö elektrienergia süsinikujalajälge, mis annab kindlust käesoleva juhtumiuuringu tulemuste täpsusele.

4. ARUTELU JA TULEVIKU UURINGUD

Kuigi hoone energiamärgis ja ehitusmaterjalide raiskamine on tänapäeval üks põhilisi teemasid, mille vähendamise tegeletakse, on ehitusprotsessi käigus tekkiv süsinikujalajälg üks vähe uuritud teemasid ning selle kohast kirjandust napib. Seda toovad välja mitmed teadusartiklid, mida kajastati kirjanduse ülevaates ja näitlikustab ka MKM poolt väljatöötatud tööriist, kus hoone ehitustegevuse käigus kasutatud energia süsinikujalajälg on jäätud hoone olelusringist välja, kuigi on otseselt seotud hoone rajamisega.

Eestis puudub ühtne arvutuslik alus, kust peab võtma süsinikujalajälje arvutamiseks lähteandmeid. Uurimustöö lähteandmete kogumise käigus leiti, et Eestis toodetud ja tarbitud elektrienergia süsinikujalajälje numbrid võivad erineda mitmekordselt. Selle tõttu võivad erineda jalajälje arvutused omada erinevaid lähteandmeid ning seetõttu võivad ka tulemused olla erinevad. Uurimustöö läbiviimisel tuvastati, et mõnedel juhtudel on jalajälje arvutamises kasutatud USA või mõne muu suurriigi (või globaalseid) andmeid, mis tulevad kaasa välismaise arvutusprogrammiga. Sellisel juhul on energia tarbimine võrreldav, kuid süsinikujalajälg võib erineda mitu korda tegelikust väärtusest. Seda selle tõttu, et Eestis kasutatav elektrienergia on väga suure süsinikujalajäljega. (Elering, 2023; European Environment Agency, 2022)

Kuupõhise arvestuse tegemiseks on uurimistöös kogutud nelja objekti energiatarbimise andmed. Need on samuti ühed suurema energiatarbimisega objektid ning nende põhjal saab välja tuua, et põhiline süsinikujalajälg tekib kütteperioodil. Samuti ilmestavad tulemused seda, et enamus objektide algused on sattunud vahetult enne kütteperioodi. Seda mainiti paaril korral ka intervjuudes, kus öeldi, et lepingute sõlmimised jäävad tihti suve lõppu ning ehitustegevust alustatakse talvisel perioodil. Selle tulemusel on hoonete ehitustegevuseaegne kütmine vältimatu. Sama toodi välja ka ühes teadustöös, kus simulatsioonipõhiselt näidati, et ehituse alguse muutmisega on võimalik vähendada süsinikujalajälge ehitustegevuse käigus. (Li et al., 2017)

Olukorras, kus hoonet ei ole vaja kütta ehitustegevuse ajal, võib kujuneda, et ajutiste kontori- ja olmeruumide (ehitussoojakud) olemasolu võib saada määravaks ja omada kõige suuremat osakaalu süsinikujalajäljes, mis tuvastati näiteks objekti 3 puhul. Juhtumiuuringust tuli välja, et see võib moodustada 95% kogu süsinikujalajäljest. Seda toodi välja ka intervjuudes, et paremad ja kaasaegsemad ehitussoojakud on üks võimalik süsinikujalajälje vähendamise koht.

Uuritavate objektide puhul saab välja tuua, et hoone ehitustegevuse käigus tekkinud süsinikujalajälg ei sõltu kasutusotstarbest. Nii suuremate kui ka väiksemate energiatarbimistega hoonete puhul esineb laohooneid ja büroohooneid, kui ka muul otstarbel hooneid. Küll aga Tabelist 8 on näha, et esineb ilmne seos ruutmeetripõhise süsiniku tekke ja objekti ajalise kestvuse vahel. Seda põhjustab see, et mida suurem on hoone, seda pikema kestvusega on ehitustegevuse ning seda tõenäolisem on, et ehitustegevuse perioodi sisse jääb periood, kus on vaja hoonet kütta.

Ettevõtete teadlikkuse intervjuude analüüsist selgub, et enamus ettevõtetes ollakse arvamusel, et suuremas mahus elektrienergia kasutamine vähendab süsinikujalajälge, näiteks elektriautode ja -masinate näol. Käesolev uurimustöö lükkab selle väite tänases olukorras ümber, kus enamus Eestis toodetavast elektrist saadakse põlevkivi baasil. Küll aga toodi välja, et roheenergia ehk madala süsinikujalajäljega toodetud elektrienergia on üks süsinikujalajälje vähendamise tõhusamaid viise. Seda kinnitas ka juhtumiuuring ja selle käigus algandmete kogumisel tuvastatud väga suur süsinikujalajälg Eestis toodetud elektrienergial.

