

Eesti Kunstiakadeemia  
Arhitektuuriteaduskond  
Arhitektuuri ja linnaplaneerimise eriala

Magistritöö

# Ratsionaal-ökoloogiline planeering: Kvantitatiivse ja kvalitatiivse süsinikujalajälje langetamine naabruskonna planeeringutes Jaamamõisa näitel

Markus Vernik

Juhendajad:  
Martin Melioranski,  
Ingmar Melioranski,  
Eik Hermann

Tallinn, 2025

# Autorideklaratsioon

Töö autorina kinnitan, et

- 1) käesolev lõputöö on minu isikliku loomingulise töö tulemus, seda ei ole osaliselt ega tervikuna kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud;
- 2) töös sisalduva(te) originaalse(te) teos(t)e loomisega seotud isiklikud autoriõigused kuuluvad minule kui töö autorile ja teos(t)ega seotud varalisi õigusi käsutatakse vastavalt Eesti Kunstiakadeemias kehtivale korrale;
- 3) olen koostanud töö iseseisvalt ning kõik selle koostamisel kasutatud teiste autorite tööd (teosed), seisukohad ja mistahes muudest allikatest pärinevad andmed on töös nõuetekohaselt viidatud.

/allkirjastatud digitaalselt/

Kuupäev ja aasta: 20.05.2025

Autori nimi: Markus Vernik

Õppekava: Arhitektuur ja linnaplaneerimine

## Tänuõnad

Kuuludes esimesse generatsiooni, mille klassiseinu kaunistas riigipeade asemel *Sustainable Development Goals* usun rohelisse tulevikku. Kuigi teekond selleni on ebaselge ja täis süsteemseid vastuolusid, loodan, et käesolev magistritöö panustab arhitektuuri ja keskkonna lõimivasse teadusmaastikku ning aitab mõtestada ruumiloome rolli antropotseeni ajastu kriisides.

Täna südamest juhendajaid, kes toetasid meetodika väljatöötamist ja aitasid tulemusi paremini kommunikeerida. Täna Eik Hermannile, kelle koostatud näitus Liginull. Arhitektuur ja energiatõhusus oli juba 2018. aastal oma ajast ees, luues tugeva lähtekoha Eesti kliimapõhise ruumimõtlemise arengule.

Olen tänulik Erasmus+ programmile, tänu millele sain õppida kliimast lähtuvat arhitektuuri Umeå arhitektuurikoolis Rootsisis ning süsinikujälge käsitlevat ruumidisaini Norra tehnikaülikoolis (NTNU). Need õppelähetused ei pakkunud üksnes võrdlusmomenti Eesti olukorrale, vaid löid vundamendi progressiivsele ja rahvusvaheliselt teadlikule arhitektuuriharidusele.

Täna Eiric Reici, Norra FutureBuilt Zero meetodika autorit, kes võimaldas kasutada uurimistöös Reduzer-tarkvara. Samuti täna Eesti ettevõtet Usesoft, kelle toel oli mul juurdepääs Autodeski süsinikujalajälje tööriistadele: Insight ja Forma. Need digivahendid võimaldasid viia läbi tänapäevasele arhitektuuripraktikale vastavat heitepõhist ruumianalüüsi.

Täna Tallinna Linnavalitsust, kelle raestipendium oli mitte ainult oluline rahaline toetus selle töö valmimisel, vaid ka märgiline. Toetus tõestas, et teadus ja kohalik ruumipoliitika ei pea olema teineteisest lahutatud, vaid saavad vastastikku rikastuda.

# Sisukord

<b>Sissejuhatus</b> .....	<b>7</b>
1. Akronüümid .....	8
2. Teoreetiline taust.....	9
2.1 Linnad .....	9
2.2 Ratsionaal-Ökoloogiline planeering .....	10
2.3 Süsinikujalajälje multifunktsionaalsus .....	11
2.4 Süsinikupoliitika perspektiiv kuni 2050.....	13
<b>3. Kliimasoojenemise narratiiv</b> .....	<b>14</b>
3.1 Sotsiaal-majanduslik taust .....	14
3.2 Kliimasoojenemine Eesti kontekstis .....	16
3.3 Regulatiivne kliimaneutraalsuse taust.....	19
3.5 Kasvuhoonegaas ja süsinikdioksiidi ekvivalent .....	21
3.6 Ehitussektor .....	23
3.6.1 Eesti ehitussektori värskem statsitika.....	23
<b>4. Madalsüsinikehitus teooria ja praktika</b> .....	<b>25</b>
4.1 Teooria .....	25
4.1.1 Ehitise olulusringne mõtlemine .....	25
4.1.2 LCA standard.....	27
4.1.3 LCAS standard .....	29
4.2 Ootused .....	32
4.2.1 Eesti hoone süsinikujalajälje arvutusmetoodika .....	32
4.2.2 Süsinikujalajälje normatiivse regulatsiooni perspektiiv .....	33
4.3 Reaalsus Eestis .....	35
4.3.1 Valmisolek .....	35
4.3.2 LCA tööriistad - BIM4LCA.....	35
4.3.3 Ringlussevõtt ja süsiniku paigutus .....	37
4.4 LCA rakenduslik kokkuvõte .....	37
4.4.1 Potentsiaal suuremas skaalas .....	37
4.4.2 Puudujäägid suuremas skaalas .....	38
<b>5. Madalsüsinikilinnad teooria ja praktika</b> .....	<b>39</b>

5.1 Linnade strateegia.....	39
5.2 Linnade juhtumiuuring .....	40
5.2.1 Eesti 2050 .....	40
5.2.2 Soome 2040.....	41
5.2.3 Norra 2030 .....	43
5.3 Erasektori käivitamine .....	44
5.3.1 EL rahastus .....	44
5.3.2 Materjalipangad.....	44
5.4 Kokkuvõte .....	45
<b>6. Pilootprojekti asukoha analüüs .....</b>	<b>46</b>
6.1 Jaamamõisa linnaosa iseloomustus .....	46
6.1.1 Rahvastiku analüüs .....	47
6.1.2 Hoonestuse analüüs.....	49
6.1.3 Materjalide analüüs .....	52
6.1.4 Keskkonnaanalüüs .....	53
<b>7. Eskiislahendus 1: BAU .....</b>	<b>55</b>
7.1 BAU – planeeringu stsenaarium .....	55
7.2 Kvantitatiivsed meetodid.....	57
7.2.1 Hoonete kehastunud süsinik.....	57
7.2.2 Liiklutaristu süsinikujalajalg .....	61
7.2.2 Pinnasetööde süsinikujalajalg.....	63
7.2.4 Maakasutusmuutus .....	64
7.3 Diskussioon – „Tark arendaja“ .....	66
7.4 Kvantitatiivse analüüsi kokkuvõte .....	66
<b>8. Eskiislahendus 2: ZEN.....</b>	<b>68</b>
8.1 ZEN Stsenaarium.....	68
8.2 Eskiiside fundamentaalsed erinevused.....	71
8.4 Kvalitatiivsed meetodid.....	79
8.4.1 Asustustihedus .....	80
8.4.2 Hoonestustihedus.....	81
8.4.5 Hoonetüüp.....	82
8.4.6 Multifunktsionaalsed katusepinnad .....	83
8.4.7 Aktiivsed fassaadid .....	84

8.4.10 Maakasutuse mitmekesisus.....	85
8.4.4 Ligipääs teenustele.....	86
8.4.8 Tänavate ristumise tihedus.....	87
8.4.9 Funktsionaalne tänav .....	88
8.4.10 Avaliku roheruumi osakaal.....	89
8.4.11 Krundi roheväärtus .....	90
8.4.12 Puude säilitamine ja istutamine .....	91
8.4.13 Ligipääs Ühistranspordile .....	92
8.4.14 Parkimishooned.....	93
8.4.15 Jagamismajanduse rakendamine .....	95
8.4.16 Taaskasutatud materjalid .....	96
8.4.17 Ringmajanduse potentsiaali kaardistamine.....	98
8.4.18 Keskkonnateadlikuse tõstmine .....	99
<b>9. NSA .....</b>	<b>100</b>
<b>10. Diskussioon.....</b>	<b>103</b>
<b>Kokkuvõte .....</b>	<b>104</b>
<b>Summary .....</b>	<b>106</b>
<b>Bibliograafia .....</b>	<b>108</b>
<b>Joonised .....</b>	<b>112</b>

# Sissejuhatus

Tänapäeva arhitektuuri ja linnaplaneerimist kujundavad kaks suurt, esmapilgul isegi vastandlikku suundumust. Ühelt poolt muudavad kiiresti arenevad digitaalsed tehnoloogiad – tehisintellekt, digitaalkaksikud, algoritmid ja *BIG DATA* – viise, kuidas linnaruumi projekteeritakse ja hallatakse.<sup>1</sup> Teiselt poolt oleme jõudnud antropotseeni ajastusse, kus inimtegevuse keskkonnamõjud nõuavad arhitektuurilt ja planeerimiselt üha suuremat tähelepanu jätkusuutlikkusele, süsinikuneutraalsusele ning loodus- ja tehiskeskkonna harmooniale.<sup>2</sup> Käesolev magistritöö uurib spekulatiivselt, kuidas nende kahe megatrendi ristumiskoht dikteerib uut tüüpi planeerimisloogika tekkimist, mõjutades seda, milliseks linnad võivad tulevikus kujuneda.

Kuigi käesoleva töö fookuseks on süsinikujalajalg, käsitletakse seda eeskätt jätkusuutlikkuse kommuniqueerimise instrumendina, mitte kui lõplikku lahendust keskkonnaeesmärkide saavutamiseks. Süsinikujalajälje mõiste aktuaalsuse tõus ühiskondlikus diskursuses on suuresti ajendatud vajadusest reageerida „rohepesule“, sest süsinik kujutab endast ühte vähestest teaduslikult valideeritud ja selgelt mõõdetavatest ökoloogilise jätkusuutlikkuse indikaatoritest.

Sellest loogikast lähtudes on käesolevas töös käsitletavad süsinikujalajälje vähendamise meetodid struktureeritud kaheks suuremaks kategooriaks: kvantitatiivseteks ehk juba praeguste andmetega mõõdetavateks ning kvalitatiivseteks ehk sellisteks, mis pole (veel) täielikult mõõdetavad, kuid mille potentsiaal ilmneb eeskätt kvalitatiivse analüüsi kaudu.

Käesolev magistritöö käsitleb planeerimist n.ö. nullist, lähtudes ökoloogilise planeerimise põhimõtetest ning nende potentsiaalset suunata uusarenduste ruumilist loogikat. Töö asetab kahtluse alla kehtivad üld- ja detailplaneeringu praktikad, tuues välja vajaduse senise süsteemi ümbermõtestamiseks madalsüsinik linnaplaneeringu kontekstis. Pilootprojekti asukoht on valitud kaalutletult, tuginedes selle geograafilisele, sotsiaalmajanduslikule ja planeeringulisele potentsiaalile Eesti ühes perspektiivikaimas arenduspiirkonnas.

---

<sup>1</sup> Ehitusvaldkonna arengukomisjon, Ehituse Pikk Vaade 2035: Versioon 2.2022, lk 18.

<sup>2</sup> A. Piconi, EKA 110 Avatud Loeng 'Architecture and Materiality in the Age of the Digital and the Anthropocene'. 2024.

Lisaks planeeringulise mõtteviisi kriitikale täidab töö olulist tühimikku Eesti inforuumis panusades süsinikujalajälje temaatika arendusse. Sellest lähtuvalt on põhjalik taustaanalüüs töö üheks keskseks teljeks.

## 1. Akronüümid

EPI - *Environmental Performance Indicator*

LULUCF - *Land Use, Land Use Change and Forestry*

GWP - *Global warming potential*

LCT - *Life Cycle Thinking*

LCA - *Life Cycle Assessment*

LCC - *Life Cycle Costing/Life Cycle Cost Analysis*

TCO - *Total cost of Ownership*, kitsendatud LCC perspektiiv

SLCA - *Social Life Cycle Assessment*

LCSA - *Life Cycle Sustainability Assessment*

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

BREAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method*

ZEN - *Zero Emission Neighborhoods*

ZEB – *Zero Emission Buildings*

EOL - *End of life*

C2C - *Cradle2Cradle*

CML - *Closed Material Loop*

BIM - *Building Information Model*

BIM4LCA – *BIM for LCA quantity take-off*

DFD - *Design for Disassembly*

PPP - *Public Private Partnership*

SDG - *UN Sustainable design Development Goal*

SFB - *Samarbetskomiten för Byggnadsfrågor* – Skandinaavia ehituselementide standard klassifikatsioonisüsteem.



## 2. Teoreetiline taust

### 2.1 Linnad

Eesti kui väikeriik kogeb sageli globaalsete urbanistlike megatrendide mõju teatud ajalise nihkega.<sup>3</sup> Monitoorides metropolides toimuvaid protsesse võimaldab selline viivitus hinnata muutuste tagajärgede tegelikku mastaapi ning vältida teiste riikide läbipõrunud praktikaid. Heaks näiteks sellest on linnastumisprotsess, mis jõudis Eestisse oluliselt hiljem kui Lääne-Euroopa suurlinnadesse. Praegu on Eesti linnastumise trend maailma kiireim, mis tõstatab küsimuse millisesse „ämbrisse“ oleme parasjagu astumas?

Kaasaegsed linnad kujutavad endast kompleksseid tehiskeskondi, mis ei funktsioneerid enam territoriaalselt piiritletud üksustena, vaid valguvad luues üha enam laienevaid tehisstruktuure.<sup>4</sup> Sellised struktuurid on sageli võõrandunud traditsioonilistest ökoloogilistest protsessidest ja seeläbi isoleeritud tagasisideahelast. Selline seisund muudab linnad vaimusilmas vastupidavaks või isegi ükskõikseks ökoloogilistele muutustele. Inimene on linnades saavutanud kontrolli mikrokliima üle ning keskkonnamõjud on sageli peidetud kunstliku keskkonnadisaini (valgus-, niiskus- ja haljastusstrateegiate) ja haldusteenuste taha, tekitades illusiooni täiuslikust ökoloogilisest sõltumatuses.<sup>5</sup> Linnastumine võib seega muutuda pöördumatuks protsessiks, sest ühel hetkel pole kuhugi tagasi minna.

Linnaplaneerimise keskmes on alati olnud inimene, kelle demograafilised muutused, vajadused ja rändemustrid määravad planeeringutingimused. Rahvastiku juurdekasv, kahanemine ja migratsioonivood moodustavad linnaplaneerimise lähtepunkti, rõhutades selgelt, et inimene on kogu planeerimisloogika keskne element.<sup>6</sup> Samas loovad inimese kasvavad vajadused mugavate elutingimuste järele sageli konflikti jätkusuutliku ökoloogilise talitusega, tekitades linnaplaneerimisele pideva väljakutse tasakaalustada kapitalistlikke eesmärke ja keskkonnaalaseid vajadusi.

---

<sup>3</sup> J. Jauhianen, Linnageograafia: Linnageograafia Eestis, Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia, 2005, lk 27–35.

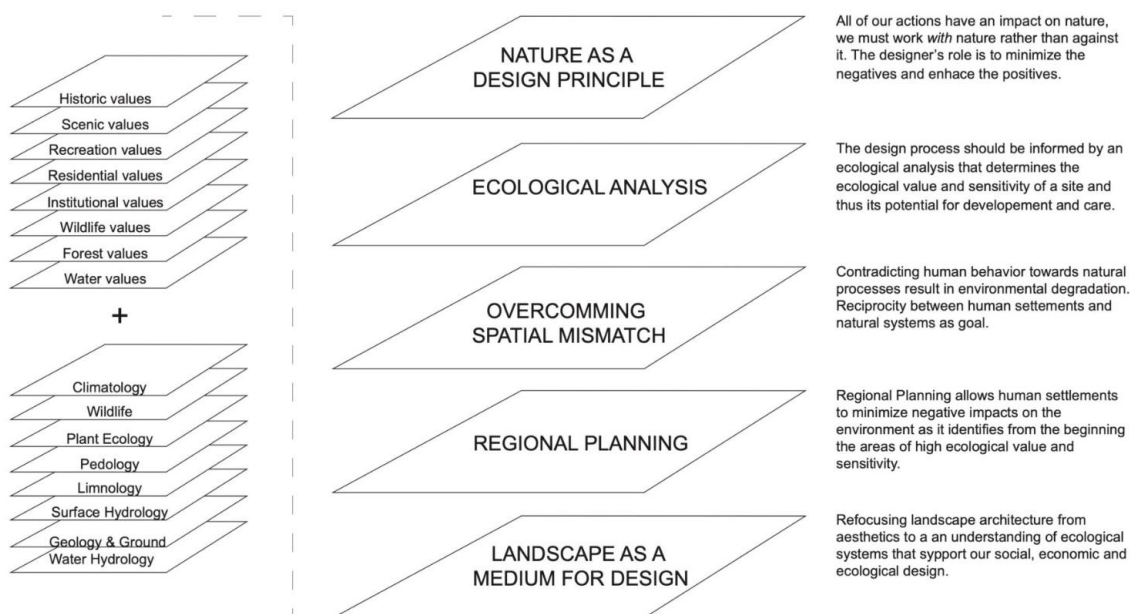
<sup>4</sup> P. Virilo, The Lost Dimension: The Overexposed City. New York: Semiotext(e), 1991 lk 9–27.

<sup>5</sup> N. Brenner, Implosions - Explosions: Towards a Study of Planetary Urbanization. Berlin: Jovis, 2017, lk 372-385.

<sup>6</sup> J. Jauhianen, 2005, Linnageograafia: Linnageograafia Eestis, Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia, 2005. lk 9–35

## 2.2 Ratsionaal-Ökoloogiline planeering

Ökoloogiline planeering kujunes 20. sajandi teisel poolel reaktsioonina üha teravnevatele keskkonnaprobleemidele ning selle teoreetilised alused said tugeva tõuke Ian McHargi teosest *Design with Nature* (1969), kus ta sidus ruumilise planeerimise looduslike süsteemide toimimise loogikaga.<sup>7</sup> Aja jooksul on ökoloogiline planeering arenenud tihedasse seosesse andmepõhiste tööriistadega, kujunedes tänapäeval üha enam üheks tehnokraatia alamkategoriaiks — valdkonnaks, kus otsuseid juhivad simulatsioonitarkvarad, (rohe)indikaatorid ja keskkonnanõuete kihid (joonis 1).<sup>8</sup>



Joonis 1. *Design with nature* 1966

Andmed: Diagramm <https://blog.iaac.net/design-with-nature-ian-mcharg/> (vaadatud 18.04)

Skandinaavia riikides on ökoloogiline planeering omandanud uue, rangelt struktureeritud kuju. Norras, Rootsis, Soomes ja Taanis on planeerimissüsteemidesse integreeritud süsinikujalajälje arvutused, loodusliku mitmekesisuse säilitamise mehhanismid ning materjalide ringluse põhimõtted. Näiteks Taanis on alates 2023. aastast uusehitistele kehtestatud siduvad süsiniku

<sup>7</sup> I. L. McHarg, *Design with Nature: Overlay*, New York: The Natural History Press, 1969.

<sup>8</sup> *Planning and Knowledge: How New Forms of Technocracy Are Shaping Contemporary Cities*. Toim M. Raco, F. Savini. Bristol, UK ; Chicago, IL, USA: Policy Press, 2019, lk 250-260.

piirväärtused<sup>9</sup>, Rootsis on 2022. aastast kasutusel hoonete „kliimadeklaratsioonid“<sup>10</sup> ning Norras planeeritakse nullheite-linnaosade (ZEN)<sup>11</sup> mudeli järgi, kus pilootprojekti naabruskonnad peavad vastama rangetele elutsükli põhiste CO<sub>2</sub>-eesmärkidele. Soomes arendatakse välja „süsiniknutikat“ ruumiplaneerimist, kus SKKE (Soome Keskkonnainstituut) toob CO<sub>2</sub>-jalajälje hindamise otse planeeringuõigusesse.<sup>12</sup>

Sellised arengud näitavad, et ökoloogiline planeering ei keskendu enam ainult haljastuse, sademevee ja keskkonnakaitse küsimustele, vaid toimib nüüd ka kvantifitseeritava kliimapoliitika tööriistana, sidudes looduse säilitamise ja tehnokraatliku lähenemise ühtseks planeerimispraktikaks.