Juhtumiuuringus selgub, et Eesti tingimustes on kõige suurem potentsiaal ehitustegevuse käigus süsinikujalajälje vähendamiseks läbi talvise kütte vähendamise. Kuna talvine kütmine ei sõltu üldiselt ehitusettevõttest vaid kliendi soovist saada ehitus valmis kindlaks ajaks, siis selle vältimine ei ole ehitaja poolt tihti võimalik. Küll aga saab ehitaja valida, kuidas hoonet köetakse ning sellest tulenevalt on Eesti tingimustes mõistlik kasutada kütmiseks fossiilseid kütuseid nagu gaas ja diisel ning vältida maksimaalselt elektriga kütmist.

Kuna ehituses tekkiv süsinikujalajälg on võrdlemisi suur ning intervjuude käigus rõhutati, et enamus ettevõtted hakkavad tegutsema siis, kui tekkib tellija nõudlus, siis sellest johtuvalt peaks süsinikujalajälje arvutus olema üks osa olulusringist. See tekitaks ka kliendis ootuse, et hoone püstitatakse võimalikult keskkonnasäästlikult (et oleks kõrgem energiaklass hoonel) ja ehitusettevõtted hakkaksid enda süsinikujalajälge ehitustegevusekäigus jälgima. Kui ehitustegevuse käigus tekkiv süsinikujalajälg oleks energiamärgises arvesse võetud, siis tekkiks sellest pigem norm, et ettevõtted soovivad enda ehitustegevuse käigus jalajälge vähendada. Sellest võiks kujuneda üks hanke kriteeriumeid ning selle tulemusena ettevõtted, kes tegutsevad keskkonnasäästlikult, saavutaksid turul konkurentsieelise.

Intervjuudes toodi välja, et rasked aga odavad materjalid on koht, kus täna juba otsitakse viise, kuidas kokku hoida. Seda tulenevalt sellest, et nende materjalide hinna määrab tihti ära transpordi kaugus ja selle tulemusena kütuse kulu. Selle näite põhjal

saab välja tuua, et selliste kaupadega tegutsevad ettevõtted juba tegutsevad süsinikujalajälje vähendamise nimel, sest nende jaoks on see otseselt seotud kütuse kokkuhoiuga ning selle tulemusel rahalise kokkuhoiuga.

Hetkel, mil platsil tekkinud süsinikujalajälge ei võeta arvesse planeeritavas LCA kalkulatsioonis, siis olelusringi vähendamiseks võivad ettevõtted hakata suure süsinikujalajäljega tegevusi tegema ehitusobjektidel, et näiliselt viia alla hoone süsinikujalajälge. Suurte hoonete puhul saaks seda kasutada mõne energiamahuka tegevuse puhul näiteks betooni (või asfaldi) tootmise objektile toomisega, sest tootmises kasutatav energia läheks siis ehitustegevuse bilanssi, mida ei mõõdeta, ning betooni koostises olevad materjalid ise on madala süsinikujalajäljega (välja arvatud tsement või bituumen). Tänapäevases olukorras tõenäoliselt keegi sellist tegevust ette ei võta.

Hoonete energiatõhususe miinimumnõuete direktiiv jõustub 2027 ja sellega minnakse üle LCA arvutusele. Seejärel hakkavad tõenäoliselt esile kerkima ka sellised tegevused, kus üritatakse leida kohti, mis jäävad nn halli alasse ja ei võeta arvesse ühes või teises arvestuses. Selleks, et seda ei juhtuks tuleks kaasata LCA arvutuses ka ehitustegevuse käigus tarbitud energia süsinikujalajälg, sest käesoleva juhtumiuuringu näitel omab see võrdlemisi suurt tegurit kogu arvutuses, moodustades 4-5% kogu hoone süsinikujalajäljest.

Uuringus ei võetud arvesse ehitustegevuse läbiviimiseks kasutatud masinate kütuseid ja ehitustegevuse käigus kasutatud ajutisi materjale, mida on teiste sarnastes uuringutes toodud välja kui ühte süsinikujalajälje tekitajat. EVS-EN 15978 on välja toodud, et need kõik aspektid peaksid kuuluma ehitustegevuse alla ("EVS-EN 15978," 2011). Selleks, et need osad sisukalt ja täpselt sisustada on vaja andmeid alltöövõtjate ja teiste ettevõtete poolt tarnitud kütuste ja tarbitud materjalide kohta. Standard, mille põhjal LCA kalkulatsioon on koostatud, toob välja, et arvesse peaks võtma kõik ehitusprotsessis tehtavad tegevused. See tähendaks peatöövõtjale väga suurt täiendavat administratiivset koormust, et kokku koguda kõik andmed, mis on Joonis 5 skeemil kirjeldatud, sest enamused need on seotud alltöövõtjatega.

Selleks, et hinnata ehitustegevuse olelusringi peaks läbi viima sarnaseid isoleeritud juhtumiuuringuid iga ehitusetappi mõjutava süsinikujalajälje kohta, olenemata selle osakaalust. Need andmed oleks võimalik kombineerida ühtsete parameetrite alusel ja selle põhjal koostada arvutusmudel, mis edaspidi enam ei eelda ehitusettevõttele väga suuremahulist andmete kogumist, et hinnata ehitusetapi süsinikujalajälge. Käesolevas töös läbi viidud juhtumiuuring on läbi viidud ainult ühe ettevõtte põhjal, mis vähendab

üldistamise võimekust, kuid sobiks üheks sisendiks eelpool kirjeldatud mudeli koostamisel.

Selleks, et koostada kasulik mudel peaks kokku leppima, mis parameetrite alusel hakatakse ehitusetapi süsinikujalajälge hindama. Seejärel tuleks koguda andmed pikema aja vältel ning erinevate ettevõtete ja hoonetüüpide kohta. Samuti peaks andmete analüüsi liitma välisõhu temperatuuri, sest käesoleva töö juhtumiuuringust selgus, et külmal ajal kütmine on üks põhilisi mõjutajaid süsinikujalajälje tekkes.

KOKKUVÕTE

Süsinikujalajälje jälgimine ei ole veel kohustuslik ja selle tõttu enamus ettevõtted ei jälgi, kui suur on nende tegevusest tekkiv keskkonna mõju. Suurematele ettevõtetele hakkab aastast 2025 kehtima CSRD, mille kohaselt peavad nad lisaks finantsaruandele deklareerima ka mittefinantsilist infot, mille üheks osaks on ettevõtte tegevuse poolt tekkiv süsinikujalajalg. Samal ajal minnakse üle suuremate hoonete puhul hetkel kehtivalt hoone energiamärgise süsteemilt olulusringi põhiseks, kus hakatakse arvestama hoone ehituse, kasutuse ja lammutuse käigus tekkivat süsinikujalajälge. Nende kahe koosmõjul suureneb süsinikujalajälje jälgimise tähtsus ehitussektoris mõne aasta pärast märgatavalt.

Käesoleva uurimustöö eesmärgiks oli välja uurida, kui palju teadvustatakse ehitussektoris süsinikujalajälje tekkimist, kui suur on ehitustegevuse käigus tekkiv süsinikujalajalg Eestis ja mis on valmisolek ning võimalused selle vähendamiseks.

Eesmärkide täitmiseks tehti ehitussektoris tegutsevate ettevõtete poolt kajastatud avaliku informatsiooni analüüs ning viidi läbi poolstruktureeritud intervjuud. Teiseks viidi läbi ühe ettevõtte põhjal juhtumiuuring ja võrreldi tulemusi teiste sarnaste uurimustöödega, et välja selgitada Eestis läbiviidavate ehitusobjektide peamine süsinikujalajälje tekke põhjus ja võimalikud vähendamise viisid.

Läbi intervjuude selgitati välja, mis on teadlikkus süsinikujalajälje tekkimisest ja kui suur on valmisolek seda vähendada. Juhtumiuuringu analüüsiga leiti ehitustegevuse käigus kasutatud energia süsinikujalajalg ja uuriti selle põhilisi tekkekohti ning tulemusi võrreldi teiste uurimustöödega. Selle tulemusena leiti erisusi teiste uurimustööde järeldustega ning analüüsiti, kuidas erineb Eesti info põhjal läbiviidud töö teiste riikide andmete põhjal läbi viidud töödega.

Lähtuvalt seatud eesmärkidest leiti vastused neljale püstitatud uurimusküsimusele.

Mis on tänane teadlikkus ehitustegevuse käigus tekkivast süsinikujalajäljest ja kui palju seda jälgitakse?