## 2.3 Süsinikujalajälje multifunktsionaalsus

Süsinikujalajälge kui konseptsiooni ei rakendata ainult kliimasoojenemise leevendamiseks. Ent selle mõju ulatub kaugemale – süsiniku vähendamine aitab samaaegselt ohjata ka teisi keskkonnakriise. Oleme juba ületanud mitut planeedi taluvuspiiri (joonis 2), millest kolm –

---

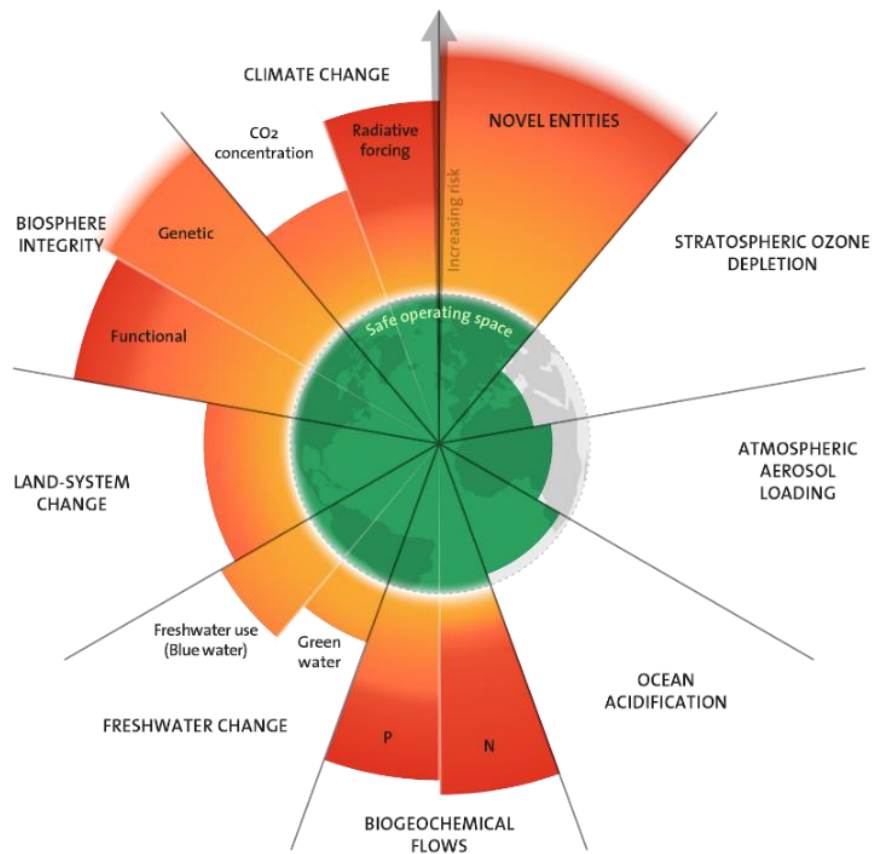
<sup>9</sup> Buildings' Life Cycle Assessments Gain Ground in the Nordics. – Nordic Sustainable Construction, 2023, <https://www.nordicsustainableconstruction.com/news/2023/january/denmark-introduces-co2-limit-for-new-constructions/> (vaadatud 16.10.2024).

<sup>10</sup> Boverket, Climate Declaration for New Buildings. 2022, <https://www.boverket.se/en/start/laws-and-regulations/climate-declaration/> (vaadatud 16.10.2024).

<sup>11</sup> M. K. Wiik, Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria. Version 4.0. English Trondheim: ZEN Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities, [NTNU, Faculty of Architecture and Design], 2024.

<sup>12</sup> Finnish Meteorological Institute, et al., The Urban Planning Guide Supports Climate-Proof Urban Planning. – Finnish Meteorological Institute Finnish Environment Institute, n.d., <https://climateguide.fi/articles/urban-planning-guide-supports-climate-proof-urban-planning> (vaadatud 2.01.2025).

kliimasoojenemine, bioloogiline mitmekesisus ja maakasutuse muutus – on otseselt seotud ehitustegevuse ja selle süsinikujalajäljega.



Joonis 2. Planetaarsed piirid.

Andmed: The 2023 updated to the Planetary boundaries, Richardson jt 2023.

Klassikalise arusaama kohaselt Süsinikuheite vähendamist käsitletakse tihti kui temperatuuri tõusu aeglustamise meetet, kuid tegelikult vähendab see ka üleüldist ressurside ületarbimist. Umbes 90% kogu bioloogilise mitmekesisuse kadudest on põhjustatud loodusvarade ammutamine ja töötlemine,<sup>13</sup> millest märkimisväärne osa toimub ehitusmaterjalide tootmises. Nii vähendab süsinikujalajälje langetamine ka elurikkuse kadu, leevendades survet ökosüsteemidele.

<sup>13</sup> European Commission, Circular Economy, 2019, [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy_en) (vaadatud 2.01.2025).

Lisaks aitab süsinikujalajälje vähendamine suunata maakasutust tõhusamaks ja säästlikumaks. Kuna prognoositakse, et globaalse ehituspinna maht kahekordistub 21. sajandi keskpaigaks,<sup>14</sup> kaasneb sellega paratamatult vajadus kasutada uusi maa-alasid ja olulisel määral ümbertöötada olemasolevaid asustatud keskkondi. Kui seda ei suunata teadlikult, ohustab see looduslikke alasid, mis toimivad süsinikusidujatena ja elupaikadena. Eestis on juba ajavahemikus 2000-2017 asustusalade pindala suurenenud 138 km<sup>2</sup> võrra.<sup>15</sup> Uute asulate teke on peamiselt toimunud aga monofunktsionaalsete ja hõredalt asustatud piirkondade näol – trend, millega koos on kasvanud elanike pendelrände vajadus.

Ehitussektori süsinikujalajalg mõjutab otseselt ka teisi majandusharusid, eeskätt transpordi- ja tööstussektorit. Näiteks tarneahela pikkusest sõltub koormus transpordisektorile ning suur osa ehitustööstuse sisenditest pärineb energiantensiivsest tööstustootmisest – eelkõige tsemendi, terase ja klaasi valmistamisest –, mis moodustab kokku ligikaudu 50% kogu tööstussektori kasvuhooonegaaside heitkogustest.<sup>16</sup> Seetõttu on süsiniku vähendamine ehitusvaldkonnas võtmekoht mitte ainult ruumilise planeerimise, vaid kogu süsinikumahuka majandusmudeli ümberkujundamisel.

## 2.4 Süsinikupoliitika perspektiiv kuni 2050

Tehnoloogia kiire kasutuselevõtt on linnu drastiliselt muutnud. Elusorganismide ja inimtekkeliste asjade koostoime on muutunud häguseks, kuna aeglased evolutsioonilised protsessid on elanikele nähtamatud. Ainult “kataklüsmilised” sündmused häirivad ökoloogilist tasakaalu ja evolutsioonilist rütmi. Linnastuv inimene on ökoloogiliselt vastastiksõltuv, kuid uute probleemide lahendamiseks puuduvad looduslikud regulaatorid näiteks nagu vihmametsad, mistõttu linnad vajavad inimsekkumist läbi seadusandluse.<sup>17</sup>

Küsimus ei ole enam selles, kas süsinikuheidet reguleerida, vaid kuidas seda teha viisil, mis vähendaks keskkonnamõju maksimaalselt võimalikult lühikese ajaga. Süsinikupoliitika keskne eesmärk ei ole seega veel ruumi regenereerimine ega ringmajanduse edendamine, vaid

---

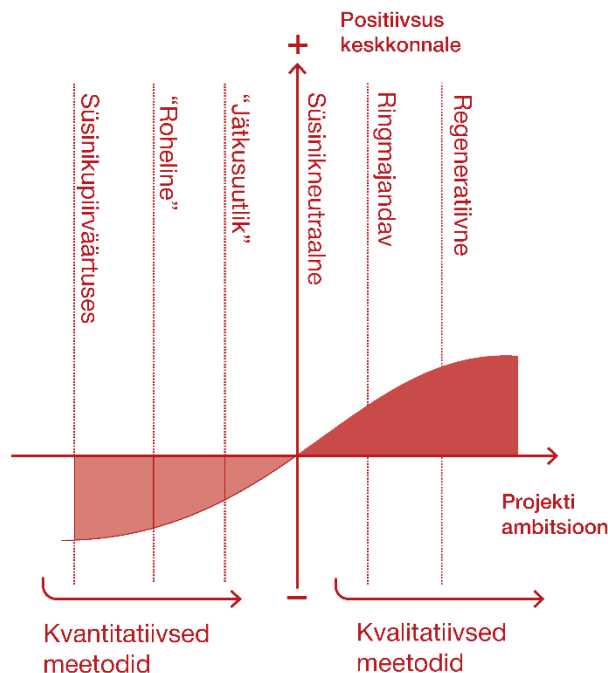
<sup>14</sup> Rohetiiger, Ehitusteekaart 2040, 2023, lk 10.

<sup>15</sup> T. Oja, Eesti Inimarengu Aruanne 2019/2020: Maakasutuse Muutused – Linna Ja Maa Tähenduse Moondumine. 2020, <https://www.2020.inimareng.ee/maakasutuse-muutused-linna-ja-maa-t%C3%A4henduse-moondumine.html> (vaadatud 2.02.2025).

<sup>16</sup> F. Pomponi, et al., Applied Energy: Net-Zero Carbon Buildings and Urban Environments. – Applied Energy, Vol.5, 2024, lk 6, 10–11, 13.

<sup>17</sup> P. Virilio, The Overexposed City. – Zone 1/2: The Contemporary City. Toim M. Feher, S. Kwinter, New York: Zone Books, 1994, lk 10–15.

süsiniku emissioonide vähendamine konservatiivselt olemasoleva majandusmudeli piires.  
(joonis 3)



Joonis 3. Positiivse keskkonnamõju ambitsioon. Autori andmed.

Sellest lähtuvalt kannab süsinik poliitilises ja majanduslikus käsitluses mitmeid kapitalistlike omadusi nagu süsiniku: turg, eelarve, krediit, kvoodid jne. Näiteks oli magistritöö kirjutamise ajal EU süsinikuturul CO2 loa turuhind 60–70 eurot tonni kohta. Spekuleerin, et süsinikupoliitika on lähimal aastakümnel imaginaarne mõju ja visuaal-materiaalne mõju avaldub ehitussektoris palju hiljem.

## 3. Kliimasoojenemise narratiiv

### 3.1 Sotsiaal-majanduslik taust

Kliimasoojenemine on inimajaloo käsitluses pöördumatu atmosfääriline protsess, mille mõju on muutunud juba praegu looduses selgelt nähtavaks. Inimtekkeliste kasvuhoonegaaside ning aerosoolide emissioonide kasv linnades põhjustab tasakaalustamatust atmosfääri siseneva ja sealt väljuva energia vahel. Suurem löksu jäänud soojuskiirguse hulk põhjustab globaalsete

temperatuuride tõusu ja kliimamuustrite muutumist.<sup>18</sup> Kliima normaaltalitsuse taluvuspiiri ületades ei pruugi inimene järkjärguliselt halvenevates elutingimustes ellu jääda, tehes kliima transgressiivse muutuse eksistentsialistlikuks probleemiks kõigile elusolenditele.

Globaliseerunud maailm toob globaalseid probleeme, mis nõuab ühist ja koordineeritud reageerimist kõikidelt riikidelt, linnadelt, sektoritelt ja inimestelt. David Harvey (1998) rõhutab, et "keegi ei saa ju tegelikult olla jätkusuutlikuse vastu".<sup>19</sup> Paraku on erinevates riikides erinev majaduslik, tehnoloogiline ja ühiskondlik võimekus globaalsete probleemidega tegeleda. Sellepärast on enamlevinud strateegia kliimasoojenemisega toimetulekul kohanemine kuivõrd kasvuhoonegaaside emissioonide aktiivne vähendamine. Kui kohanemine tuleb indiviidile instinktiivselt, siis heitmete vähendamisel peab mõistma ühiskonna fundamentatsiooni (joonis 4), mis säilitaksid ühiskonnakorra toimivust kollektiivselt madalama süsinikumahukusega majandusmodelile ülemineku<sup>20</sup>.



Joonis 4. Süsinikueelarve regulatiivsed tasandid. Andmed: Circular construction For Urban Development, lk 161

<sup>18</sup> J. Rockström, et al., Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. – Ecology and Society, Vol. 14, no. 2, 2009, lk 7-11.

<sup>19</sup> The Cultures of Globalization. Toim Subramani, M. Alberto, T. Barbara, H. David jt. Durham: Duke University Press, 1998 lk 337.

<sup>20</sup> K. Raworth, A-Safe-and-Just-Space-for-Humanity-Can-We-Live-within-the-Doughnut. n.d. lk 3-5

Kriisiga toimetulek nõuab süstemaatilist muutust, mis kaasaks kõiki ühiskonnakihte rakendades multilateraalset lähenemist.<sup>21</sup> Ajalooliselt on heitmekasv toimunud Teisest Töötusrevolutsioonist (umbes 1870.ndast aastast) saati korrelatsioonis majanduskasvuga, kusjuures SKP kasv on seni olnud otseselt seotud fossiilkütuste põletamisega.<sup>22</sup> Euroopa Roheleppe näitel on aga kinnitatud, et multilateraalse lähenemise kaudu on võimalik edukalt üle minna taastuvatele energiaallikatele ning samaaegselt tagada majanduskasv koos kasvuhoonegaaside(KHG) heitkoguste olulise vähendamisega. Igal riigil on vaba voli süsinikujälje strateegia valida (joonis 4).

## 3.2 Kliimasoojenemine Eesti kontekstis

Alates Teisest Tööstusrevolutsioonist on temperatuur Eestis tõusnud 2.7 °C<sup>23</sup>, mis tähendab et kliimasoojenemise vältimiseks on liiga hilja (joonis 5). Küsimus seisneb selles, millise tulevikustsenaariumi tänapäevased otsused endaga kaasa toovad. Radikaalsema stsenaariumiga(RCP8.5) kaasneva kliimamuutuse mõjud erinevad piirkonniti, kuid 2100 aastaks tähendab see Eestis püsiva lumekatte puudumist, sademete esinemise tõenäosust 19%, tuule kiiruse tõusu 3-18%, siseveekogude temperatuuritõus 2-7 °C võrra ja merevee taseme tõus 45-82 cm. Prognoosis on tuginetud olemasolevatele teadmistele atmosfääri ja aluspinna kliima ning selle muutumise kohta Eestis ja Läänemere regioonis, pidades silmas globaalset konteksti ning sellest tulenevaid lokaalseid seoseid.<sup>24</sup>

---

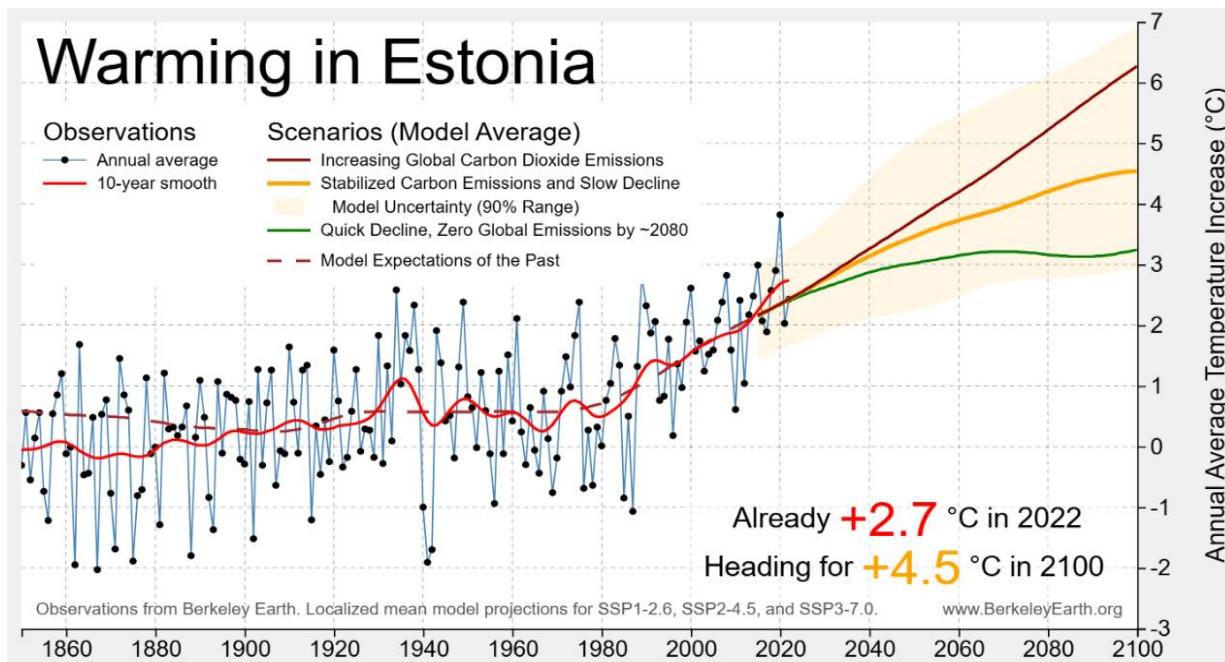
<sup>21</sup> ÜRO peasekretäri António Guterresi 2019, UN Climate Change Kõne. – World Economic Forum, 2019, <https://www.weforum.org/stories/2019/01/these-are-the-global-priorities-and-risks-for-the-future-according-to-antonio-guterres/>.

<sup>22</sup> The Real Deal: Post-Fossil Construction for Game Changers. Toim F. Hörmann. Berlin: Ruby Press, 2023. lk 9

<sup>23</sup> Country-Level Warming Projections, Estonia. n.d <https://berkeleyearth.org/policy-insights/>.(vaadatud 19.12.2024)

<sup>24</sup> Keskkonnaagentuur, Eesti Tuleviku Kliimastenaariumid Aastani 2100.2015, (vaadatud 19.12.2024).





Joonis 5. Kliimasoojenemise 3 stsenaariumit Eestis

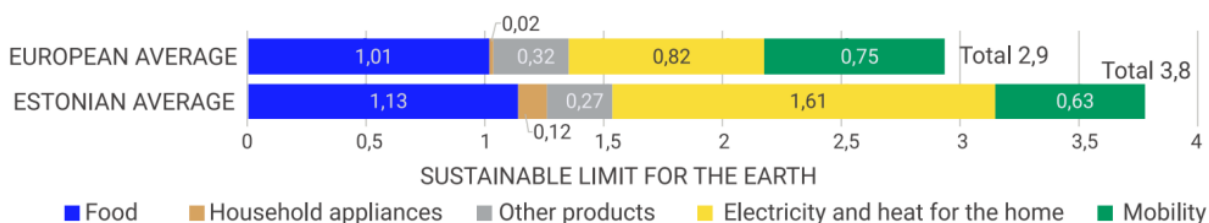
Andmed: Climate warming in Estonia since the mid-19th century and forecast by the end of this century.  
 Source: berkeleyearth.org (vaadatud 18.04.2025)

Hetkel liigub maailma kliimasoojenemine „*Business as usual*“ stsenaariumi (RCP6.0) suunas,<sup>25</sup> kus atmosfääri jätkuvalt kasvavad kasvuhoonegaaside kontsentratsioonid siiski põhjustavad sajandi lõpuks ulatuslikke ja pöördumatuid muutusi. Selle globaalse konteksti taustal paistab Eesti silma erakordselt positiivsete keskkonnanäitajatega. Yale'i Ülikooli koostatava keskkonnatoimivuse indeksi (EPI) kohaselt on Eesti aastal 2024 keskkonnaindikaatorite poolest maailmas esikohal.<sup>26</sup> Seejuures on Eesti tugevuseks just kliimamuutuste valdkonnas kogutud kõrged punktid, mis viitab märkimisväärsele valmisolekule saavutada seatud kliimanetraalsuse eesmärk aastaks 2050.

<sup>25</sup> Z. Hausfather, G. P. Peters, Emissions – The ‘Business as Usual’ Story Is Misleading. – Nature, Vol. 577, no. 7792, 2020, lk 18–20.

<sup>26</sup> Yale School of the Environment, Environmental Performance Index. 2024., <https://epi.yale.edu/country/2024/EST> (vaadatud 27.03.2025).

Eesti kasvuhuonegaaside koguheitkogus oli 2023. aastal 12,99 miljonit tonni CO<sub>2</sub>-ekvivalenti,<sup>27</sup> mis moodustas ligikaudu 0,034% sama aasta globaalsest süsinikuheitest<sup>28</sup>. Kui aga võrrelda süsinikujalajälge inimese kohta, siis eestlase süsinikuheide on ligikaudu kaks korda suurem kui keskmise maailma elaniku.<sup>29</sup> (Joonis 6)



Joonis 6. Keskmise Euroopa ja Eesti elanike keskkonnajalajalg  
Andmed: Euroopa Komisjon, LEU, 2024

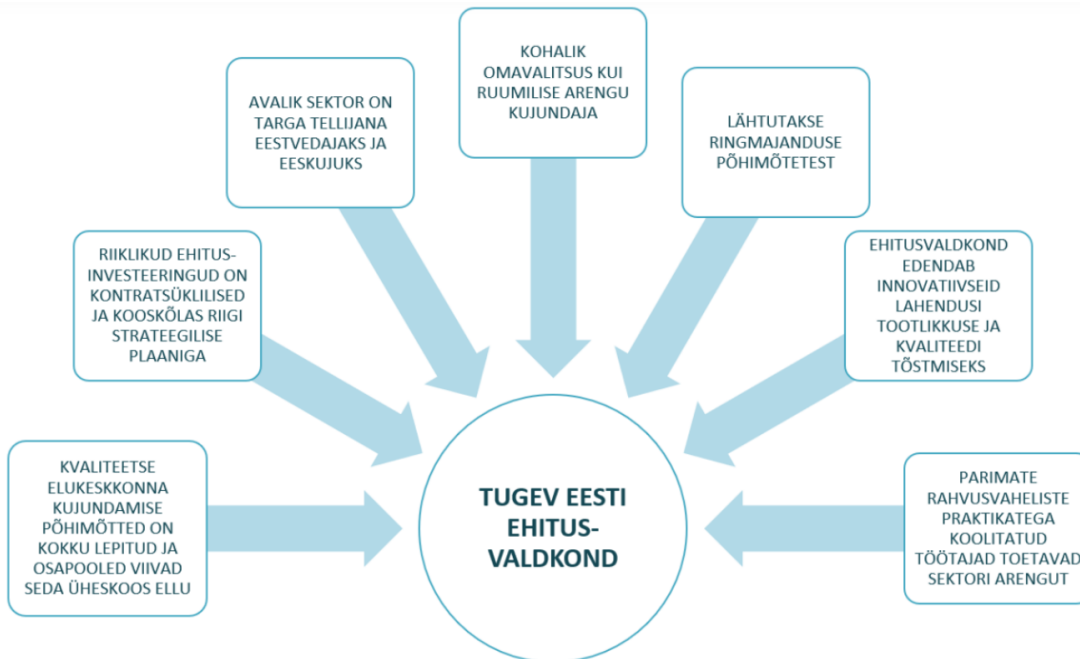
See tähendab, et Eesti suudaks saavutada süsinikuneutraalsuse üksnes täieliku üleminekuga taastuvenergiale, ilma et see eeldaks radikaalseid muutusi ühiskondlikes tarbimismustris. Just see annab Eestile ambitsioonikama eesmärgi – mitte üksnes olla eeskujuks madalsüsinikulise ühiskonna piloteerimisel, vaid ka ruumilise transformatsiooni laborina. Arvestades, et Eesti ehitussektori tootlikkus on kaks korda madalam kui Euroopa keskmine,<sup>30</sup> peitub siin potentsiaal struktuurseks üleminekuks ressursitõhusa, ringmajanduslikult toimiva ehitussektori suunas. Seda visiooni toetab osaliselt „Ehitussektori pikk vaade 2035“ 7 sammu (joonis 7).

<sup>27</sup> Eesti Keskkonnaagentuur, Eesti Kasvuhuonegaaside Koguheitkogus 2023, <https://kasvuhuonegaasid.ee> (vaadatud 4.07.2025).

<sup>28</sup> International Energy Agency, CO<sub>2</sub> Emissions in 2023: A New Record High, but Is There Light at the End of the Tunnel? – Technical Report, 2024, lk 3.

<sup>29</sup> Arenguseire Keskus, The Average Environmental Footprint of Residents of Estonia and Europe, 2024, <https://arenguseire.ee/en/reports/the-average-environmental-footprint-of-residents-of-estonia-and-europe>. (vaadatud 07.04.2025)

<sup>30</sup> Ehitusvaldkonna arengukomisjon, Ehituse Pikk Vaade 2035: Versioon 2.2022, lk 18.



Joonis 7. 7 sammu ehitusvaldkonna arendamiseks

Andmed: Ehituse Pikk Vaade 2035, MKM

### 3.3 Regulatiivne kliimaneutraalsuse taust

Süsinikuneutraalsuse regulatiivse tausta loob 2015. aastal sõlmitud Pariisi kliimakokkulepele – esimesele rahvusvahelisele, õiguslikult siduvale lepingule kliimamuutuste vastu, mille allkirjastasid 196 riiki ÜRO kliimakonverentsil COP21 Pariisis.<sup>31</sup> Reageerides aeglasele progressile, algatas Euroopa Komisjon 2019. aastal Euroopa roheline kokkulepe, mille eesmärk on saavutada kliimaneutraalsus kogu Euroopa Liidus aastaks 2050.<sup>32</sup> Selle sihi fikseerib Euroopa kliimaseadus, muutes kliimaneutraalsuse õiguslikult siduvaks. Kõik liikmesriigid, sealhulgas Eesti, peavad jõudma nullheitesse hiljemalt 21. sajandi keskpaigaks<sup>33</sup> – kuigi strateegia pudub. Skandinaavia riigid on aga seadnud veelgi ambitsioonikamad tähtajad: Norra aastaks 2030, Soome 2035, Rootsi ja Taani 2045. Igal riigil on selleks oma strateegiad, kuid lõppeesmärk sama:

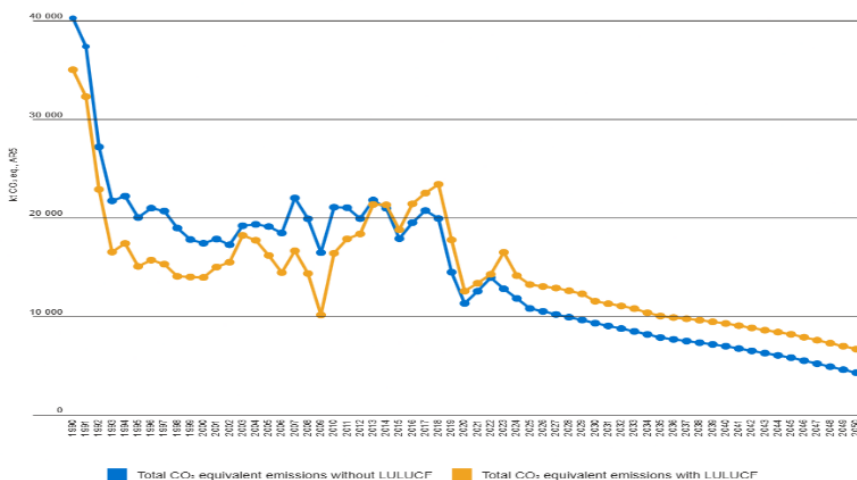
<sup>31</sup> Eesti Kliimaministeerium, Pariisi Kliimakokkulepe, 2023, <https://kliimaministeerium.ee/pariisi-kokkulepe> (vaadatud 4.07.2025).

<sup>32</sup> European Parliament, Green Deal: Key to a Climate-Neutral and Sustainable EU, 2020, <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20200618STO81513/green-deal-key-to-a-climate-neutral-and-sustainable-eu> (vaadatud 4.07.2025).

<sup>33</sup> Keskkonnaministeerium Kliimapoliitika Põhialused Aastani 2050. 2023, lk 3-8.

netonull-emissioonide ehk kliimaneutraalsuse staatuse saavutamiseks peab kogu atmosfääri paisatav CO<sub>2</sub> heide olema tasakaalustatud vähemalt samas mahus süsiniku sidumisega atmosfäärist. Süsinikusiduja all mõistetakse süsteeme, mis seovad ja talletavad rohkem süsinikdioksiidi, kui nad ise vabastavad. Peamised looduslikud süsiniku sidujad on mullad, metsad ning ookeanid. Hinnangute kohaselt seovad looduslikud sidujad 9,5–11 gigatonni CO<sub>2</sub> aastas, kuid võrdluseks 2019. aastal oli ülemaailmne CO<sub>2</sub>-heitkogus 37,8 gigatonni<sup>34</sup>.

Lisaks võib looduslikes süsinikuvarudes, nagu näiteks metsades talletatud süsinik, kergesti vabaneda tagasi atmosfääri loodusõnnetuste (näiteks metsatulekahjud) või inimtegevuse (maakasutuse muutuse ja raie) tõttu. Seetõttu on kliimaneutraalsuse tegelikuks saavutamiseks oluline mitte ainult suurendada süsiniku sidumist ja arendada vastavaid majandusmehhanisme (näiteks süsinikukrediitide kauplemine ja süsinikukaubandus), vaid eelkõige vähendada inimtekkelist CO<sub>2</sub>-heidet, et vähendada survet looduslikele süsiniku sidujatele. Sellepärast esitataksegi IPCC AR6 riiklikes kasvuhoonegaaside raportites eraldi LULUCF süsinikujalajälje väärtus, et suurte metsadega (süsinikuvarudega) riigid nagu Eesti ei tugineks ainult bioressursside eelistele (joonis 8).



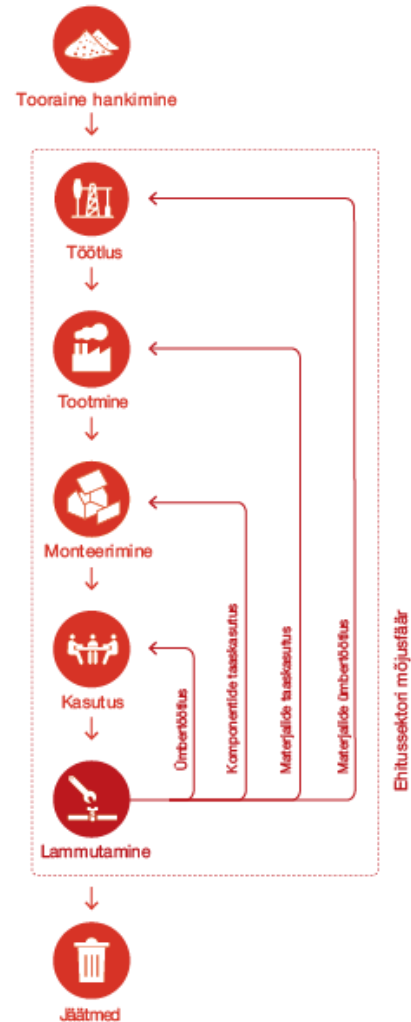
Joonis 8. Kasvuhoonegaasid 2023

Andmed: <https://kasvuhoonegaasid.ee/#/inventory/>

(Total GHG emissions AR5) 2023, (vaadatud 18.04.2025)

<sup>34</sup> Euroopa Parlament, Mis on Süsinikuneutraalsus Ja Kuidas Seda Saavutada Aastaks 2050?, 2019, <https://www.europarl.europa.eu/topics/et/article/20190926STO62270/mis-on-susini-kuneutraalsus-ja-kuidas-seda-saavutada-aastaks-2050> (vaadatud 18.04.2025).

Kokkuvõttes on oluline näha laiemat süsteemset pilti. Kui arhitektuuribüroo kavandab Eesti suurima puithoone – näiteks 24 000 m<sup>2</sup> suuruse Loodusmaja –, võib see tähendada muljetavaldavat säästu ehitussektori süsinikujalajäljes. Kuid samal ajal väheneb lühiajaliselt riigi süsinikuvaru. Seetõttu ei piisa pelgalt naturaalseste materjalide kasutamisest: oluline on, et need materjalid säiliks ehitatud keskkonnas või materjaliringluses kauem kui üks metsatsükl (60-100+ aastat). Vaid sellisel juhul võib puitu käsitleda kestliku süsinikuvaruna ning saavutada ehituses reaalse süsiniku sidumise efekti. Ehitussektori panus kliimanetraalsusse saab seega tulla eelkõige ehitusmaterjalide pikaajalisest kasutusest ja suletud ringluspõhisest materjalivoost, mitte ainult loodusvarade asendamisest. (joonis 9)



Joonis 9. Ehitussektori mõjusfäär

Andmed: Circular construction for Urban Development, lk 70

### 3.5 Kasvuhoonegaas ja süsinikdioksiidi ekvivalent

Termin “kasvuhoonegaasid” (KHG) on semantiliselt problemaatiline, kuna see ei defineeri mõõdetavat ühikut, vaid viitab üldistavale nähtusele. Sellepärast on peamine kliimasoojenemise statistiline mõõtühik süsinikdioksiidi ekvivalent (CO<sub>2</sub>-ekv). Eesti levinuim kasvuhoonegaas 2022. aastal oli süsinikdioksiid (CO<sub>2</sub>), mis moodustas 84% riigi kogukasvuhoonegaaside (KHG)

heitkogusest. Sellele järgnesid metaan (CH<sub>4</sub>) 8%, diämmastikoksiid (N<sub>2</sub>O) 6% ning fluorosüsivesinikud ehk nn F-gaasid, mille osakaal oli alla 2% kogu heitkogusest.<sup>35</sup>

Igal nimetatud kasvuhoonegaasil on oma keemiliste omaduste tõttu erinev globaalne soojenemispotentsiaal (Global Warming Potential – GWP). GWP on indeks, mis mõõdab aine kiirguslikku sundi ehk soojuspidamisvõimekust. GWP-d arvutatakse KHG massist põhjustatud heidete mõju akumulierimisel kindla ajaperioodi vältel ning võrreldes mõju referentsaine ehk süsinikdioksiidiga (CO<sub>2</sub>).<sup>36</sup> Levinud on GWP100 indeks, mis illustreerib seega KHG kumulatiivset mõju saja aasta vältel (joonis 10). Nii moodustub valem CO<sub>2</sub> ekvivalentväärtuse leidmiseks  $CO_2\text{-eq} = \sum(KHG \text{ mass} \times \text{gaasi GWP100})$ .

KHG	Nimetus	Oletatav eluiga atmosfääris	Individualistlik maailmavaade (20 aastat)	Hierarhistlik maailmavaade (100 aastat)	Egalitaarne maailmavaade (1000 aastat)	GWP100 (IPCC AR6)
CO <sub>2</sub>	Süsinikdioksiid	-	1	1	1	1
CH <sub>4</sub>	Metaan	12 aastat	84	29.8	4.8	29.8
N <sub>2</sub> O	diämmastikoksiid	114 aastat	298	273	78.8	273
CHF <sub>3</sub>	HFC-23	280 aastat	-	14 600	-	14 600

Joonis 10. KHG karakteristika faktorid

Andmed: IPCC AR6 synthesis report

Akadeemilises kirjanduses kasutatakse sellegipoolest valdavalt terminit KHG, sest süsinikku on võimalik siduda, kuid teiste kasvuhoonegaaside atmosfäärsed nähtused on ebaselged.

Sellepärast käsitlen magistritöö kontekstis süsinikdioksiidi ekvivalenti ehk edaspidi süsinikku kui ühikut, mitte nähtust.

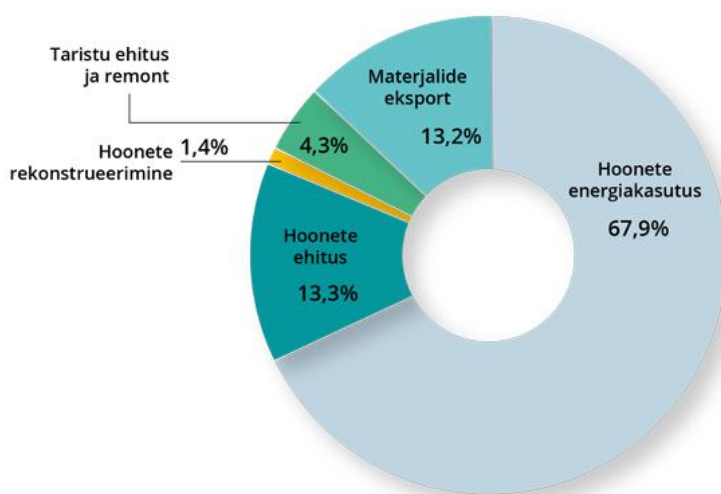
<sup>35</sup> Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK), Eesti KHG, 2022, <https://kasvuhoonegaasid.ee/> (vaadatud 19.12.2024).

<sup>36</sup> K. Calvin, et al., IPCC: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, Geneva, Switzerland, 2023, lk 124, <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/> (vaadatud 19.12.2024).

## 3.6 Ehitussektor

### 3.6.1 Eesti ehitussektori värskeim statsitika

Eesti ehitus- ja kinnisvarasektori osakaal süsinikujalajäljest moodustas, Rohetiigri ehitustee kaart 2040 andmetel, 2021. aastal kasvuhoonegaaside netoheitest 40,3% ehk 6,3 miljonit CO<sub>2</sub> ekv, 2022.a arvutuste järgi 42,7%. Heidete osakaal jaotub ehitus- ja kinnisvarasektori järgmistesse vald-kondadesse: hoonete rekonstrueerimine (1.4%), taristu ehitus ja remont(4.3%), ehitusmaterjalide transport(13.2%), hoonete ehitus(13.3%) ja energiakasutus(67.9%).<sup>37</sup> (joonis 11)



Joonis 11. 2022.a Ehitussektori KHG jaotus.

Andmed: Rohetiiger Ehitusteekaart 2040

Proportsionaalselt suurim osa hoonete süsinikuheitest tuleneb nende energiakasutusest. Kuid vastavalt Eesti riiklikule energia- ja kliimakavale aastani 2030 (REKK) suureneb taastuvate energiaallikate osakaal 42%lt 65%ni. Aastaks 2040 on plaanitud elektritootmise täielik dekarboniseerimine,<sup>38</sup> mis tähendab, et hoonete energiatarbimisest tulenev süsinikujalajalg jõuab

<sup>37</sup> Rohetiiger, Ehitusteekaart 2040, 2023, lk 12.

<sup>38</sup> ERR Uudised, "Uue Seaduse Järgi Muutuks Elektritootmine Eestis 2040. Aastaks Heitevabaks", 2024, <https://www.err.ee/1609336185/uue-seaduse-jargi-muutuks-elektrotootmine-estis-2040-aastaks-heitevabaks>. (vaadatud 08.04.2024)

nullini. Sellest hetkest nihkub fookus kohaliku materjali- ja ruumikasutuse optimeerimisele.<sup>39</sup> Seetõttu tuleb tulevikku vaadates keskenduda kahele põhilisele väljakutsele: ehitusmaterjalide päritolu, nende taastuvus ja ruumikasutuse efektiivsus.

Oluline süsinikujalajälje kasv on prognoositav just ulatuslike rekonstrueerimistöde tõttu. Vastavalt 2020. aastal koostatud hoonete rekonstrueerimise pikaajalisele strateegiale vajab Eestis rekonstrueerimist ca 100 000 üksikelamut kogupindalaga 14 mln m<sup>2</sup>, ca 14 000 korterelamut kogupindalaga 18 mln m<sup>2</sup> ja ca 27 000 mitteeluhoonet kogupindalaga 22 mln m<sup>2</sup>.<sup>40</sup> Riiklikus energia- ja kliimakavas (REKK) on seatud eesmärgiks, koguhoonefondist saavutada 50% korterelamutest ja 40% väikeelamutest vähemalt C energiaklass.<sup>41</sup>

Ka hooneehituse maht kasvab paratamatult – seda dikteerib demograafiline ebapüsivus ruumilised protsessid nagu linnastumine, valglinnastumine ja vastulinnastumine. Eestis on viimase kümnendi jooksul (2014–2024) ehitatud igal aastal üle 1,1 miljoni ruutmeetri uut hoonepinda (KredEx, builtEST).<sup>42</sup> Samal ajal läheneb 2050. aastaks maailma rahvaarv 9.8 miljardi piirile,<sup>43</sup> mille tõttu prognoositakse ehitusmahudeks globaalselt ehitusaluse pinna kahekordistumist 2060. ndaks aastaks.<sup>44</sup> Kui Eesti ei kasuta oma ressursse siinses ehituses, siis eksporditakse need mujale – sest rahvusvaheline nõudlus uute elukohtade järele ei raue.

Jätkusuutliku hoonefondi järele kasvavat nõudlusele viitab turu nõudlus kvaliteedisertifikaadid nagu LEED ja BREEAM järele ning viimasel ajal ka kliimanetraalsuse *label*. Huvitaval kombel kerkivad Eestis sellised nähtused sageli esile just erasektori initsiatiivina, kus riikliku regulatsiooni asemel kujundavad visiooni arendajad ise. Nii võib näiteks Krulli kvartali ja Hundipea sadama

---

<sup>39</sup> TalTech, Ehitusmaterjalide Puudus Ja Keskkonnajalajalg Käivitas Eesti Teadlasi Uusi Lahendusi Otsima, 2024, <https://taltech.ee/uudised/ehitusmaterjalide-puudus-ja-keskkonnajalajalg-kaivitas-eesti-teadlasi-uusi-lahendusi-otsima> (vaadatud 4.08.2024).

<sup>40</sup> J. Laht, et al., Süsinikupõhised Finantsinstrumendid: Ärihoonete Renoveerimiseks Kavandavate Rahastusmeetmete Sotsiaalmajanduslike Mõjude, Maksumuse Ja Turule Kasutuselevõtu Potentsiaali Analüüs. Tallinn: LIFE IP BuildEST, 2022, lk 3.

<sup>41</sup> I. Möldre, Eesti Riiklik Energia- Ja Kliimakava Aastani 2030 (REKK 2030), 2019, lk 18-29.

<sup>42</sup> Rohetiiger, Ehitusteekaart 2040, 2023, lk 10.

<sup>43</sup> United Nations Department of Economic and Social Affairs, World Population Projected to Reach 9.8 Billion in 2050, and 11.2 Billion in 2100. 2017, <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100> (vaadatud 4.08.2024).

<sup>44</sup> Architecture 2030, Why the Built Environment?. 2023, <https://www.architecture2030.org/why-the-built-environment/> (vaadatud 4.08.2024).



arendusi pidada omamoodi moodsateks kriisiheterotoopiateks – idealiseeritud, ent kontekstist irdunud linnaruumi visioone, mis tekivad sageli vastusena süsteemsele kriisile.