Läbiviidud ehitusettevõtete avaliku info analüüsist ja intervjuudest leiti, et ehitustegevuse käigus tekkivat süsinikujalajälge hinnatakse väga madalaks. Peamiselt toodi välja, et põhiline jalajalg tekib materjalide tootmisest ja hoone kasutamisest. Käesoleva töö käigus tuvastati ainult üks ettevõtte, kes kogub andmeid ja jälgib enda tegevusest tekkivat süsinikujalajälge.

Millised on suurimad süsinikujalajälje tekitajad ehitustegevuse käigus?

Kirjanduse analüüsist selgus, et üldiselt on suurimaks jalajälje tekitajaks ehitustransport ja ehitusseadmed. Juhtumiuuringust aga selgus, et Eestis toodetud elektrienergia suure süsinikujalajälje tõttu on ehitustegevuse käigus tarbitud elektrienergia kõige suurem süsinikujalajälje tekitaja ehitustegevuses.

Kui suur on ehitusobjektile tekkiv süsinikujalajalg ja kuidas seda vähendada?

Juhtumiuuringus leiti, et ehitustegevuse käigus tarbitud energiast tulenevalt tekitab ehitustegevusest keskmiselt 15,89 kgCO₂e/m². Põhiline süsinikujalajalg tekkis tarbitud elektrienergiast, mis moodustas 76,7% kogu süsinikujalajäljest, seda tulenevalt Eestis toodetud elektrienergia suurest süsinikujalajäljest. Sellest tulenevalt on üks peamine süsinikujalajälje vähendamise viis madalama süsinikujalajäljega elektrienergia tarbimine. Teine süsinikujalajälje vähendamise viis on hoone külmal ajal kütmise vähendamine. Seda toodi välja nii intervjuudes ning selgus ka juhtumiuuringus, kus on näha hüppelisi tõuse kasvuhooonegaasi paiskamises õhku hetkedel, kui kütteperioodil tehti töid, mis nõuavad tehnoloogiliselt kindlat õhutemperatuuri. Leiti, et üheks viisiks, kuidas suurendada ehitusettevõtete huvi ja tellijate soovi ehitustegevuse käigus süsinikujalajälje vähendamiseks, on energia tarbimisest tekkiva süsinikujalajälje arvestamine hoone olelusringis.

Mis on tänane valmisolek süsinikujalajälje vähendamiseks ehitusobjektile?

Intervjuudest selgus, et ehitusettevõtetel on valmisolek ja huvi olemas, kuid enamus töid välja, et see initsiatiiv peab tulema tellija poolt. Samuti toodi välja, et seda tehtaks juhul, kui see annaks konkurentsieelise. Huvi tekkeks aga peaks täna kehtiv vähemuspakkumise põhine süsteem muutuma ja arvesse peaks hakkama võtma ka muid kriteeriume nagu ettevõtte keskkonnahoiu poliitika ja süsinikujalajalg.

Arutelu käigus leiti, et vastavalt käesolevas töös läbiviidud juhtumiuuringule tuleks kaasata ehitustegevusekäigus tarbitud energia süsinikujalajalg Eestis väljatöötatavale olelusringi arvutusele. Samuti leiti, et üheks suurimaks süsinikujalajälje tekke põhjuseks on Eestis toodetud elektrienergia suur süsinikujalajalg ja selle tõttu tänaste teadmiste põhjal peaks eelistama Eesti tingimustes fossiilseid kütuseid hoone ehitusaegseks kütmiseks.

Uurimistöö käigus leiti, et ehitustegevuse käigus on veel mitmeid süsinikujalajälje tekitajaid, mida hetkel hoone olelusringi tööversioon arvesse ei võta. Selleks, et ehitustegevuse käigus tekkivat süsinikujalajälge saaks lihtsamini arvestada peaks läbi

viima laiapõhjalise uurimuse ning kaasama sinna kõik hoone tüübid ning arvesse võtma kuupõhist temperatuuri. Nende andmete põhjal võiks välja töötada lihtsustatud arvutusmudeli, mida saaks olelusingi arvutuses ehitusetapi esmaseks hindamiseks rakendada.

SUMMARY

Carbon footprint monitoring is not yet mandatory, and as a result, most companies do not track the environmental impact of their activities. Starting from 2025, larger companies will be subject to the CSRD, which requires them to declare non-financial information in addition to financial reports. This will also include carbon footprint generated by their operations. At the same time, for larger buildings, the current energy performance certificate system will transition to a lifecycle-based approach. This means that the carbon footprint generated during construction, life of the building, and demolition of building will be taken into account. These two factors will significantly increase the importance of carbon footprint monitoring in the construction sector in the coming few years.

The aim of this research was to examine the awareness of carbon footprint generation in the construction sector, the magnitude of carbon footprint generated during construction activities in Estonia, and the readiness and possibilities for its reduction.

To achieve these objectives, an analysis of publicly available information provided by construction companies was conducted, and semi-structured interviews were carried out. Additionally, a case study was conducted based on one company, and the results were compared with similar studies to identify the main causes of carbon footprint generation in construction projects in Estonia and potential mitigation measures.

Through the interviews, the awareness of carbon footprint generation and the willingness to reduce it were determined. The case study analysis identified the carbon footprint of energy used during construction activities and examined its primary sources, comparing the results with other research studies. As a result, differences were found compared to the conclusions of other research works, and an analysis was conducted to compare the findings of this study based on Estonian data with studies conducted in other countries.

Based on the objectives, answers were found to the four research questions.

What is the current awareness of carbon footprint generated during construction activities, and how much it is monitored?

From the analysis of publicly available information and interviews with construction companies, it was found that the assessment of carbon footprint generated during construction activities is very low. Most of the interviewees emphasized that the primary footprint is generated by material production and building usage. During this study only

one company was noted to collect data and monitor the carbon footprint generated by its activities.

What are the major contributors to carbon footprint during construction activities?

Literature analysis revealed that construction transportation and machinery are generally the biggest contributors to the footprint. However, the case study revealed that due to the high carbon footprint of electricity produced in Estonia, the consumption of electricity during construction activities is the largest contributor to the carbon footprint in the construction sector.

What is the carbon footprint generated on a construction site and how to reduce it?

In the case study, it was found that the average carbon footprint generated during construction activities is 15.89 kgCO_{2e}/m². The main carbon footprint was attributed to the consumption of electricity, accounting for 76.7% of the total carbon footprint, mainly due to the high carbon footprint of electricity produced in Estonia. Therefore, one of the most effective ways to reduce the carbon footprint is to consume electricity with a lower carbon footprint. Another way to reduce the carbon footprint is to minimize heating during winter periods. This was also mentioned in the interviews and was evident in the case study, which showed significant increase in greenhouse gas emission during moments when specific temperature requirements were needed for construction works during the winter season. It was found that one way to increase the interest of construction companies and clients in reducing the carbon footprint during construction activities is to consider the carbon footprint resulting from energy consumption throughout the building's lifecycle.

What is the current readiness to reduce the carbon footprint on construction sites?

From the interviews, it emerged that construction companies have the willingness and interest to reduce the carbon footprint, but most of them emphasized that such initiative needs to be driven by clients. It was also mentioned that implementation of carbon footprint reduction activities would be done if it provided a competitive advantage. However, in order for the interest to arise, the current minority bidding system needs to be changed, and other criteria such as the company's environmental policy and carbon footprint should be considered as well.

During the discussion, it was found that according to the case study conducted in this study, the carbon footprint resulting from energy consumption during construction activities should be included in the lifecycle assessment currently being developed in Estonia. It was also recognized that one of the main causes of carbon footprint generation is the high carbon footprint of electricity produced in Estonia. Thus, based on current knowledge, fossil fuels should be preferred for heating during the construction phase in Estonian conditions.

The study identified that carbon footprint is generated in several other aspects during construction activities, which are currently not considered in the lifecycle assessment. To facilitate the assessment of the carbon footprint generated during construction activities, a comprehensive study should be conducted including all types of buildings and considering seasonal temperature variations. Based on this data, a simplified calculation model incorporating the primary evaluation of the construction phase could be developed for the lifecycle assessment.

KASUTATUD KIRJANDUS

Altmäe, A., 2019. Ringlussevõetud asfalt. URL <https://www.teed.ee/blogid/ringlussevoetud-asfalt/> (accessed 4.11.23).

Arco Vara, 2023. Arco Vara. Arco Vara. URL <https://arcovara.com/investorile/borsiteated/> (accessed 3.5.23).

Astlanda Ehitus OÜ, 2023. Astlanda Ehitus OÜ [WWW Document]. Astlanda Ehitus. URL <https://astlanda.ee/> (accessed 3.5.23).

BRE Global, 2021. Calculating a building's BREEAM rating [WWW Document]. URL https://files.bregroup.com/breem/technicalmanuals/sd/international-new-construction-version-6/content/03_scoringrating_all/calc_rating_all.htm?TocPath=Scoring%20and%20rating%20BREEAM%20assessed%20buildings%7C_____6 (accessed 5.5.23).

d-Systems, 2023. teatmik.ee [WWW Document]. URL <https://www.teatmik.ee/en> (accessed 5.10.23).