## 4. Madalsüsinikehitus teooria ja praktika

### 4.1 Teooria

#### 4.1.1 Ehitise olelusringne mõtlemine

Iga ehitusprojekti puhul on kaks peamist CO<sub>2</sub>ekv (edaspidi süsiniku) komponenti: otsesed heitkogused (operatiivne süsinik) ja kaudsed heitkogused (kehastunud süsinik). Operatiivne süsinik viitab heitkogustele, mis on seotud energia kasutamisega hoone või infrastruktuuri opereerimiseks, hõlmates kütet, jahutust, ventilatsiooni, valgustussüsteeme, lifte jms eriosasid. Enamik tänapäeva lähenemisi keskendub just operatiivsele süsinikule, ent see moodustab vaid osa kogu hoone olelusringi mõjust.<sup>45</sup>

Kehastunud süsinik viitab ülejäänud heitkogustele, mis on seotud materjalide ja ehitusprotsessidega kogu hoone või infrastruktuuri olelusringi vältel. See on tavaliselt seotud protsesside, materjalide või tootelahendustega, mida kasutatakse hoone ehitamiseks(A5), hooldamiseks(B2), parandamiseks(B3), renoveerimiseks(B5) ja lammutamiseks(C). (joonis 12)

Ehitise olelusring on seega teaduslik meetodiline raamistik, mis võimaldab kvantifitseerida kogu süsinikuheite, nii kehastunud kui ka operatiivse, hoone terve olelusringi jooksul.<sup>46</sup> Kuna projekteerimise varastes etappides pole kogu olelusringi andmestik sageli kättesaadav, rakendatakse sel juhul piiratud ulatusega analüüse, mis keskenduvad konkreetsetele etappidele, nagu:

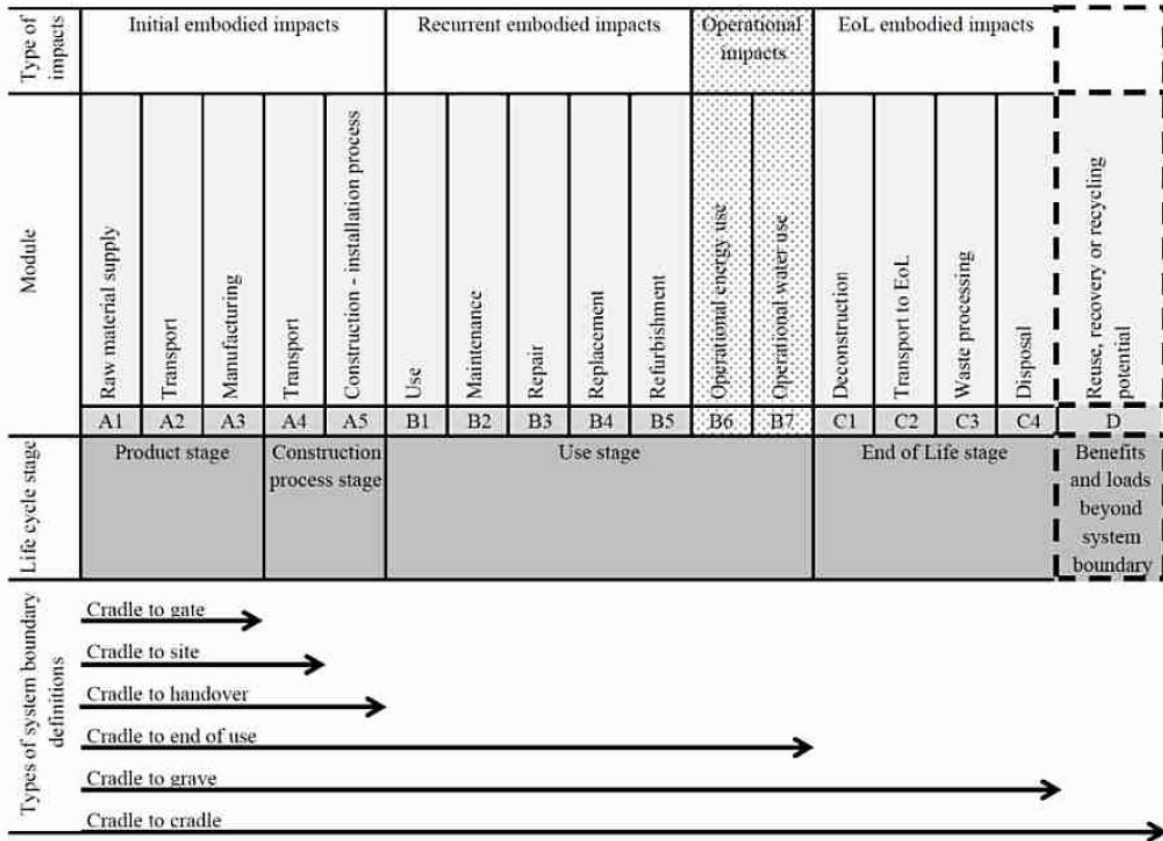
- Hällist tehaseväravani e. *Upfront carbon* (A1-A3), eelprojektis analüüsitav
- Hällist ehitusplatsini (A1-A4), põhiprojekti analüüsitav
- Hällist üleandmiseni (A1-A5), põhiprojekti analüüsitav
- Hällist elutsükli lõpuni (A1-B7), tööprojektis analüüsitav
- Hällist hauani (A1-C4), -,,-
- Hällist Hällini (A1-D), -,,-

---

<sup>45</sup> World Green Building Council, Bringing Embodied Carbon Upfront. 2019. Lk 4-5

<sup>46</sup> A. Oviir, et al., Hoone Süsinikujalajälje Meetod Tehniline Dokument. Tallinn: 2024. lk 10

- Kogu eluringi süsinik e. *Whole Life Carbon* (enamasti A1-A3, B6), eelprojektist kuni põhiprojektini.



Joonis 12. Süsteemipiiride definitsioonid elutsüklite kaupa

Andmed: *Widening understanding of low embodied impact buildings: results and recommendations from 80 multi-national quantitative and qualitative case studies, 2019*<sup>47</sup>

<sup>47</sup> A. Moncaster, et al., Widening Understanding of Low Embodied Impact Buildings: Results and Recommendations from 80 Multi-National Quantitative and Qualitative Case Studies. – Journal of Cleaner Production, Vol. 235, 2019, lk 378.

Elutsükliline lähenemine (Life Cycle Thinking, LCT) käsitleb hooneid ja tooteid nende kogu elukaare vältel, hõlmates nii ressursikasutust kui ka keskkonnamõju. Kontseptsioon sai alguse 1970. aastatel vastusena kasvavale murele piiratud loodusvarade, eriti fossiilkütuste kättesaadavuse osas.<sup>48</sup>

Sellepärast võimaldab meetod potentsiaalselt hinnata nii sisendeid (ressursid, energia, maakasutus) kui ka muid väljundeid (heitmed õhku, vette, pinnasesse). LCA ei piirdu üksnes kasvuhoonegaaside hindamisega – seda saab rakendada ka ressurssitõhususe, veekasutuse, maakasutuse muutuse (LULUC) ning ökoloogilise ja inimtervise riski analüüsiks.

## 4.1.2 LCA standard

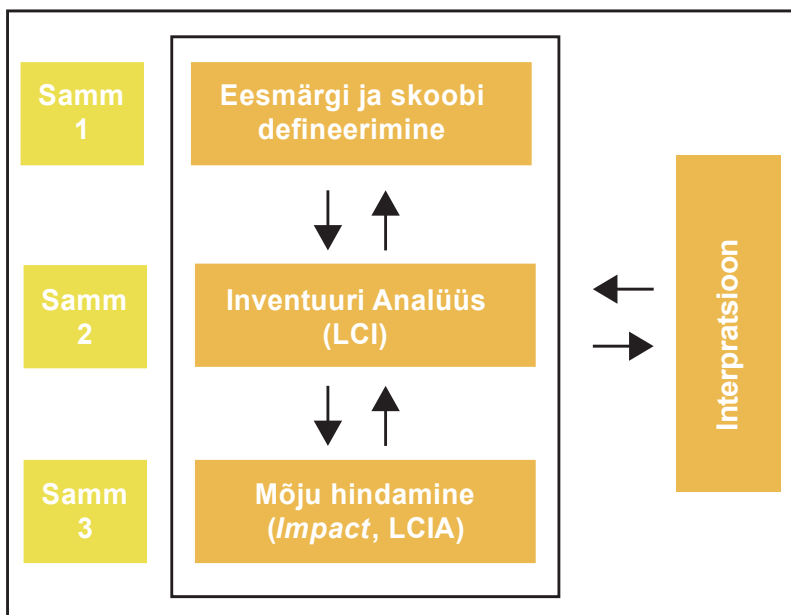
LCA Meetodi põhimõtted on kehtestatud rahvusvaheliste standarditega ISO 14040 ja ISO 14044. Kuna tegemist on kvantitatiivse hindamismeetodiga, võimaldab LCA võrrelda erinevaid disaini- ja tehnoloogilisi lahendusi, näiteks tootmisprotsesse, materjalivalikuid või transpordiviise. Selle rakendamine eeldab aga andmepõhist lähenemist ning meetodit valdava kasutaja kriitilist tõlgendamisvõimet, mistõttu sobib see pigem professionaalseteks otsusteks (nt projekteerimisel või tootearenduses), mitte otseselt lõpptarbija valikute toetamiseks.<sup>49</sup>

LCA koosneb ISO 14040 järgi kolmest osast (joonis 13). Neid samme kasutades on võimalik tõendus põhised kommunikatsioonid keskkonnamõjusid, toetada toodete täiustamist, arendada strateegiaid, kujundada normatiivseid regulatsioone ja suunata turupõhist suhtlust. Sellepärast rakendatakse riikides LCA arvutuskohustus enne kui ehitistele kehtestatakse piirväärtused. normatiivseid regulatsioone ja suunata turupõhist suhtlust. Sellepärast rakendatakse riikides LCA arvutuskohustus enne kui ehitistele kehtestatakse piirväärtused.

---

<sup>48</sup> European Commission. Directorate-General for the Environment, European Commission. Joint Research Centre, Making Sustainable Consumption and Production a Reality: A Guide for Business and Policy Makers to Life Cycle Thinking and Assessment. LU: Publications Office, 2010. lk 7-12

<sup>49</sup> T. Häkkinen, M. Kuittinen, Madalsüsinikehituse Suunas.2021. lk 55-57



Joonis 13. ISO 14040 etapid, autori interpretatsioon.

Andmed: EN 14040

1. **Esimeses etapis** määratletakse hindamise eesmärk: näiteks süsiniku piirväärtuse saavutamine vastavalt hoonetüübile, siis kehtestatakse skoop e. süsteemi piirid, mis põhinevad Eesti süsinikuarvutuse meetodikal.

2. **Teises etapis** koostatakse kogu ehitusprojekti materjalide loend (*Bill of Materials*, BOM), määratletakse materjalide kogused ja eeldatav eluiga (*reference service life*). Inventuuri hulka kuulub ka ehitise kasutusaene elektrienergia ja selle heitetegur vastavalt elektriallikale.

3. **Kolmandas etapis** seostatakse BOMi kogused vastavusse (geneeriliste) materialide heiteteguritega või toote keskkonnadeklaratsiooniga (EPDga). Oluline on tagada, et materialide heitetegurid on vastavuses funktsionaalse ühikuga: m<sup>2</sup>, m<sup>3</sup>, kg või tk.

Olelusringi hindamisel vaadeldakse toote kogu elukaart üksikute protsesside sarjana, mille tulemusel valmib lõpp-produkt. Mida energiamahukam on tootmisprotsess, seda suurem on materjali kehastunud süsiniku osakaal. Heite suurus väljendub samuti protsesside väljunditest nagu toode ise, kõrvaltooted, heitmed ja jäätmed, mis kvantifitseeritakse keskkonnamõjudeks. Vastavalt EN 15804 standardile arvestatakse ka muid keskkonnamõjusid, mis arvestavad

planetaarsete piiridega (joonis 14). Paraku tihtipeale on teiste mõjukategooriate soovitud GWP-ga vastuolulised<sup>50</sup>.

Näitajad mõjukategooria alusel	Ühik	Mõjugrupp
Globaalse soojenemise potentsiaal GWP, kogu GWP jaguneb kolme ossa: fossiilne, bioloogilist päritoluja LULUC.	Kg CO <sub>2</sub> -eq	GWP
Hapestumine (acidification potential, AP)	Kg SO <sub>2</sub> -eq	AP
Eutrofeerumine (eutrophication potential, EP) Kogu EP jaguneb kolme ossa: maismaa, mere ja magevee keskkond	Kg PO <sub>4</sub> -eq	EP
Osoonikihi kahanemine (ozone depletion potential, ODP)(stratosfääris)	KgCFC11-eq	ODP
Osooni fotokeemiline teke (photochemicalozone creation potential, POCP) (atmosfääris)	Kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -eq	POCP

Joonis 14. Põhilised viis mõjukategooriate näitajat ja ühikud,  
Andmed: EN 15804

Majanduslikus mõttes jääb GWP siiski kõige olulisemaks keskkonnaindikaatoriks. Samas on tõestatud, et ressursside vähenemine (*resource depletion*, RD) võiks olla samaväärse kaaluga, kuid selle hindamismetoodikad on hetkel veel piiratud kättesaadavusega.<sup>51</sup>

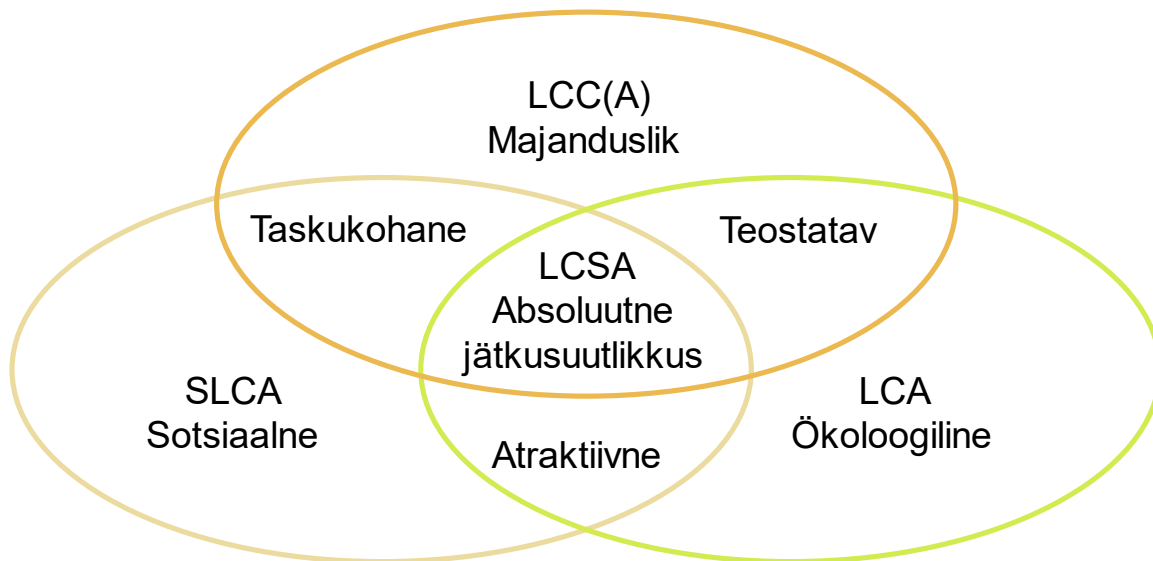
### 4.1.3 LCAS standard

Kuigi LCA (Life Cycle Assessment) on laialdaselt kasutatav keskkonnamõjude kvantifitseerimise meetod, käsitleb see üksnes jätkusuutlikkuse ökoloogilist dimensiooni. LCSA (*Life Cycle Sustainability Assessment*) on metoodiline raamistik, mis integreerib LCA kõrvale ka

<sup>50</sup> P. Schneider, (Projektplattform Energie) Leitfaden 01 Ökologische Kenndaten Baustoffe Und Bauteile (LCA results of exterior walls). München 2015, lk 30.

<sup>51</sup> P. Schneider-Marin, W. Lang, Environmental Costs of Buildings: Monetary Valuation of Ecological Indicators for the Building Industry. – The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 25, no. 9, 2020, lk 1637-1659.

majanduslikud ja sotsiaalsed aspektid, pakkudes seeläbi holistilisemat lähenemist toodete ja hoonete jätkusuutlikkusele (joonis 15)



Joonis 15. LCSA Raamistik, autori illustratsioon

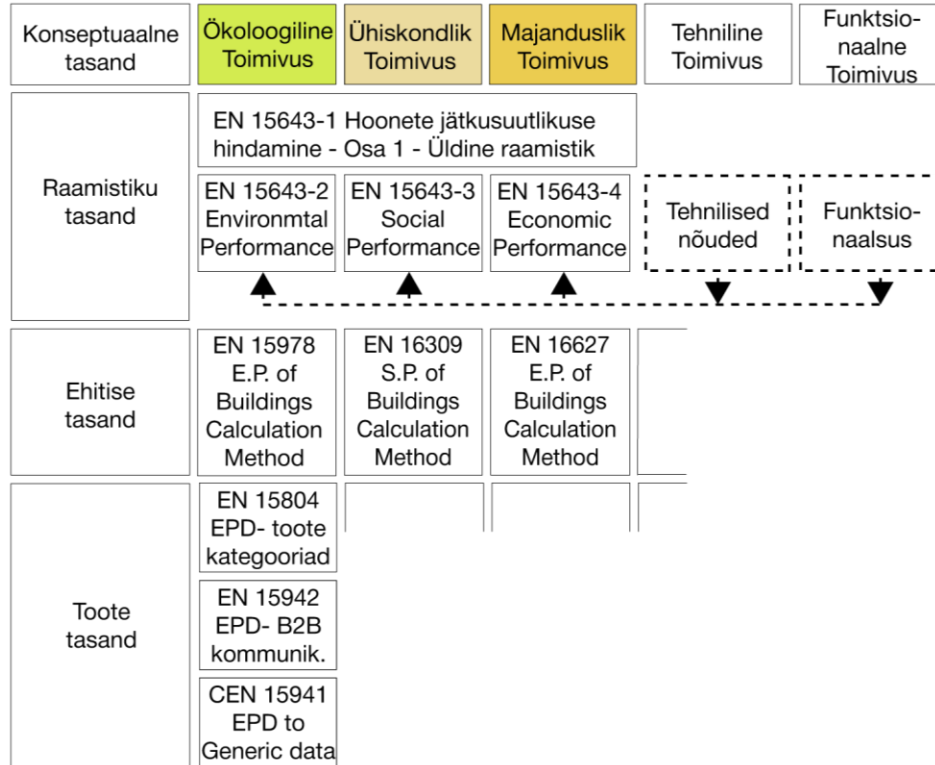
Andmed: *Life Cycle management – A Business Guide to Sustainability*, 2007<sup>52</sup>

LCC on olelusringi tasuvuse analüüs, mis hõlmab näiteks energiakulude, taaskasutuse ja jäätmekäitlusega seotud majanduslike aspekte kogu hooneolelusringi vältel (EN 16627:2015), selle ühikuks on näiteks: *net present cost*, *net Present Value* ja *TCO (Total Cost of Ownership)*.

SLCA mõju hindamine arvestab ligipääsetavust, kasutusmugavust, turvalisust, haldust ja mõju kogukonnale (NS-EN 16309:2014). Erinevalt LCA-st ja LCC-st nõuab sotsiaalse mõju hindamine tihti kvalitatiivsete ja kvantitatiivsete meetodite kombineerimist, mistõttu selle rakendamine on keerukam ja vähem standardiseeritud.

Praktikas on LCSA lähenemine alles kujunemisjärgus, kuid EN 15804 ja osa progressiivsetest EPD-dest juba viitavad sellele trendile, võimaldades tulevikus üha enam integreerida säästva arengu kolme põhitelge: keskkondlik, majanduslik ja sotsiaalne (Joonis 16). Spekuleerin, et selle tabeli täitumine toob kaasa süstemaatilise ringmajandusel põhineva ehitussektori reguleerimismudeli.

<sup>52</sup> A. Remmen, et al., *Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability*. Paris, France: UNEP / SETAC Life Cycle Initiative, 2007.



Joonis 16. Ehitustööde jätkusuutlikus. Sotsiaalse toimivuse hindamine – kalkulatsiooni meetod, autori illustratsioon

Andmed: NS-EN 16309:2014+A1:2014

## 4.2 Ootused

### 4.2.1 Eesti hoone süsinikujalajälje arvutusmetoodika

Eesti hoonesüsinikujalajälje arvutamise metoodikat<sup>53</sup> võib nimetada lihtsustatud olelusringianalüüsiks. Hindamismeetodi väljatöötamisel on võetud arvesse moodulid, mis mõjutavad jalajälge kõige rohkem, ja suunavad riiklike piirväärtuste kehtestamist 2030.ndaks aastaks. Süsinikujalajälje hindamine ehitussektoris on kooskõlas nii “Eesti 2035”<sup>54</sup> strateegia, “Riikliku Energia- ja Kliimakavaga aastani 2030” (REKK 2030), „Ehituse pika vaate 2035“ kui ka “Ehituse teekaardi 2040”. Meetodika põhineb rahvusvahelisel olelusringi analüüsil LCA ja on kooskõlas Euroopa Level(s)<sup>55</sup> raamistikuga, hoonete energiatõhususe direktiivis esitatud nõuetega ja tunnustatud (EN 15804, EN 15978) ning harmoniseerimise eesmärgil vastavuses põhjamaade parimate tavadega.

Olelusringi analüüs rakendub püstitatavatele hoonetele, mille puhul kehtib energiamärgise arvutamise kohustus. See hõlmab mitmesuguseid hoonekategooriaid alates elamutest ning lõpetades äri- ja tööstushoonetega, pakkudes terviklikku ülevaadet hoone kogu olelusringi keskkonnamõjust.

Olelusringi analüüsi kaasatakse kõik hoone komponendid, mis hõlmavad aluseid ja vundamente, kandekonstruktsioone, piirdetarindeid, vahelagesid, katust, välis- ja siseseinu, aknaid, uksi, tehnosüsteeme ning siseviimistlusmaterjale. Analüüsist on välja jäetud hoone juurde kuuluvad lisahooned ning välisalad, nagu parkimisplatsid, haljastus ja muud rajatised.

---

<sup>53</sup> A. Oviir, et al., Hoone Süsinikujalajälje Meetod Tehniline Dokument. Tallinn 2024.