EEEL, 2022. Liidu liikmed käibe suuruse järgi - eeel.ee. URL <https://eeel.ee/liikmed-kaibe-suuruse-jargi/> (accessed 5.5.23).

Eesti Jõujaamade Kaugkütte Ühingu, 2021. EESTI KAUGKÜTTESEKTORI CO2 HEITMED.

Eesti Vabariigi Valitsus, 2021. Strateegia "Eesti 2035" [WWW Document]. URL <https://valitsus.ee/strateegia-eesti-2035-arengukavad-ja-planeering/strateegia/materjalid> (accessed 2.26.23).

EFTEN Real Estate Fund III AS, 2023. EFTEN Real Estate Fund | Aruanded — Nasdaq Balti börs [WWW Document]. URL <https://nasdaqbaltic.com/statistics/et/instrument/EE3100127242/reports?date=2023-05-05> (accessed 5.5.23).

Elering, 2023. Segajääk | Elering [WWW Document]. URL <https://elering.ee/segajaak> (accessed 4.19.23).

Engineering ToolBox, 2023. Combustion of Fuels - Carbon Dioxide Emission [WWW Document]. URL https://www.engineeringtoolbox.com/co2-emission-fuels-d_1085.html (accessed 5.9.23).

Euroopa Liit, 2023. Fit for 55 - EL kliimaneutraalsuse eesmärk [WWW Document]. URL <https://www.consilium.europa.eu/et/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/> (accessed 2.25.23).

Euroopa Liit, 2022. Directive (EU) 2022/2464 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting (Text with EEA relevance), OJ L.

Euroopa Liit, 2021. EUROOPA PARLAMENDI JA NÕUKOGU DIREKTIIV hoonete energiatõhususe kohta.

Euroopa Liit, 2014. Directive 2014/95/EU of the European Parliament and of the Council of 22 October 2014 amending Directive 2013/34/EU as regards disclosure of non-financial and diversity information by certain large undertakings and groups Text with EEA relevance, OJ L.

European Environment Agency, 2022. GHG emission intensity of electricity generation [WWW Document]. URL https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity-12/#tab-chart_2 (accessed 4.11.23).

European Parliament, 2018. EU measures against climate change | News | European Parliament [WWW Document]. URL <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180703STO07129/eu-measures-against-climate-change> (accessed 5.5.23).

EVS-EN 15978:2011, 2011.

Harju Elekter, 2021. Harju Elekter [WWW Document]. Harju Elekter. URL <https://harjuelekter.com/et/investors/> (accessed 5.13.23).

Hepsor, 2022. Börsiteated [WWW Document]. Hepsor. URL <https://hepsor.ee/investorile/borsiteated/> (accessed 5.5.23).

Jätkusuutlikkus - TREV-2 GRUPP [WWW Document], 2023. URL <https://www.trev2.ee/et/jatkusuutlikkus> (accessed 3.5.23).

Joseph, V.R., Mustaffa, N.K., 2021. Carbon emissions management in construction operations: a systematic review. Engineering, Construction and Architectural Management 30, 1271–1299. <https://doi.org/10.1108/ECAM-04-2021-0318>

Kurnitski, J., 2022. Hoonete energiatõhususe direktiiv uueneb. EhitusEST. URL <https://ehitusest.ee/uudis/2022/02/01/hoonete-energiatohususe-direktiiv-uueneb/> (accessed 4.18.23).

Lee, J., Tae, S., Kim, R., 2018. A Study on the Analysis of CO2 Emissions of Apartment Housing in the Construction Process. Sustainability 10, 365. <https://doi.org/10.3390/su10020365>

Li, H.X., Zhang, L., Mah, D., Yu, H., 2017. An integrated simulation and optimization approach for reducing CO2 emissions from on-site construction process in cold regions. Energy and Buildings 138, 666–675. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.12.030>

Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium, 2021. Uuring ehituse süsinikujalajälje hindamisprintsipi rakendamiseks Eestis. e-ehitus. URL <https://eehitus.ee/timeline-post/uuring-ehituse-susniku-jalajalg/> (accessed 4.18.23).

Mapri Ehitus OÜ, 2023. Mapri Ehitus OÜ [WWW Document]. Mapri Ehitus OÜ. URL <https://mapri.eu/ettevottest/> (accessed 3.5.23).

Maru AS, 2023. MARU AS [WWW Document]. Maru. URL <https://maru.ee/> (accessed 3.5.23).

Merko Ehitus, 2021. KONSOLIDEERITUD MAJANDUSAASTA ARUANNE 2021.

Nasdaq Baltic, 2023. Balti aktsiad — Nasdaq Balti börs [WWW Document]. URL <https://nasdaqbaltic.com/statistics/et/shares> (accessed 3.5.23).

Nordecon, 2021. 2021. aasta konsolideeritud majandusaasta aruanne.

Oma Ehitaja AS, 2023. Oma Ehitaja AS [WWW Document]. OMA Ehitaja. URL <https://oma.ee/> (accessed 3.5.23).

OneClick LCA, 2021. EMBODIED CARBON BENCHMARKS FOR EUROPEAN BUILDINGS.

Pacheco-Torres, R., Jadraque, E., Roldán-Fontana, J., Ordóñez, J., 2014. Analysis of CO2 emissions in the construction phase of single-family detached houses. Sustainable Cities and Society 12, 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2014.01.003>

Pro Kapital Grupp, 2023. Pro Kapital Grupp | Aruanded — Nasdaq Balti börs [WWW Document]. URL <https://nasdaqbaltic.com/statistics/et/instrument/EE3100006040/reports?date=2023-05-05> (accessed 5.5.23).

Roheline Kaamos, 2023. . Kaamos. URL <https://kaamos.ee/roheline-kaamos/> (accessed 3.5.23).

Staff, S., 2019. CO2 Makes Up Just 0.04% of Earth's Atmosphere. Here's Why Its Impact Is So Massive [WWW Document]. ScienceAlert. URL <https://www.sciencealert.com/co2-is-only-a-tiny-part-of-our-atmosphere-but-it-has-a-huge-influence-here-s-why> (accessed 5.5.23).

Statista, 2020. South Korea: carbon intensity of energy production [WWW Document]. Statista. URL <https://www.statista.com/statistics/1338028/south-korea-carbon-intensity-of-energy-production/> (accessed 5.4.23).

Team, S., 2016. What's New in LEED v4: Big Picture Changes, Updates for Building Design and Construction. Stellar Food for Thought. URL <https://stellarfoodforthought.net/whats-new-in-leed-v4-big-picture-changes-updates-for-building-design-and-construction/> (accessed 4.29.23).

Timbeco, 2023. Timbeco Vastutustundlikkus. Timbeco. URL <https://timbeco.ee/vastutustundlikkus/> (accessed 5.5.23).

Tref AS, 2023. TREF AS. URL <https://www.tref.ee/> (accessed 3.5.23).

UNFCCC, 2023. The Paris Agreement | UNFCCC [WWW Document]. URL <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement> (accessed 5.5.23).

United Nation, 2022a. 2022 Global Status Report for Buildings and Construction [WWW Document]. UNEP - UN Environment Programme. URL <http://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction> (accessed 2.26.23).

United Nation, 2022b. CO2 emissions from buildings and construction hit new high, leaving sector off track to decarbonize by 2050: UN [WWW Document]. UN Environment. URL <http://www.unep.org/news-and-stories/press-release/co2-emissions-buildings-and-construction-hit-new-high-leaving-sector> (accessed 2.26.23).

United Nations, 2023. THE 17 GOALS | Sustainable Development [WWW Document]. URL <https://sdgs.un.org/goals> (accessed 5.5.23).

United Nations, 2016. Pariisi kokkulepe [WWW Document]. URL <https://envir.ee/pariisi-kokkulepe> (accessed 5.9.23).

Utilitas, 2023. Majandusaasta aruanded | Utilitas [WWW Document]. URL <https://www.utilitas.ee/failipank/majandusaasta-arueded/> (accessed 5.9.23).

Virkus, S., 2016. Intervjuu liigid | Intervjuu, vaatlus ja sisuanalüüs [WWW Document]. URL https://www.tlu.ee/~sirvir/Intervjuu_vaatlus_ja_sisuanals/intervjuu_liigid.html (accessed 5.10.23).

Weigert, M., Melnyk, O., Winkler, L., Raab, J., 2022. Carbon Emissions of Construction Processes on Urban Construction Sites. Sustainability 14, 12947. <https://doi.org/10.3390/su141912947>

YIT Eesti AS, 2023. YIT EESTI AS [WWW Document]. URL <https://www.yit.ee/ettevottest> (accessed 3.5.23).