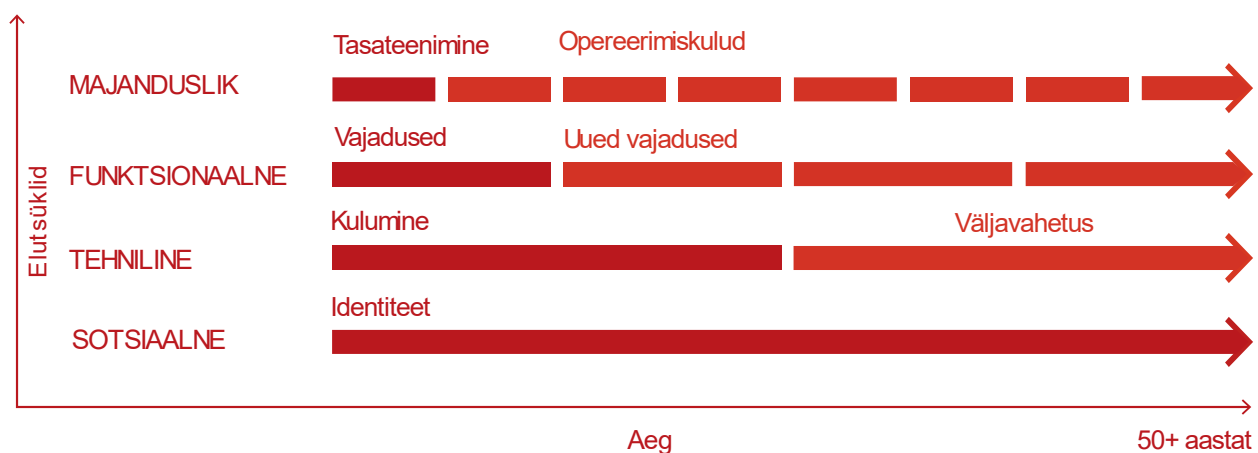
<sup>54</sup> Riigikogu, Eesti 2035: Elukeskkond, Tallinn 2021 .

<sup>55</sup> N. Dodd, et al., Level(s) – A Common EU Framework of Core Sustainability Indicators for Office and Residential Buildings, EU 2021.



Arvutusest on välja jäetud moodulid, mille mõju hoone olelusringi jooksul on väike või on nende etappide stsenaariumide koostamine ebamõistlik, sest see ei annaks projektipõhist informatsiooni selle etapi süsinikujälje kohta. Eesti süsiniku arvutusest jäävad praeguseks välja moodulid B1, B2, B3, B5, B7 ja D.

Arvutusperiood on võrdeline kas hoone nõutava projekteeritud kasutuseaga või 50 aastat nende hoonete puhul, mille projekteeritud kasutusiga on 50 aastat või üle 50 aasta. Võimalik, et projekteerijad ja arhitektid planeerivad uusi hooned vähemalt salamisi määramatult pikaks ajaks, üle aja kesvateks signatuurideks (joonis 17), kuid 50 aastane arvutusperiood arvestab sektori keskmist tehnilist eluiga ning tagab koherentsuse arengukavadega.



Joonis 17. Olelusringid

Andmed: Circular Construction for Urban Development, lk 116

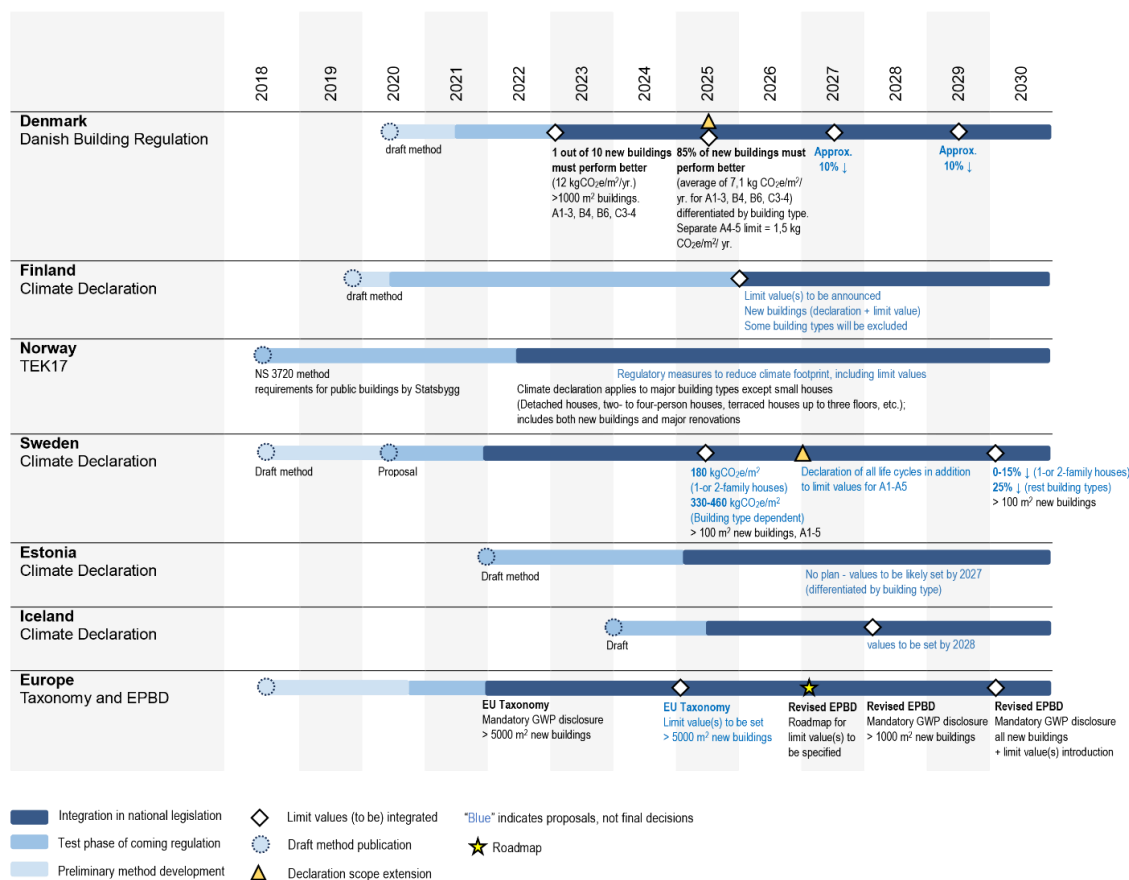
## 4.2.2 Süsinikujalajälje normatiivse regulatsiooni perspektiiv

Alates 1. jaanuarist 2026 muutub hoone süsinikujalajälje arvutus kohustuslikuks kõigile uutele hoonetele, mille suletud netopind ületab 1000 m<sup>2</sup> ja mille ehitusloa taotlus esitatakse pärast nimetatud kuupäeva. Statistilistika põhjal on viimase kümnendi jooksul (2014–2024) Eestis igal aastal püstitatud ligikaudu 100–180 sellises mahus hoonet.<sup>56</sup> Alates 2030. aastast laienevad süsinikuarvutuse kohustused kõikidele uusehitistele, sõltumata nende suurusest, ning

<sup>56</sup> K. Pae, Keskkonnanäätliku Ehituse Infopäeva presentatsioon., 20.09.2024.

rakenduvad ka ametlikult kehtestatud süsinikujalajälje piirväärtused.<sup>57</sup>(joonis 18) Lisaks tuleb olulise rekonstrueerimise korral järgida majandus- ja taristuministri määruse nr 63 nõudeid ning koostada LCA vastavalt samale metoodikale, mida kohaldatakse uusehitiste puhul.

Seega 2030. aastaks kuulub iga arhitekti, projekterija oskuste pagasisse LCA põhimõtteline arusaam. Nii prognoosib ka Kutsekoja OSKA 2024 analüüs “ehitusvaldkonna arengut ning oskuste ja tööjõuvajadust mõjutavad järgmisel kümnendil peamiselt tehnoloogia areng ja rohepoliitika”<sup>58</sup>.



Joonis 18. Piirväärtuste rakendamise kava Põhjamaades ja Eestis

Andmed: Nordic Sustainable construction, 2024<sup>59</sup>

<sup>57</sup> Keskkonnaministri Ehituse Infopäev 20.09.2024. n.d., <https://kliimaministerium.ee/elukeskkond-ringmajandus/energiatohusus-ja-keskkonnasaast/hoone-susiniikujalajalje-tooriistad#materjalide-heiteteg>. (vaadatud 05.01.2025)

<sup>58</sup> Tulevikuvaade Tööjõu- Ja Oskuste Vajadusele\_ Ehitus. n.d.lk 2

<sup>59</sup> Nordic Sustainable Construction, Limit Values Timeline Updated 2024.10.08. 2024, <https://www.nordicsustainableconstruction.com/Media/638639880373585170/2024.10.08%20Timeline%20Updated.pdf>. (vaadatud 2.02.2025)

## 4.3 Reaalsus Eestis

### 4.3.1 Valmisolek

Eestis on hoonete süsinikujalajälje arvutamise kohustuse seaduseelnõu edasi lükatud juba kolmel järjestikusel aastal (2024, 2025, 2026). Lisaks ei kasuta isegi RKAS riiklikult väljatöötatud süsinikujalajälje meetodikat, vaid rakendab Euroopa Komisjoni raamistikku Level(s). Meetodilise ja oskusteabelise tühimiku täitmiseks tegutseb ringse arhitektuuri kiirendiprogramm, mida koordineerib Eesti Arhitektuurikeskus ning rahastab EU. Vaatamata sellele ei ole tehtud investeeringud võrreldavad Skandinaavia eesrindlike süsteemsete lahendustega, vaid tühimiku täidetakse seminaride, koolituste ja silmaringi avardavate väljasõitudega. Seetõttu toimub meetodika rakendamine Eestis siiani üle kivide ja kändude.

Kui Eestis käsitletakse LCA-d eeskätt regulatiivse nõude täitmiseks, siis näiteks Norras rakendatav FutureBuilt ZERO<sup>60</sup> meetodika keskendub disainipõhisele innovatsioonile. Selle meetodika iseloomulike tunnuste hulka kuuluvad näiteks 60-aastane arvutusperiood, materjalide ringlussevõtu potentsiaali hindamine ning operatiivse süsiniku vähenemise arvestamine vastavalt tehnoloogia arengule. Lisaks sellele pakub selle meetodika rakendamine kinnisvaraarendajatele võimalust paremateks finantseerimistingimusteks. Eesti Pangad arvestavad aga ainult rahvusvahelisi rohesertifikaate (viitamata).

### 4.3.2 LCA tööriistad - BIM4LCA

Eestis on hoone süsinikujalajälje arvutamise meetodika juurutamiseks välja töötatud veebipõhine LCA arvutustööriist SARV<sup>61</sup> ning sellega seotud materjalide heitetegurite andmebaas EHEA<sup>62</sup>. Mõlemad lahendused töötati välja Life IP BuildEST<sup>63</sup> programmi raames, mille eesmärk oli toetada riikliku süsinikuraamistiku rakendumist. Kuna nimetatud programmi etapp on lõppenud,

---

<sup>60</sup> E. Resch, et al., FutureBuilt ZERO – Materialer Og Energi Metodebeskrivelse. Versjon 2. 2021.

<sup>61</sup> BuildEST projektimeeskond, SARV: Hoone Süsinikujalajälje Arvutamise Tööriist. 2025, <https://a-c-c-1.onrender.com/> (vaadatud 4.10.2024).

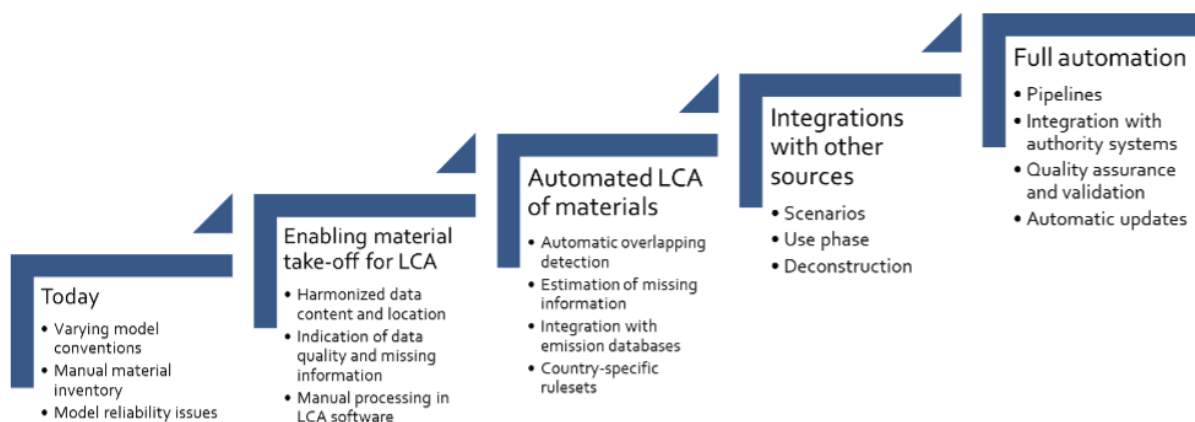
<sup>62</sup> Eesti Keskkonnaministeerium, EHEA: Ehitusmaterjalide Heitme Andmebaas. Tallinn 2024.

<sup>63</sup> Eesti Kliimaministeerium, Life IP BuildEST: Eesti Teekaart Süsinikuneutraalse Ehituse Suunas, 2023, <https://kliimaministeerium.ee/en/buildest> (vaadatud 4.10.2024).

puudub hetkel järjepidev toetus tööriistade arendamiseks ja andmebaasi uuendamiseks, mis piirab nende usaldusväärsust kiirelt arenevas regulatiivses ja tehnoloogilises keskkonnas.

Lisaks on jätkuvalt ebaselge, millisel institutsionaalsel tasandil ning milliste volitustega toimub tulevikus LCA arvutuste valideerimine ja järelevalve. Seetõttu on soovitatav kasutada rahvusvaheliselt tunnustatud tarkvaraplatvorme, nagu One Click LCA,<sup>64</sup> Autodesk Insight<sup>65</sup> või Reduzer,<sup>66</sup> millel on integreeritud kontrollmehhanismid sisendandmete usaldusväärsuse ja arvutusloogika täpsuse tagamiseks. Kuigi need platvormid vähendavad käsitsisestuse vigu, ei ole välistatud ka andmevoo vead, mis võivad tekkida BIM4LCA praktika kontekstis. Piltlikustamiseks võib tänapäeval Exceli tabeli impordist punkti-koma viga tekitada tuhande kordse eksimuse.

Vaatamata Eesti kõrgele BIM tasemele, ei vasta tänased BIM-integratsioonil põhinevad LCA tööriistad ootustele, eriti kui silmas pidada automatiseerituse ja andmestruktuuride ühilduvuse nõudeid (joonis 20). Tulemuste tõhusaks sidumiseks LCA tarkvaradega on vajalik ühtlustatud BIM-standardite, nagu näiteks ÜBN (Üldine BIM Nõuete süsteem)<sup>67</sup>, laiem rakendamine ning digitaalse andmevoo süstemaatiline standardiseerimine projekteerimise ja analüüsi vahel.



Joonis 19. Sammud automatiseeritud LCA suunas.

Andmed: Nordic Sustainable construction BIM4LCA report<sup>68</sup>

<sup>64</sup> Bionova Ltd., One Click LCA, Finland, 2001.

<sup>65</sup> Autodesk Inc., Autodesk Insight – Building Performance Analysis Tool, USA 2023.

<sup>66</sup> Reduzer Software, Reduzer – Carbon Smart Material Selection Tool, Norway, 2022.

<sup>67</sup> Eesti Digitaalehituse Klaster, Ühtsed BIM Nõuded: Versioon 3.0, Tallinn 2021.

<sup>68</sup> Nordic Sustainable Construction, BIM4LCA. 2024, <https://pub.norden.org/us2024-439/1-bim-based-building-lca-process.html> (vaadatud 15.11.2024).

### 4.3.3 Ringlussevõtt ja süsiniku paigutus

Esimene LCA regulatiivne aspekt, mis käivitaks materjalide ringluspõhise kasutuse, avaldub ootamatul moel – mitte projekteerimistingimuste kaudu, vaid ehitusmaterjalide tootjate kasvavas vajaduses keskkonnadeklaratsioonide (EPD-de) järele, et turul toimida. Kuna LCA võimaldab erinevate toodete keskkonnamõjusid kõrvutada, suunab see ehitussektorit eelistama madalama jalajäljega, kohapeal toodetud materjale.

Tulemuseks on olukord, kus varasem globaalne tarnelogistika muutub lokaalsemaks: importmaterjalide (nt Hiina graniidi) kasutus väheneb, samas kui regioonipõhiselt standardiseeritud materjalid muutuvad eelistatumaks. Standardiseeritud materjalidel on perspektiivikam olelusringi lõpustsenaarium nt taastootmine või taaskasutamine.

## 4.4 LCA rakenduslik kokkuvõte

### 4.4.1 Potentsiaal suuremas skaalas

Kuigi LCA võimaldab hinnata hoonete keskkonnamõju ja määratleda nende suhtelist jätkusuutlikkust, ei haara see arhitektuuri kui kultuurilise, sotsiaalse ja esteetilise praktika tähendusvälja. Lihtsalt öeldes LCA võib määrata küll hoone jätkusuutlikuse, kuid mitte selle arhitektuuri. Olelusringset lähenemist on võimalik skaleerida naabruskondade tasemele, kuid see tõstab arvutuskompleksust.<sup>69</sup> Praegusel kujul loob Eestis LCA ülevaate arendajatele nende kinnisvarareportfellist, kuid puudub etalon reflekteerimaks disainimõju, mis võib tegelikult hoopis keskkonda regenereerida (joonis 3). Sellest hoolimata on LCA-l suur rakendusliku mõju naabruskondade planeerimisel.

Esiteks võimaldab LCA kehtestada süsiniku piirväärtusi nii taristu kui hoonete tasandil, mida oleks võimalik integreerida detailplaneeringutesse. Näiteks taristu puhul looks see eelduse kasutada ulatuslikumalt ehitusjääke pinnasetöödel. Hoonete puhul suunaks see arendajaid hindama projekte mitte ainult rahalise maksumuse, vaid ka süsinikuheite alusel — liikudes küsimuselt “kuidas hoone odavamalt ehitada” küsimusele “kuidas hoonet väiksema jalajäljega ellu viia”. See oleks ainus regulatsioon, mis käsitleks materjalivaliku keskkondlikke tagajärgi, pakkudes seeläbi

---

<sup>69</sup> M. R. K. Wiik, Lessons Learnt from Embodied GHG Emission Calculations in Zero Emission Neighbourhoods (ZENS) from the Norwegian ZEN Research Centre. – Energy and Buildings, Vol. 301, 2024, lk 113582.

kõigile arendajatele võrdselt selge ja mõõdetava lähtekoha. Kui traditsioonilised detailplaneeringu ruumilised parameetrid (nagu hoonestusala, ehitusmaht või kõrgus) on oma olemuselt staatilised, siis süsinikupiirväärtus loob dünaamilise optimeerimisnõude, kus süsinikujalajälje piirväärtus motiveerib nii arendajat kui arhitekti optimeerima lahendusi, ilma funktsioone piiramata.

Teiseks, süsiniku piirväärtuste strateegiline kehtestamine hoonete tasandil loob eeldused, mis soodustaksid renoveerimiselaine laiemat rakendumist. See aitaks integreerida taaskasutusel põhinevaid ehituslahendusi ka väljapoole seni domineerivaid rekonstrueerimispiirkondi, nagu Põhjala tehas, Manufaktuur, Krulli kvartal, Telliskivi ja Aparaaditehas, ning toetaks üleminekut ruumiliselt hajusamale ja sisuliselt süsteemsemale renoveerimiskultuurile.

#### 4.4.2 Puudujäägid suuremas skaalas

Metoodika üheks olulisemaks puuduseks on selle kontekstius – see ei arvesta hoone ega materjalide olelusringi ajalise, füüsilise, sotsiaalse ega majandusliku situatiivsusega. Ajalise mõõtmena jäävad LCA-s välja näiteks ehitusplatsi ettevalmistusega seotud heited ning olelusringi lõppfaas, mille käsitlemine on küll tehniliselt võimalik, kui vabatahtlikkuse alusel deklareeritav C-mooduli kaudu.

Füüsilises vaatepunktis eirab LCA kohaliku ehitustraditsiooni ja materjalide päritolu tähenduslikkust. Materjali ringluse tegelikku potentsiaali ei mõjuta üksnes selle tehnilineeluga, vaid ka selle kultuuriline seos – nagu riiete puhul, on inimestel suurem valmisolek taaskasutada tuttavate riideid, sama kehtib ka ehitusmaterjalide puhul. Seetõttu peab materjalide ringlus olema nähtav ja sotsiaalselt tähenduslik protsess, mis toimub eeskätt lokaalsel tasandil. Seda kinnitavad ka esteetilised kaalutlused ja logistikaahela pikkus.

Sotsiaalsest vaatepunktist ei käsitle LCA hoone ja kasutaja fundamentaalset seost – inimese süsinikujalajälg on hoone süsinikujalajälg. Seetõttu on oluline kas ühe inimese kohta kavandatakse 10 või 100 ruutmeetrit tööpinda kui samaaegselt köetakse juba tema privaatseid pindu nagu korterit ja parkimismaja. Samuti jäävad käsitlemata ligipääsetavuse ja ruumilise paindlikkuse küsimused, mis on eriti olulised demograafiliste muutuste kontekstis.

Majanduslikust vaatepunktist võib keskkonnasõbrlikus taanduda lihtsustatud otsustusloogikale, kus eelistatakse väikseima süsinikujalajäljega tooteid, pööramata piisavat tähelepanu muudele jätkusuutlikkuse teguritele. Oluline on, et hoone ekspuuteerimine oleks pikaajaliselt taskukohane nii rentnikule kui ka tulevasele omanikule; et kasutatud ehitusmaterjalid oleksid kergesti

kättesaadavad hoolduseks ja paranduseks; ning et ruumiprogramm toetaks polüfunktsionaalsust, mitte ei kinnistaks kiiresti vananevaid tüpoloogiasid, nagu näiteks kaubanduskeskused või parkimishooned.