LISAD

Lisa 1 Juhtumiuuringu objektide koondandmed

OBJEKT	Neto pind (m ²)	Eh. algus	Eh. lõpp	kestvus (kuu)	Elektri energia		Diiseli		Maagaas / Propan		Kaugküte		CO ₂	
					Tarbitud(kWh)	CO ₂ e (kg)	Tarbitud (L)	CO ₂ e (kg)	Tarbitud (kg)	CO ₂ e (kg)	Tarbitud (mWh)	CO ₂ e (kg)	kgCO ₂ e/m ²	kgCO ₂ e/kuus
Objekt 1	1430	Juuli .22	Jaan .23	6	7278	6885							4,81	1,12
Objekt 2	1900	Okt .22	Märts .23	5	29894	28280	2842	7609					18,89	7,13
Objekt 3 - soojak					3693	3493							7,37	0,90
Objekt 3 - plats	500	Juuli .22	Nov .22	4	204	193								
Objekt 4 - kilp 1					18631	17625					56,28	11369	21,75	1,83
Objekt 4 - kilp 2	1280	Nov .20	Veebr .22	15	10803	10220								
Objekt 5	8150	Sept .20	Apr .22	19	161845	153105			11552	34540	144,92		23,02	9,76
Objekt 6	2170	Sept .21	Juuli .22	10	25016	23665							10,91	2,34
Objekt 7	9000	Sept .15	Juuni .16	9	133566	126353	24000	64260					21,18	20,87
Objekt 8	1380	Dets .20	Juuni .21	6	25721	24332			731	2186			19,22	4,37

Lisa 2 Juhtumiuringu raames kogutud kuupõhised koondandmed

Energia tarbimine ehitusobjektidel												
	Jan	Veebr	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept	Okt	Nov	Dets
Elektrienergia tarbimine (kWh)												
Objekt 2	6016	4010							1164	1538	6792	10374
Objekt 5	11960	11694	8040	5046	2103	2065	1097	19756	27541	21748	34000	28000
Objekt 7	22302	27480	24996	15240	2718	1152			3252	7434	9708	19284
Objekt 8	3345	4289	9364	3462	1989	69						3203
Tarbitud kütus ümber arvatult (kWh)												
Objekt 2												30535
Objekt 5										48308	48308	48308
Objekt 7	17191											85954
Objekt 8	2111	2111	5630	235								
Tarbitud energia kokku (kWh)												
Objekt 2	6016	4010							1164	1538	6792	40909
Objekt 5	11960	11694	8040	5046	2103	2065	1097	19756	27541	70056	82308	76308
Objekt 7	39493	27480	24996	15240	2718	1152			3252	7434	9708	105238
Objekt 8	5456	6400	14994	3697	1989	69						3203

CO ₂ e teke ehitusobjektidel energia tarbimisest												
	Jan	Veebr	Märts	Aprill	Mai	Juuni	Juuli	August	Sept	Okt	Nov	Dets
Elektri energiast tekkiv CO ₂ e (kg)												
Objekt 2	5691	3794						0	1101	1455	6425	9814
Objekt 5	11314	11063	7606	4774	1989	1953	1038	18689	26054	20574	32164	26488
Objekt 7	21098	25996	23646	14417	2571	1090		0	3076	7033	9184	18243
Objekt 8	3164	4057	8858	3275	1882	65		0				3030
Tarbitud kütusest tekkiv CO ₂ e (kg)												
Objekt 2												7634
Objekt 5										8695	8695	8695
Objekt 7	4298											21488
Objekt 8	465	465	1239	52								
Ehitustegevusest tekkinud CO ₂ e kokku (kg)												
Objekt 2	5691	3794							1101	1455	6425	17448
Objekt 5	11314	11063	7606	4774	1989	1953	1038	18689	26054	29269	40859	35183
Objekt 7	25395	25996	23646	14417	2571	1090			3076	7033	9184	39731
Objekt 8	3629	4522	10097	3327	1882	65						3030
Ehitustegevusest tekkinud CO ₂ e/m ² (kg)												
Objekt 2	3,00	2,00							0,58	0,77	3,38	9,18
Objekt 5	1,39	1,36	0,93	0,59	0,24	0,24	0,13	2,29	3,20	3,59	5,01	4,32
Objekt 7	2,82	2,89	2,63	1,60	0,29	0,12			0,34	0,78	1,02	4,41
Objekt 8	2,63	3,28	7,32	2,41	1,36	0,05						2,20