Kokkuvõttes on LCA oma praegusel kujul (Ilma LCSAta) põhimõtteliselt keskkonna *techno-fix*, millel on kõrged ootused, kuid reaalsus erineb täielikult. LCA peamine avamata potentsiaal seisneb mitte pelgalt andmepõhises optimeerimises, vaid võimes suunata tähelepanu headele ehituspraktikatele – just neile, mida EKA arhitektuurikoolkond, on järjepidevalt advokeerinud, kuid mis sageli reaalses maailmas jäävad BAU arenduskeskses raamistikus tahaplaanile.

Sellepärast on oluline mõista arhitektuuri rolli süsinikujalajälge langetamisel, mitte vormilises käsitluses vaid käitumuslikus ja ruumilises tähenduses. Käesolevas magistritöös on sellised meetodid käsitletud kui kvalitatiivsed meetodid - mis kaudselt suunavad ehitussektori ringmajandusele. Süsinikujalajälg ei peaks keskenduma üksnes loodusressursside tarbimisele, vaid käsitlema inimtegevust kui ökoloogilist protsessi. Just selline lähenemine loob aluse ka linna planeerimistasandil toimivale süsinikumõju hindamisele.

## 5. Madalsüsinakilinnad teooria ja praktika

### 5.1 Linnade strateegia

Linnad katavad umbes 3% Maa maismaast, kuid toodavad ligikaudu 72% kogu maailma süsiniku heitkogustest. Peale selle kasvavad linnad kiiresti; Euroopas prognoositakse, et aastaks 2050 elab linnades peaaegu 85% eurooplastest.<sup>70</sup>

Linnad on kohad, kus kohtuvad ja põimuvad energia-, transpordi-, hoonete-, tööstuse- ja isegi põllumajanduse dekarboniseerimisstrateegiad. Kuna linnades on suurem kasutus- ja infrastruktuuritihedus, on seal ka suurem potentsiaal sektoritevaheliseks lõimimiseks. Lisaks on linnadel ligipääs kapitalile ja teadmistele ning nad suudavad eskaleerida efekte, mis on vajalikud

---

<sup>70</sup> EU Commission, Developments and Forecasts on Continuing Urbanisation. [https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/topic/continuing-urbanisation/developments-and-forecasts-on-continuing-urbanisation\\_en](https://knowledge4policy.ec.europa.eu/foresight/topic/continuing-urbanisation/developments-and-forecasts-on-continuing-urbanisation_en) ., (vaadatud 14.12.2024).

uute ideede ja kontseptsioonide katsetamiseks ja laialdasemaks kasutuselevõtuks näiteks nagu süsinikneutraalsus.<sup>71</sup>

Linnade ja kohalike omavalitsuste süsinikujalajälje raporteerimine tugineb rahvusvaheliselt tunnustatud GHG Protokollil GPC AR6 standardile. Selle alusel koostatakse vastavalt linnaruumi iseloomule ja mõjukategooriatele kliimakavasid ja süsinikneutraalsuse saavutamise strateegiaid. Nagu kogu Skandinaavia regioonis, toimub ka Eesti linnades süsinikuheite vähendamine suures osas ühiskondliku surve ja ootuste toel. Samas varieerub linnade kliimapoliitika ambitsioonikus märkimisväärselt.

Näiteks Tartu kliimastrateegia tugineb selgelt sõnastatud strateegilistele meetmetele, samal ajal kui Tallinnas on süsinikujalajälje vähendamisel keskne roll hoopis erasektori algatustel. Just Tallinnas esilekerkivad arendused – nagu Krulli kvartal ja Hundipea sadam – on näited erasektori eestvedamisel loodud kliimaneutraalsetest arendusaladest, mis vastavad turu kasvavatele ootustele ning aitavad täita lünka linna killustunud ruumistruktuuris.

## 5.2 Linnade juhtumiuuring

### 5.2.1 Eesti 2050

Tartus on ökoloogilise planeerimise põhimõtete rakendamine selgelt süsteemsem kui paljudes teistes Eesti linnades, kus kuigi leidub üksikuid näiteid, nagu rohekoridorid ja putukaväilad, puudub sageli terviklik lähenemine. Tartu linna „Energia- ja kliimakava 2030“ lähtub holistilisemast vaatest, mis ühendab ruumilise arengu, kliimaeesmärgid ja loodusrikkuse. Ökoloogilise planeeringu musternäitena taotletakse planeeringulahendusi, kus looduslikud ja sotsiaalsed funktsioonid põimuvad – näiteks rohevõrgustiku integreerimine linnaruumi ja looduslike lahenduste (nt vihmavee kasutamine haljastuses) muutmine ruumiosaks.<sup>72</sup>

Tartu linn on linnapeade paktist tulenevate vabatahtlike kohustuste raames koostanud CO<sub>2</sub> heitkoguste lähteinventuuri (BEI) baasaastaks 2010, mis oli aluseks linna esimesele säästva energia tegevuskavale (SEAP, 2015–2020). Hilisemate energiatarbimise andmete põhjal on

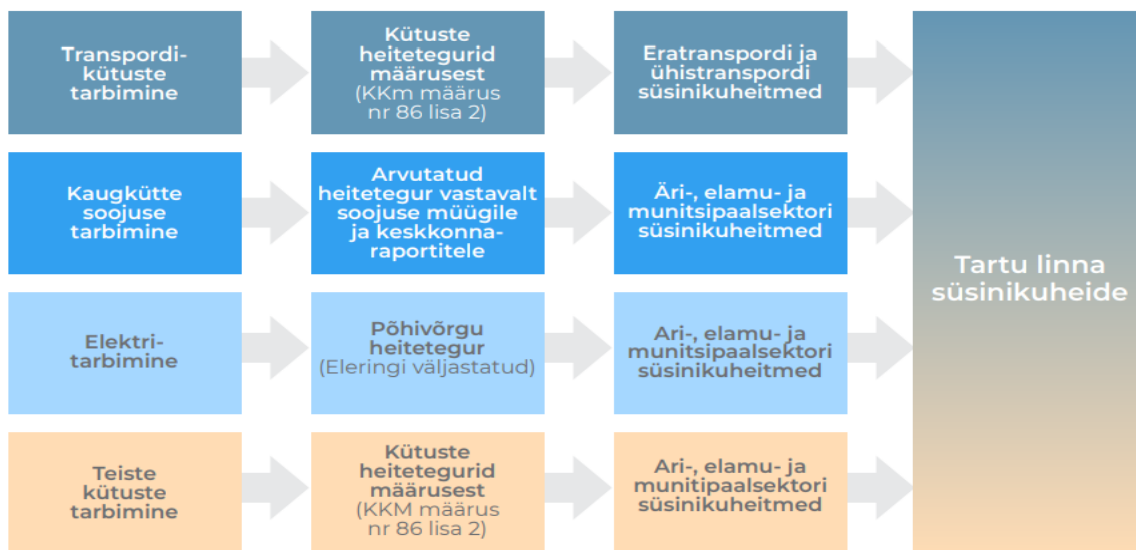
---

<sup>71</sup> K. Krogh Andersen, R. Jordan, Proposed Mission: 100 Climate-Neutral Cities by 2030 - by and for the Citizens: Report of the Mission Board for Climate-Neutral and Smart Cities. Brussels: European Commission, 2020. lk 6-7

<sup>72</sup> Tartu Energia- Ja Kliimakava 2030. 2021. lk 51-52



koostatud ka vaheinventuur, mille abil hinnati tagantjärele linna süsinikuheitmeid, et kujundada teaduspõhine ja kliimateadlik ruumilise planeerimise lähtekoht. (joonis 20)



Joonis 20. Tartu heitekoguste arvutamise meetodika monitorimise põhimõte

Andmed: Tartu energia- ja kliimakava 2030

Tartu ambitsioon on süsinikehitkoguste vähendamine 40% võrreldes 2010. aastaga juba aastaks 2030. Selle ambitsiooni saavutamiseks keskendutakse operatiivsele süsinikule, minnes üle regionaalsele kaugkütte- ja jahutus-süsteemile, langetades munitsipalsektori energiatarbimist ja soodustades ühistranspordi kasutamist – kõike millega tegelemine on Tartule vastavalt võimetele ja ülejäänud Eestile tulevikumuusika.

## 5.2.2 Soome 2040

Soome eesmärk on saavutada süsinikuneutraalsus 2040.ndaks aastaks. Kliimapolitika laialdaseks rakendamiseks on loodud regionaalse süsinikujalajälje kalkuleerimise mudel juba enne kohustuslikule hoone LCAle üleminekut. Munitsipaalide süsinikujalajälje arvutamise mudeli ALas(Alueellinen Laskenta)<sup>73</sup> on loonud Soome Keskkonna Instituut (SYKE), hinnates 2005-2019 aastate jooksul Soome 309 omavalitsusüksuse süsinikehitmeid.

<sup>73</sup> Finnish Environment Institute (SYKE), Calculating the Greenhouse Gas Emissions of Finnish Municipalities. Alas 1.2, Finnish Environment Institute (SYKE), 2021.

Omavalitsuste ALas mudeli arvutusmeetod on tarbimispõhine, kus piirkonna kõik tootmispõhised heitmed on lähtepunktiks. Üldjoontes on arvutusloogika sarnane GHG Protokoli GPC AR6 standardi põhitasega. Veel enam lihtsustatud arvutusmudel on Hinku,<sup>74</sup> mis ei arvesta omavalitsuste vaheliste jagatud jalajälje eest nagu regionaalsed tööstused, tööstusjäätmete utiliseerimine ja omavalitsuste vaheline transport. Hinku mudel on seega universaalsem ning võimaldab omavalitsustel riikliku kontekstivabalt heitmeid langetada ja Hinku süsinikneutraalsete omavalitsuste võrgustikuga liituda.

Hinku võrgustikku kuuluvate omavalitsusüksuste suureks hüveks oli kuueaastane (2018-2024) projekt, millega saavutada süsinikneutraalsete munitsipaalid ja regioonid (CANEMURE). Projekti eelarve ulatus 15.3 miljoni euro suuruseks (Eestis 16,3 miljonit eurot), mida rahastas samuti osaliselt EU LIFE IP aga koordineeris Soome Keskkonna Instituut (SYKE). CANEMURE projekti eesmärgid on tuua praktikasse üheagselt mitu riikliku arengukava: riiklike energiakava, kliima strateegia (EIS) ja Ülemineku Kliima seaduste plaan (KAISU) ning nende kohaselt luua madalsüsiniklinnade pilootprojekte. Linnades nagu Helsinki, Tampere, Turku, Lahti, Lohja, Porvoo, Hyvinkää ja Lappeenranta keskenduti CANEMURE raames ühele konkreetsele heitmeid tootvale sektorile. Kõik materjolid on avalikult kättesaadavad [carbonneutralfinland.fi](https://carbonneutralfinland.fi) ja linnaplaneeringuga seoses kogemus on loetav [climateguide.fi](https://climateguide.fi).

Linnaplaneerimise vaatenurgast väärivad esiletõstmist kaks CANEMURE raames ellu viidud pilootprojekti: „Kliimanutraalne Turku: kuidas toetada süsiniku sidumise, ökosüsteemiteenuste ja nutika liikuvuse kavandamist muutuvast linnakeskkonnas“ ning „Hyvinkää: kuidas luua madalsüsiniku transpordi tingimused uues naabruskonnas“. Nende projektide põhjal on välja töötatud juhised jätkusuutliku ruumiplaneerimise ja linnadisaini põhimõtete rakendamiseks, tugevdades sünergiat kliimamuutuste leevendamise ja kohanemise (adaptiivsuse) vahel (Soome Ilmateenistus ja SYKE).

Nimetatud projektide kogemuste põhjal on välja arendatud ka tööriist nimega AVA,<sup>75</sup> mille eesmärk on toetada Helsingi linna planeerimisprotsesse, vähendades ruumilise arendustegevuse süsinikujalajälge. Siiski on AVA tööriist hetkel veel testimisjärgus ning selle teadustöö koostamiseks tööriista veel ei jagatud.

---

<sup>74</sup> Finnish Environment Institute (SYKE), Towards Carbon Neutral Municipalities (Hinku). 2024, <https://hiilineutraalisuomi.fi/en-US/Hinku> (vaadatud 18.04.2025).

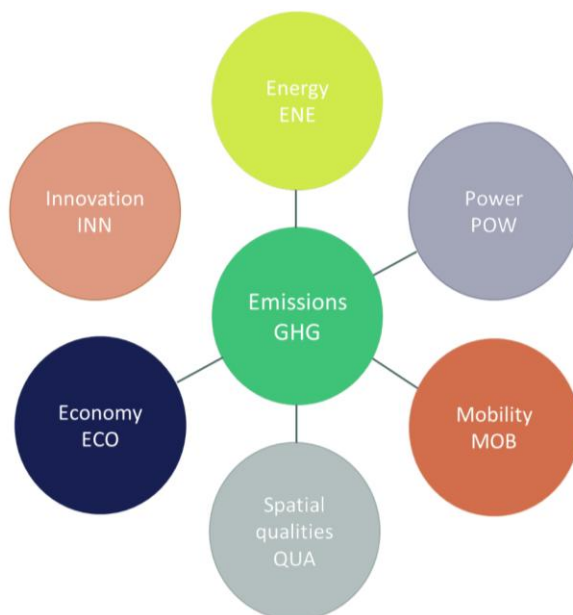
<sup>75</sup> Green Building Council Finland, BuildingLife Programme for Carbon Neutrality in the Built Environment. 2022 lk 12-14.

### 5.2.3 Norra 2030

Norras on ambitsioonikas eesmärk saavutada süsinikneutraalsus 2030.ndaks aastaks, kuid kuna nad ei kuulu ELi, siis otseselt regulatiivseid dokumente koostatud pole. Norra paistab sellegipoolest silma oma proaktiivse lähenemisega, arendades iseseisvalt linnaplaneerimisele suunatud süsinikujalajälje hindamise metoodikat ZEN (Zero Emission Neighbourhoods).

Tegemist on ZEB *Research Centre*'i välja töötatud programmiga, mis pakub uusarenduste hindamist seitsme süsinikujalajälje mõjukategooria alusel (vt joonis 21).

ZEN-metoodika tugineb mitmetele eksisteerivale süsinikuarvestuse ja kestliku planeerimise raamistikele, sh ZEB Research Centre, PI-SEC, Smart Cities and Communities (SCC), Positive Energy Blocks (PEB), BREEAM Communities ning CITYkeys. Metoodika on skaleeritav nii väiksematele naabruskondadele kui ka suurematele linnapiirkondadele. Selle keskne alusdokument, "The ZEN Definition – A Guideline for the ZEN Pilot Areas" (versioon 4.0),<sup>76</sup> esitab tervikliku raamistikku, mille kaudu on ka käesolevas magistritöös kvalitatiivselt käsitletavad süsinikujalajälje hindamise meetodid muudetud mõõdetavateks.



---

<sup>76</sup> M. K. Wiik, Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria. Version 4.0. English Trondheim: ZEN Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities, [NTNU, Faculty of Architecture and Design], 2024.

## 5.3 Erasektori käivitamine

### 5.3.1 EL rahastus

Jätkusuutliku ehitatud keskkonna arendamine eeldab tugevat koostööd erasektori ning rahvusvahelise teadmussiirde vahel. Enamik Euroopa Liidu liikmesriikides ellu viidud kliimaneutraalsuse pilootprojekte on saanud rahastust Euroopa Liidu erinevatest programmides, sealhulgas Positive Energy Blocks (PEB), +CityxChange, Syn.ikia, ARV, CITYkeys, LIFE IP, Smart Cities and Communities (H2020 SCC) ja Horizon 2020.<sup>77</sup> Nimetatud hiigelpjektide kaudu on tekkinud väärtuslik oskusteave kliimaneutraalse ehituse valdkonnas, kuid samal ajal on selgelt märgata, kuidas Euroopa kliimapoliitika nn pehme jõu mehhanismid suunavad ja kujundavad uut arhitektuurset megatrendi.

Käesoleva magistr töö eesmärk ei ole töötada välja Naabruskonna Süsinikujalajälje Analüüsi (NSA) meetodikat üksnes arhitektidele, vaid pakkuda süsteemne ja tehniline raamistik, mis looks eeldused rahvusvahelise rahastuse – eeskätt edaspidise ELi toetuste ja välisinvesteeringute – kaasamiseks. Ilma täiendava investeerimisvõimekuseta ei ole realistlik saavutada ei hoonete renoveerimise sihtega seotud mahte ega pikaajalisi kliimaneutraalsuse eesmärke.

### 5.3.2 Materjalipangad

Materjalipangad on Skandinaaviais laialt levinud praktika, mis käivitab ehitusmaterjalide ringlust regionaalsel skaalal. Nii füüsiliste kui ka digitaalsete materjalipankade eesmärk on toimida vahelaona ja pidada arvet hoiul olevate materjalide üle ning teha laos olevad materjalid, auditite alusel, tulevasele kasutajale mugavalt kättesaadavaks.<sup>78</sup>

---

<sup>77</sup> European Commission, CORDIS: EU Research Projects Database. 2025 (Vaadatud 18.04.2024).

<sup>78</sup> Rohegeenius, Uuring: Ehitusjätmete Ringlussevõtuks Tuleb Luua Materjalipank. 2023, <https://rohe.geenius.ee/rubriik/rohemajandus/uuring-ehitusjaatmete-ringlussevotuks-tuleb-luua-materjalipank/> (vaadatud 18.04.2025).

Eestis on materjalipangad uudsem nähtus. Näiteks 2023 avati Tartu ehitusmaterjalide ringkasutuspank<sup>79</sup> (Jaamamõisa 30.) ning Tallinnas alles 2025 valmis Lilleküla ringmajanduskeskus<sup>80</sup> koos parandustöökodadega. Materjalipanku on Eestis enne ka eksisteerunud, kuid teistsuguse ärimudeliga näiteks Tallinna materjalipank, varem tuntud Vanamaterjali projektina, mille fookus oli peamiselt materjali väärtusahela pikendamisel juba aastast 2003.

Kuigi materjalipankade algatused on sageli lähtunud erasektori initsiatiivist, on selge, et kohaliku omavalitsuse (KOV) rahastuse ja kinnisvaraga on neil potentsiaal kasvada funktsioonilt ja mahult sarnaseks ehitusmaterjalipoega – pakkudes süsteemset alternatiivi uute toodete turule.

## 5.4 Kokkuvõte

Linnade ja KOVide süsinikujalajälje hindamine keskendub eeskätt ühiskondlike teenuste energiatarbimisest tulenevatele heitkogustele. Kuna andmestik põhineb valdavalt energiakasutusel, kajastab selline arvutusmudel peamiselt operatiivset süsinikku, jättes välja kehastunud süsiniku, mida ei käsitleta standardse meetodika osana. Samas loob materjalipankade süsteemne kasutuselevõtt võimaluse tulevikus ka säästetud materjalide kvantifitseerimiseks – näiteks massiühikutes (kg).

Eestis puudub hetkel ühtne regionaalse süsinikujalajälje hindamise meetodikasellisel kujul, nagu see on välja töötatud näiteks Soomes. Seetõttu toetub käesolev töö „Tartu linna energia- ja kliimakava 2030“ juhendile, mida võib käsitleda esialgse alusraamistikuna. Selle põhjal järelتان, et naabruskonna süsinikujalajälje hindamise meetodika (NSA) väljatöötamine peaks keskenduma järgmisele:

1. Materjalide ringkasutuse edendamine. Oluline on, et materjalide vood toimiksid nii regionaalses kui ka lokaalses skaalas. Planeeringupiirkonnas tuleks koostada ehitusmaterjalide audit, mille kohaselt määratleda olemasolevad ressursid ja nende potentsiaalne taaskasutus.

---

<sup>79</sup> Tartu Linnavalitsus, Ehitusmaterjalide Ringkasutuspank. 2023, <https://tartu.ee/et/ringkasutuspank> (vaadatud 18.04.2025).

<sup>80</sup> Tallinna Linnavalitsus, Lilleküla Ringmajanduskeskus. 2025, <https://www.tallinn.ee/et/ringmajanduskeskus/lillekula-ringmajanduskeskus> (vaadatud 18.04.2025).

2. Transpordist ja rändest tuleneva süsiniku vähendamine. Selleks tuleks korraga toetada ühistranspordi kättesaadavust ja eelistamist ning planeerida linnaruum tihedamalt ja funktsionaalselt mitmekesisemalt. Inim- ja funktsioonitiheduse tõstmisel on otsene seos liikumisvajadusest tuleneva süsiniku vähendamisega.

Kokkuvõttes peaks NSA olema kooskõlas tulevikus välja kujuneva regionaalse süsinikujalajälje hindamise metoodikaga. Kuigi metoodiline raamistik võib ajas täpsustuda, jäävad peamised mõjukategooriad – nagu transport ja haldusfunktsioonid – oluliseks aluseks ka edaspidi. NSA peaks seega pakkuma tööriistu nende kategooriate optimeerimiseks, aga ka toetama üleminekut ringmajanduslikule planeerimisloogikale, mille süsinikumõju hindamise metoodika on hetkel alles väljatöötamisel.

## 6. Pilootprojekti asukoha analüüs

### 6.1 Jaamamõisa linnaosa iseloomustus

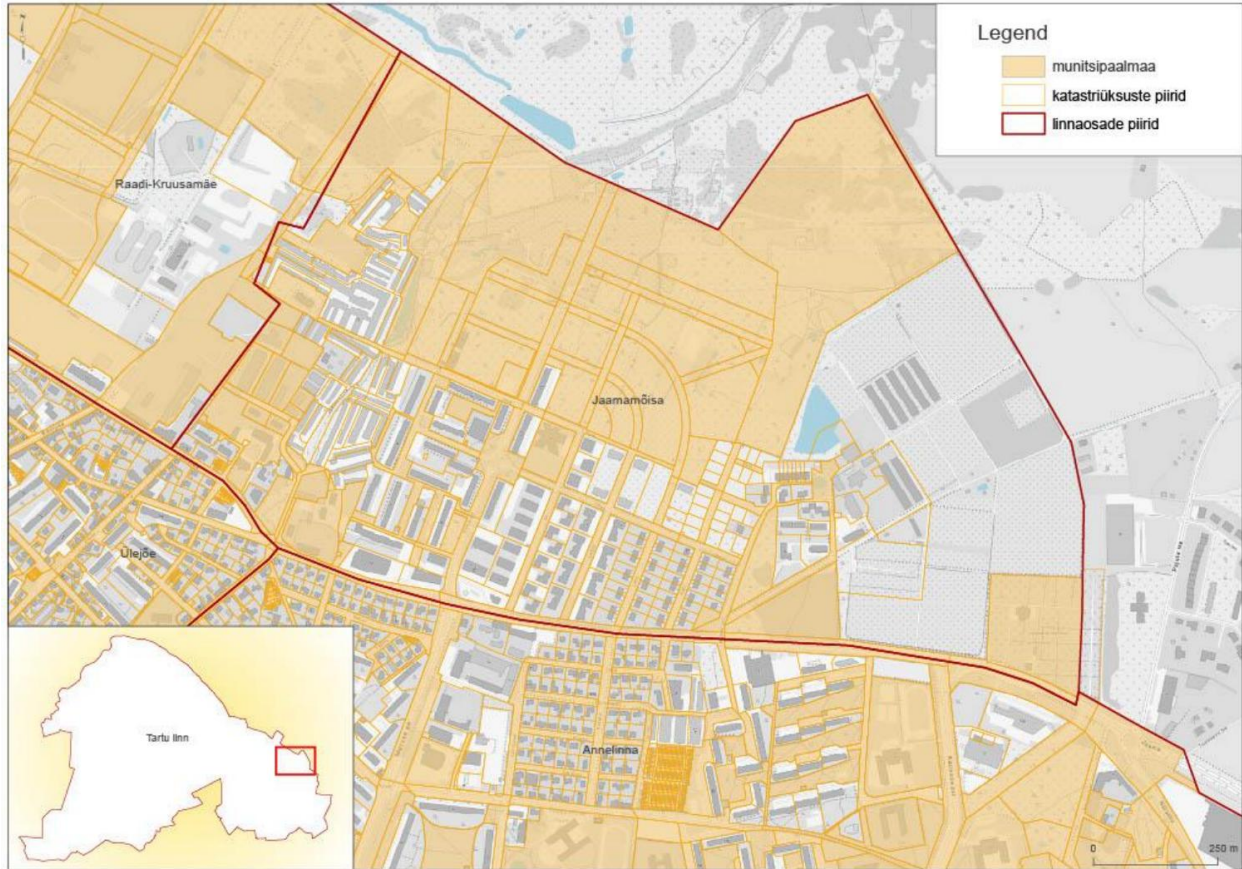
Jaamamõisa linnaosa, mida rahvakeeles tuntakse ka nimele all „Hiinalinn“ või „New Shanghai“, paikneb Tartu linna põhjaservas ning hõlmab ligikaudu 135 hektarit. Alat ümbritsevad Annelinna, Raadi ja Ülejõe linnaosad, mistõttu moodustab see omamoodi sidusala linna eri tsoonide vahel. Ligikaudu 3 kilomeetri kaugusel asuv kesklinn teeb Jaamamõisast Tartus mõistes lähimaks arendamata alaks, mis jäävad 15-minutilise rattasõidu kaugusele kesklinnast. Tartu kesklinna standartseks ulatuseks peetakse Vanalinna ja Uuetut piiri, mis tähendab, et Jaamamõisa toetab Tartu 15 minuti linna konseptsiooni.<sup>81</sup>

Jaamamõisa eripära seisneb ka selle ruumilises omandistruktuuris: tervelt 55% piirkonna pindalast kuulub munitsipaalomandisse, ületades oluliselt Tartu linnaosade keskmise näitaja (36%)(joonis 22. Lisaks ei piira planeeringuala lõpuni väljaarendatud taristu ja omandisuhete keerukus.<sup>82</sup>

---

<sup>81</sup> C. Moreno, et al., Introducing the ‘15-Minute City’: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. – Smart Cities, Vol. 4, no. 1, 2021, lk 93–111.

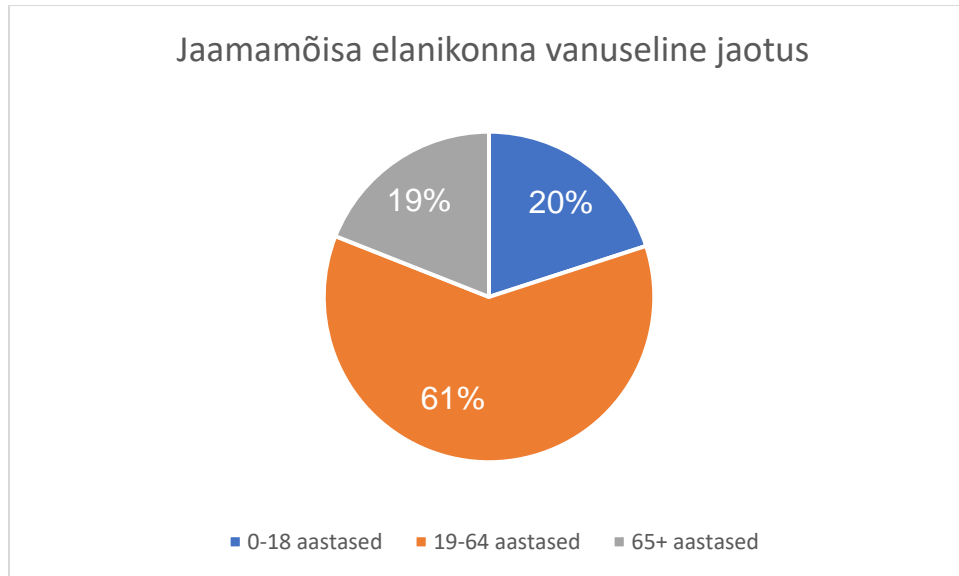
<sup>82</sup> Tartu Linnavalitsus, Kestliku Linnaosa Planeerimine: Jaamamõisa Linnaosa Näitel. 2022. lk 36



Joonis 22. Jaamamõisa munitsipaalmaa kaart.

### 6.1.1 Rahvastiku analüüs

2020 aastal elas Jaamamõisa linnaosas kokku 3247 inimest, kuid rahvastikuprognoside kohaselt kasvab see arv aastaks 2040 hinnanguliselt 4065 elanikuni, mis tähendab ligikaudu 27% suurenemist. Elanike vanuseline jaotus on illustreeritud joonisel 23. Võrreldes Tartu linna keskmisega paistab Jaamamõisa silma suurema väikelaste osakaalu poolest: 0–6-aastased moodustavad piirkonnas 7,61% elanikkonnast, samal ajal kui Tartu keskmine näitaja jääb 4,78% juurde. Laste arvukus näitab Tartu elanikkonna rändestsenaariumi kasvu.



*Joonis 23. Jaamamõisa elanikonna vanuseline jaotus, autori joonis  
 Andmed: Tartu Rahvastiku- Ja Elamuproгноos Aastani 2040, 2021*

Lisaks demograafilistele erinevustele on Jaamamõisas täheldatav ka segregatsioon. Vanemates paneelilamutes elab valdavalt venekeelt kõnelev eakam elanikkond, samas kui piirkonda rajatud uuslamud on peamiselt asustatud nooremate peredega. Tulemuseks on generatsioonide vaheline sotsiaalne lõhe, kus erinevad elanikegrupid omavahel piiratud määral lõimuvad.<sup>83</sup>

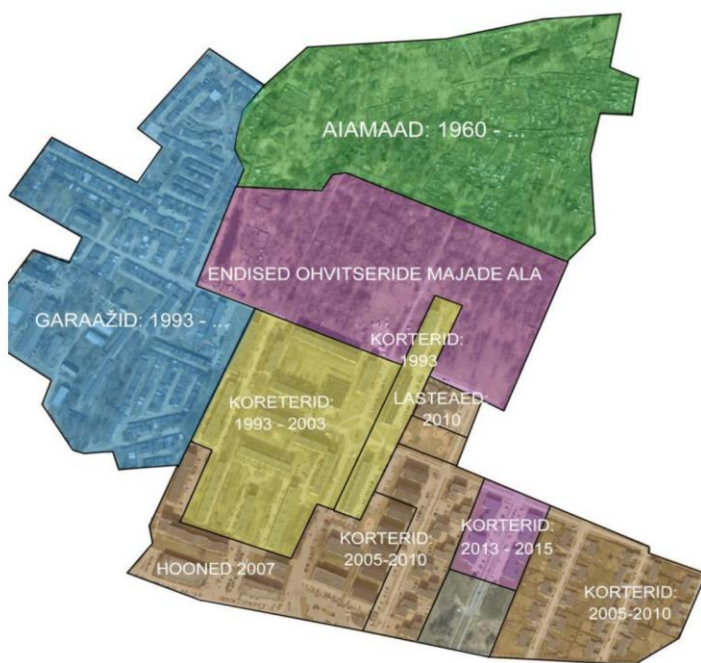
---

<sup>83</sup> Tartu Linnavalitsus, Kestliku Linnaosa Planeerimine: Jaamamõisa Linnaosa Näitel. 2022. lk 37



## 6.1.2 Hoonestuse analüüs

Jaamamõisa linnaosa elamufond on valdavalt pärit nõukogude perioodist, kusjuures 91% kortermajadest on ehitatud aastatel 1945–1990. Uusehitised moodustavad kõigest 11% kogu elamufondist, mis viitab ühtaegu nii eesseisvale ulatuslikule renoveerimislainele kui ka võimalusele suunata piirkonna areng teadlikult kestliku ja ringse renoveerimise suunas. Kokku on Jaamamõisas registreeritud 1938 eluruumi, millest 1845 paiknevad korterelamutes ja 93 ühepere- või ridaelamutes. Ala hoonestuse ajaline struktuur on esitatud joonisel 24.



*Joonis 24. Jaamamõisa hoonestusala ajaline jaotus.  
Andmed: CIVITTA kestliku linnaosa planeerimise raport 2022*

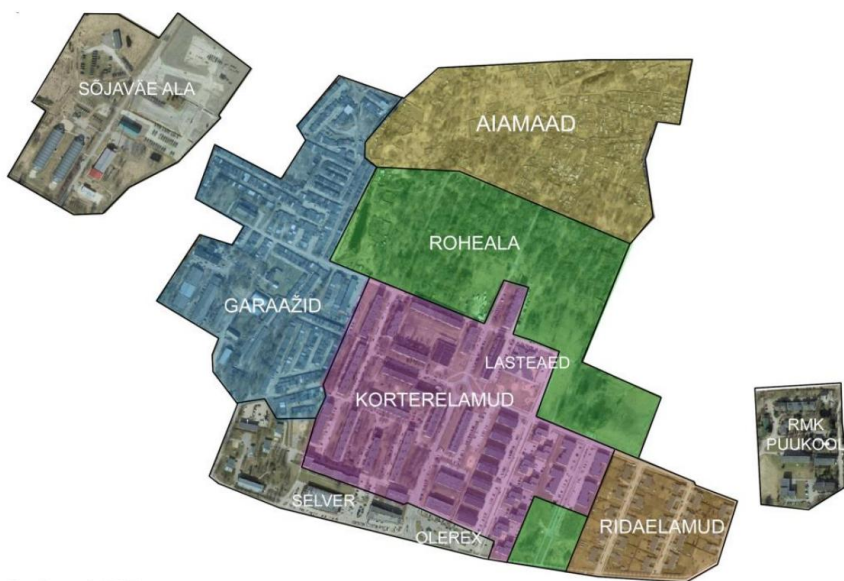
Alates 2015. aastast on Jaamamõisa arendusmaht oluliselt kasvanud, kujunedes äärelinna arengumustriks, mis kombineerib linna laienemise ja tihendamise loogikaid. Eriliseks ruumipotentsiaaliks on piirkonnas säilinud endine militaarmaa, millel paiknevad veel hoonestamata krundid. See postmilitaarne maastik pakub suurlinlikku mõõtkava ja arendusvabadust, mida toetab fakt, et aastatel 2000–2020 lisandus Jaamamõissasse 555 uut eluruumi. Vastavalt Suur-Tartu kasvustsenaariumile prognoositakse 2040. aastaks piirkonda veel ligi 900 uue eluruumi lisandumist.<sup>84</sup> Uue elamuarenduse kasutajaprofiiliks on valdavalt noored

<sup>84</sup> Tartu Linnavalitsus, Tartu Rahvastiku- Ja Elamuproгноos Aastani 2040. 2021. lk 47

pered, mis toob esile piirkonna ruumilise tugevuse – vahetus läheduses paikneb Lotte lasteaed (proj. KAVAKAVA arhitektid), mis tugevdab peresõbraliku elukeskkonna kuvandit.

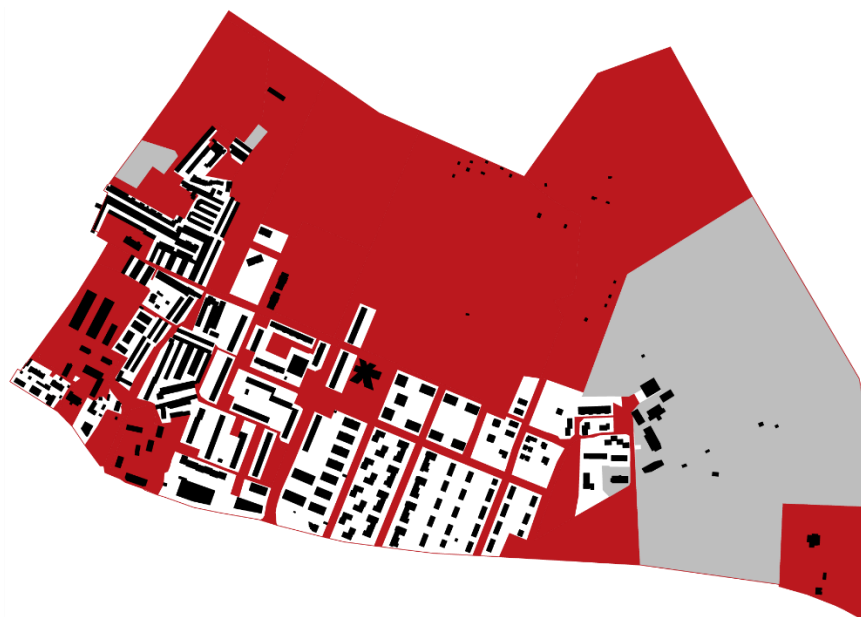
Jaamamõisa ruumiline struktuur on mitmekihiline ja segafunktsionaalne. Suurim pindala on hõivatud korterelamute ja garaažide poolt, millele lisandub ulatuslik aiandusmaa ning mitmeid rohealade fragmente. Kortrite ja aiamaade vahele jääb puhveralana roheline vöönd, mis ühendub Emajõe rohekoridoriga Anne kanali kaudu. Vahetus ümbruses paiknevad ka RMK puukool, sõjaväe territoorium ning Tartu lumepark. Tugeva ruumilise tõmbekeskusena toimib Eesti Rahva Muuseum koos selle kultuurilise ja taristusliku mõjuga.

Vaatamata mitmekesisele funktsioonide kooseksisteerimisele ja strateegilisele asukohale, puudub Jaamamõisas seni selgelt määratletud avalik ruum, mis toetaks kogukondlikku kuuluvustunnet ja sotsiaalset integreeritust. Joonisel 25 on esitatud ala sisemine funktsionaalne jaotus.



Joonis 25. Jaamamõisa funktsioonikaart

Andmed: CIVITTA kestliku linnaosa planeerimise raport 2022



**Maaomandivorm**  
**Munitsipaalm** ● **Riigimaa** ● **1:2500**

*Joonis 26. Jaamamõisa Maaomandivorm*

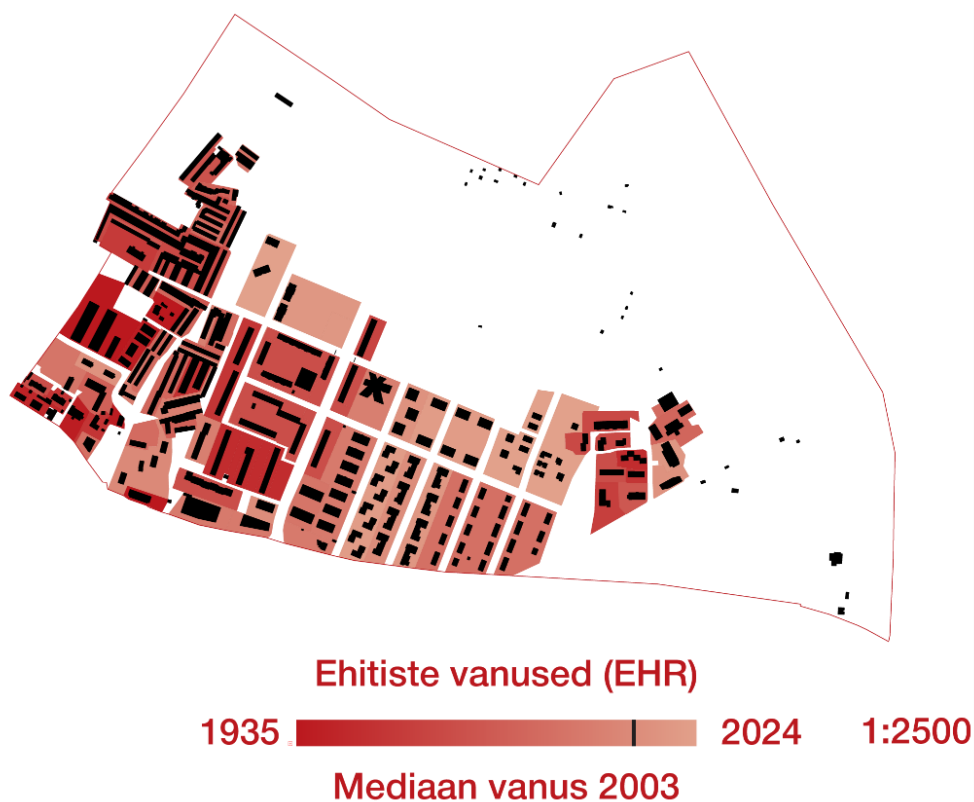


**FAR** **1:2500**  
 0.2 ——— 2.2  
**Kortermaa keskmine 1.2**

*Joonis 27. Jaamamõisa FAR*

### 6.1.3 Materjalide analüüs

Renoveerimist vajava hoonefondi – eelkõige perioodil 1945–1990 ehitatud korterelamute – materjalikasutusel põhineva auditi (vt joonis 26) kohaselt on piirkonnas valdavalt kasutatud monteeritavatest raudbetonelementidest koosnevaid konstruktsioonilahendusi, mis on iseloomulikud nõukogudeaegsetele paneel lamurajoonidele. Tegemist on süsteemsete ehituslahendustega, mille puhul praegune tehnoloogia- ja teadmusbaas ei võimalda nende elementide otstarbekat taaskasutust konstruktiivses võtmes.



Joonis 28. Jaamamõisa ehitiste vanus

Konstruktsioon	Enamlevinud materjal
Vahelagede kandva osa materjali liik	Monteeritav raudbetoon
Kande ja jäigastavate konstruktsioonide materjali liik	Monteeritav raudbetoon, tellis
Katuse ja- lagede kandva konstruktsiooni liik	Monteeritav raudbetoon
Välisseina liik	Mitmehiline raudbetoon; väike- või suurplokk (vaht, mull, kergkruus, kärg, betoon jms)

Katusekatte materjali liik	bituumen või PVC plaat või rullmaterjal
Välisseina välisviimistluse materjali liik	keraamiline tellis; puit (vooder)

Joonis 29. Jaamamõisa enamlevinud materjalitüübid

Andmed: Ehitusregister (vaadatud 18.04.2024)

Seetõttu on oluline suunata uusarenduslik fookus eelkõige veel hoonestamata aladele, kus pilootprojekti materjalivalik saab toetuda ringluspõhimõtetele. Kuna Jaamamõisa elamufond on kujunenud valdavalt viimase saja aasta jooksul, pakub piirkond head lähtekohta ressursitõhusal disainil põhinevate materjalivalikute katsetamiseks ja juurutamiseks. Selline ajalis-ruumiline kontekst eeldab tulevikku suunatud ehitusstrateegiat, mis arvestab materjalide elutsüklit ning potentsiaali sekundaarseks kasutuseks.

Garaažipiirkonna hoonestus kujutab endast erandlikku ruumilist ressursi. Garaažiboksid on rajatud valdavalt täistellismüüridest, mille füüsiline eluiga võib ulatuda kuni 200 aastani. Arvestades samal ajal, et individuaalne garaaž kui ruumitüpoloogia on tänapäeva linnapildist kadumas, avab see ukse suuremahulisele tellismaterjalimaardlale.

## 6.1.4 Keskkonnaanalüüs

Looduskeskkonna aspektist on piirkond ümbritsetud mitmest ökosüsteemselt väärtuslikust elemendist. Planeeringuala lähedusse jääb Anne kanali rohekoridor, mis ühendub Emajõe-äärsete elupaikadega ja moodustab osa suuremast rohevõrgustikust. Ala sees ja selle piiridel leidub üksikuid puid ja väiksemaid puistuid, millest osa on säilitamist väärt. Tervikuna võib ala kirjeldada hajutatult rohelisena, kuid süsteemse ökosüsteemse planeeringuta.<sup>85</sup>

Projektala on hetkel valdavalt aktiivsest kasutusest väljas olev jäätmaa, osal alast on olnud endised aiandussuvilad. Kuna väljaspool suvila alasid on saanud loodus vabalt areneda, siis võib seal olla ka suhteliselt liigirikas piirkond. Ala keskelt on 2024 aastal ehitatud läbi magistraaltänav, mille kaudu on ühendatud ka ERMi piirkond ja riigi põhimaanteed nr 3. Muuseumitee läbimurde

---

<sup>85</sup> K. Hansson, et al., Jaamamõisa Linnaosa Keskkonnasäästliku Planeerimislahenduse Ja Selle Alusel Sademevee Sööstliku Käitlemise Üldise Põhimõtete Väljatöötamine Tartu Linnale. Töö nr: 1769DP3, 2018. lk 9

projekti raames pandi palju rõhku haljastusele. Muuseumi teele istutati 134 puud ja üle 1200 põõsa, millest projektialale istutati 48 puud.<sup>86</sup>



Joonis 30. Jaamamõisa asum i ökoloogiline asukohasekem

Andmed: Maameti ortofoto 2024

<sup>86</sup> Tartu Linnavalitsus, Põhja-Tartu Üldplaneering. 2024, <https://www.tartu.ee/et/pohjapst> (vaadatud 12.04.2025).

## 7. Eskiislahendus 1: BAU

### 7.1 BAU – planeeringu stsenaarium

Lahendus „*Business as Usual*“ on koostatud Tartu linna munitsipaalmaale, tuginedes kehtivale üldplaneeringule Tartu 2040<sup>87</sup>, olemasolevatele postmodernistlikele katastriüksustele (aastast 1992) ning asjakohastele arengudokumentidele – eeskätt keskkonnasäästlikule planeerimislahendusele dokumendile (1769DP3)<sup>88</sup>. Eskiislahenduse koostamisel on arvestatud Tartule iseloomulikke koormusindekseid, korterite keskmist brutopinda ning piirkonna tüüpilist korruselisust. Parkimine on kavandatud krundisiseselt vastavalt koormusindeksile 1.1 (joonis 28).



Joonis 31. BAU Krundi illustratsioon

BAU-eskiislahenduse lähteandmed olid järgmised:

---

<sup>87</sup> Tartu Üldplaneering 2040. 2021.

<sup>88</sup> K. Hansson, et al., Jaamamõisa Linnaosa Keskkonnasäästliku Planeerimislahenduse Ja Selle Alusel Sademevee Sööstliku Käitlemise Üldise Põhimõtete Väljatöötamine Tartu Linnale. Töö nr: 1769DP3, 2018.

- krundi täisehituse määr: 20–28%;
- korterite keskmine brutopind: 73–80 m<sup>2</sup>, ridaelamubokside puhul kuni 180 m<sup>2</sup>;
- koormusindeks: alates 85 m<sup>2</sup> juhul, kui parkimine on (osaliselt) hoone all, ning alates 100 m<sup>2</sup> juhul, kui parkimine on eraldi;
- hoonete kavandatud korruselisus: kaks kuni neli korrust;
- igale korterile on ette nähtud 1,1 parkimiskohta krundi piires.



*Joonis 32. BAU Kvartali vaade/maapinna lõige*

Tulemuseks on autokeskne kvartal, mis ei soosi sotsiaalset sidusust. Lisaks on sademevesi suunatud tänavatele, mis soodustab tänavatel kõrgemat roheväärtust, kui krundi siseselt. Seega peenramaaga pole arvestatud ning jalgrattad on üldse planeeritud parkima individuaalsetes keldriboksidest.

Taoline planeerimisloogika peegeldab Eestis levinud standardseid praktikaid ning selle konkreetse eskiislahenduse alusel viidi läbi kvantitatiivne süsinikujalajälje analüüs. Analüüsi eesmärk oli hinnata ja võrrelda sellise planeeringutüübi potentsiaalset keskkonnamõju suuremas territoriaalses ulatuses (joonis 29).



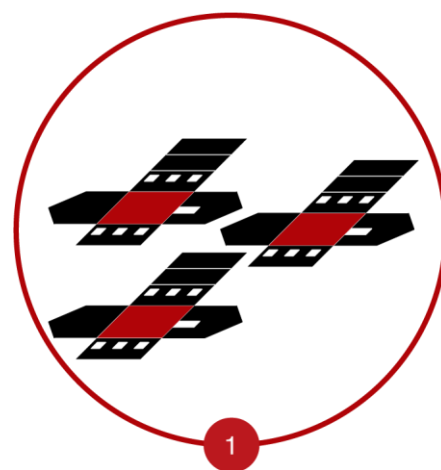


Joonis 33. Jaamamõisa BAU Eskiisprojekti plaan

## 7.2 Kvantitatiivsed meetodid

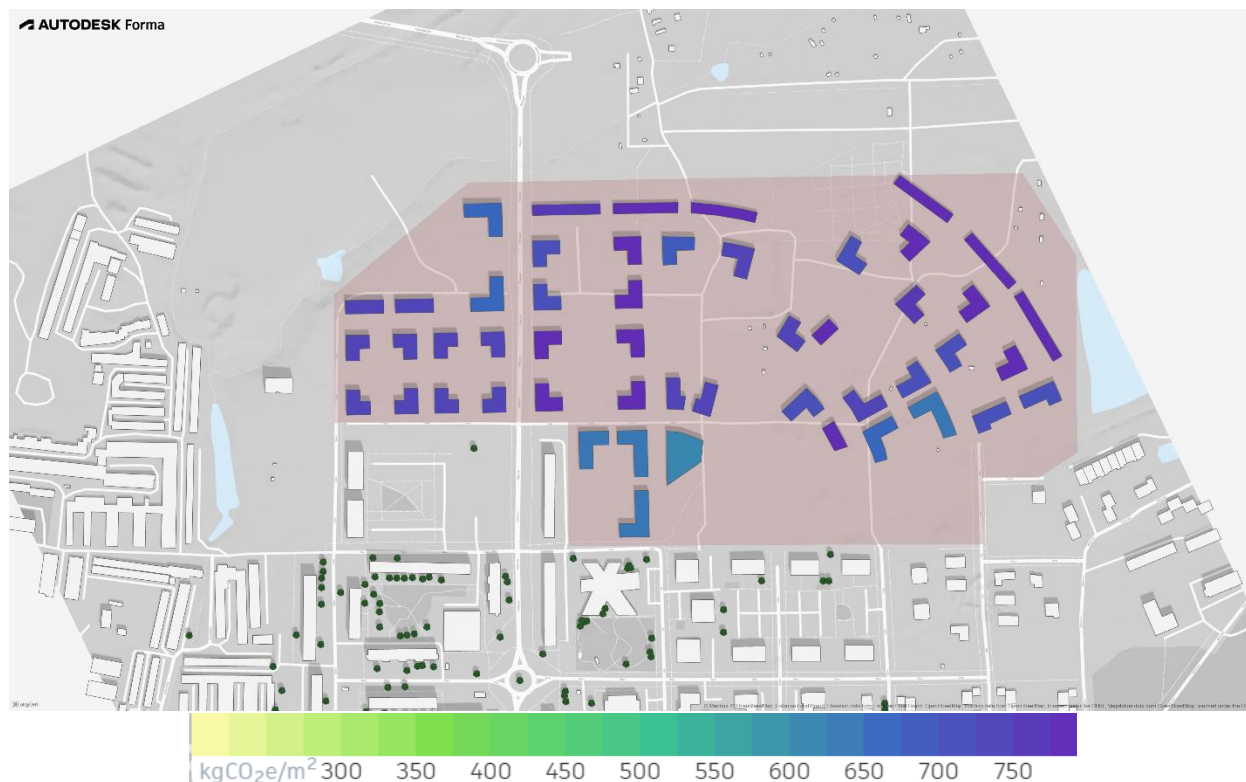
### 7.2.1 Hoonete kehastunud süsinik

Suurte ehitusmahtude ja sellega korreleeruva süsinikuheitmete kontekstis on oluline täpselt määratleda kasutatavad ehitusmaterjalid, et võimaldada teadlikke valikuid materjalide kehastunud süsiniku vähendamiseks. Kuna hoone kasutusaegsed (operatiivsed) heitmed on varajases planeerimisetapis keerukamalt prognoositavad, on antud analüüsis keskendunud hoone olemusringi A1–A3 etappidele.



Joonis 34. Hoonete süsinikujalajälg

Sarnast lähenemist, keskendumist A1–A3 moodulitele süsiniku piirmäärade määratlemisel, on rakendatud ka Taani ja Rootsi normatiivsete piirväärtuste kehtestamiseks.<sup>89</sup> Eskiisetappides ei ole realistlik kogu elutsükli täpselt modelleerida. Käesolevas töös on analüüsitud kahte varianti, milles on lähtutud välispiirete ja kandekonstruktsiooni CO<sub>2</sub>-heitest, eeldades akna ja seina suhte (WWR – Window-to-Wall Ratio) väärtuseks 35%. Modelleerimiseks on kasutatud tarkvara Autodesk Forma,<sup>90</sup> mis võimaldab mahuplaneeringu põhjal määrata hoone mahu, välispindade ulatuse ja materjalikoosluse hinnangu (vt joonis 35-36).



Joonis 35. Gradel2Gate analüüs 1, Raudbetoon ja krohv

Arvutus 1 (A1-A3)	Materjal/tüüp	Ühik	Ühiku kohta (Konservatiivne)	Kokku tCO2e	Allikas
Kandekonstruktsioon (koos Vundamendiga)	Raudbetoon 3- 4k PSI	kgCO2e/kg	0.15	23980	Okobaudat <sup>91</sup>

<sup>89</sup> Rohetiiger, Ehitusteekaart 2040, 2023, lk 24.

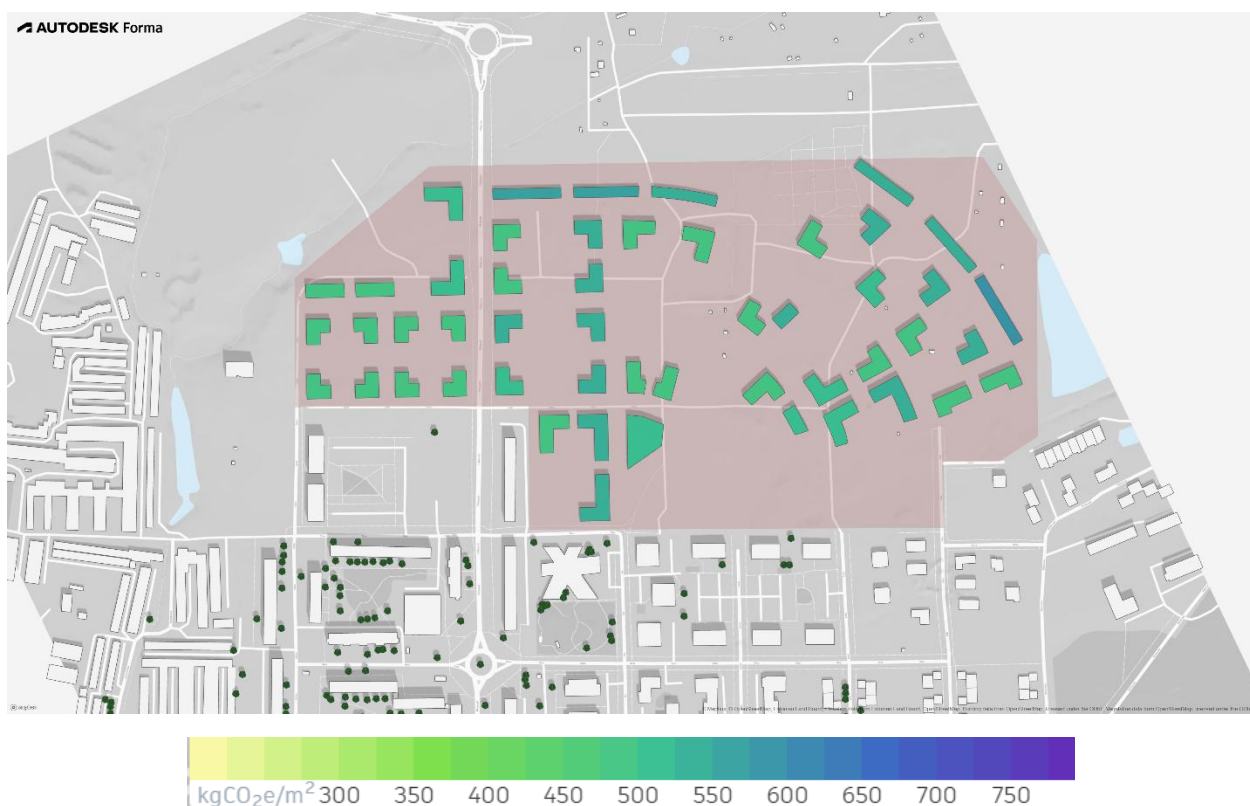
<sup>90</sup> Whole Life Carbon in Conceptual Design with Autodesk Forma, 2024, [https://help.autodesk.com/view/FORMA/ENU/?guid=carbon\\_analysis](https://help.autodesk.com/view/FORMA/ENU/?guid=carbon_analysis) (vaadatud 4.03.2025).

<sup>91</sup> Product Data for Sustainable Building, 2025, [https://www.okobaudat.de/no\\_cache/en/database/search.html](https://www.okobaudat.de/no_cache/en/database/search.html) (vaadatud 13.04.2025).

Välispiirded	Krohvfaasid	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	148.25	13220	C.scale analysis <sup>92</sup>
Siseviimistlus	Residentaal	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	184.38	14570	C.scale analysis
KVJ	Kortermajad	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	35.00	2780	CO2data.fi

Joonis 36. Kehastunud süsiniku analüüs 1, Raudbetoon ja krohv

Cradle-to-Gate elutsüklianalüüsi nr 1 tulemuste põhjal on hinnatud, et hoonete kehastunud süsinik moodustab kokku 57 580 tCO<sub>2</sub>e, mis vastab 725 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> brutopinna kohta. Analüüs eeldab kandekonstruktsioonina raudbetooni kasutamist, mis peegeldab Jaamamõisa piirkonnas domineerivat korterelamute ehitusmaterjali valikut.



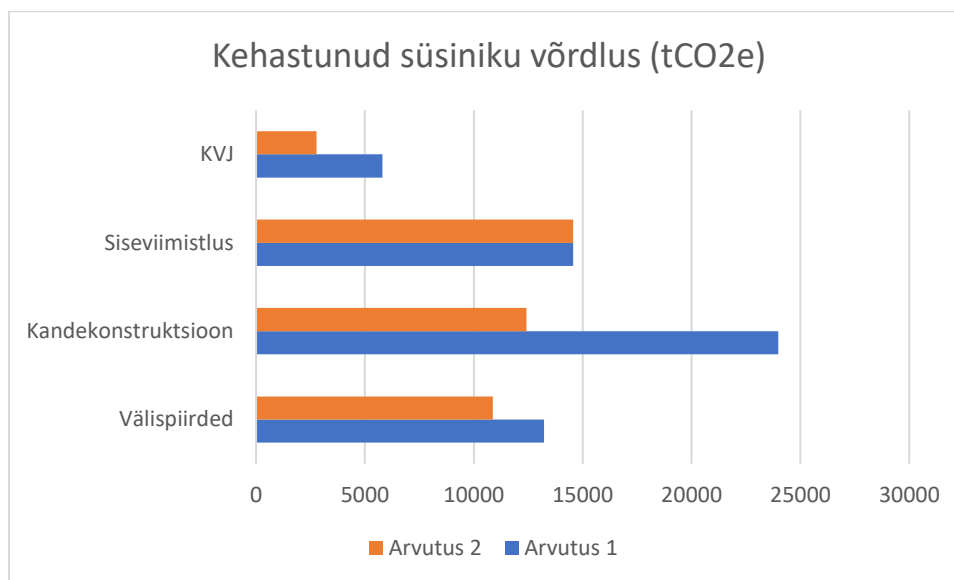
Joonis 37. Cradle2Gate analüüs 2, CLT ja puitlaudis

<sup>92</sup> Whole Life Carbon — The C.Scale Data Model. 2025, <https://docs.cscale.io/the-c.scale-tm-data-model/whole-life-carbon> (vaadatud 13.04.2025).

Arvutus 2 (A1-A3)	Materjal/tüüp	Ühik	Ühiku kohta (Konservatiivne)	Kokku tCO <sub>2</sub> e	Allikas
Kandekonstruksioon (Koos vundamendiga)	CLT	kgCO <sub>2</sub> e/kg	0.51	12420	Okobaudat, EC3 <sup>93</sup>
Välispiirded	Puitlaudis	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	73.79	10870	C.scale analysis
Siseviimistlus	Residentaal	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	184.38	14570	C.scale analysis
KVJ	Kortermajad	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	35.00	2780	CO2data.fi

Joonis 38. Kehastunud süsiniku analüüs 2, CLT ja puitlaudis

Cradle-to-Gate analüüsi nr 2 tulemuste kohaselt (joonis 34-35) on hoonete kehastunud süsiniku kogus 40 650 tCO<sub>2</sub>e, mis vastab 512 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> brutopinna kohta. Antud stsenaarium põhineb kandekonstruksioonina riskihtpuidu (CLT) ja fassaadikattena puitlaudise kasutamisel.



Joonis 39. BAU hoonestuse materjalilahenduste võrdlus

Kahe Cradle-to-Gate analüüsi võrdlus näitab, et materjalivalik mõjutab oluliselt hoonete kehastunud süsiniku kogust (joonis 36). Puitmaterjalide (CLT ja puitlaudis) kasutamisel väheneb kehastunud süsinik 29,4% võrreldes raudbetoonkonstruktsiooniga lahendusega. Puidupõhiste

<sup>93</sup> EC3: Embodied Carbon in Construction Calculator. 2024, <https://www.buildingtransparency.org/ec3/> (vaadatud 4.12.2025),(vaadatud 12.04.2025)

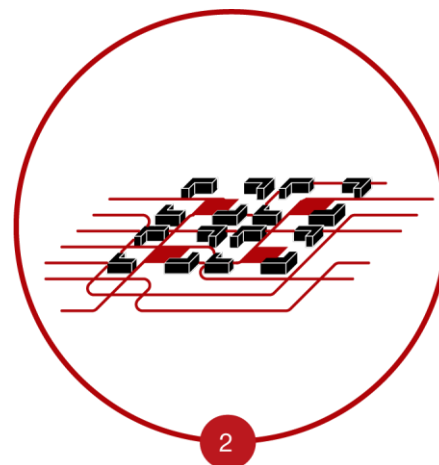
konstruktsioonide eelistamine võimaldab mitte üksnes oluliselt madalamat süsinikujalajälge, vaid suurendab ka materjalide potentsiaali korduvkasutuseks olelusringi lõpus.

## 7.2.2 Liiklustaristu süsinikujalajalg

Nagu eelnevalt käsitletud, ei hõlma hoone LCA ümbritsevat infrastruktuuri (nt teed, parklad, kõnni- ja jalgrattateed). Käesoleva analüüsi lihtsustamiseks on aga arvesse võetud kogu planeeringualaga juurdepääs ehk kõik liikluspinnad: sõiduautoteed, parklad, kõnniteed ja jalgrattateed.

Kuna Eestis on valmimas infrastruktuuri hindamise meetodika alles 2027. aastaks,<sup>94</sup> mille eesmärk on katta kogu taristuolelusring, siis keskendub käesolev magistritöö üksnes katendite kehastunud süsinikule ehk A1–A3 etappidele. Erandiks on asfaltkate, mille puhul on lisaks arvestatud ka A5 moodulit (ehitusplatsile transport), kuna asfaldi valamine ja kohapealne kuumutamine on märkimisväärse energiakuluga protsess.

Kõik taristuelemendid on koostatud vastavalt Eesti standardi EVS 843 alusel määratud tüüpsõlmede keskmistele konstruktiivsetele paksustele.<sup>95</sup> Seejuures ei ole arvestatud konkreetses planeeringualas esinevate geoloogiliste tingimustega, mis võivad tegelikkuses mõjutada taristu rajamise süsinikujalajälge.



Joonis 40. Liiklustaristu süsinikujalajalg

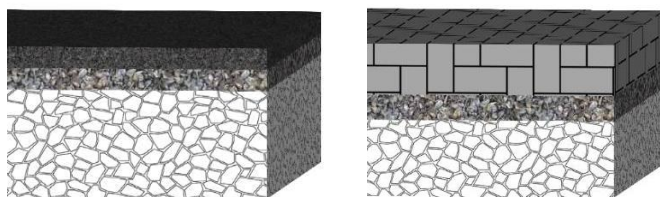
Koormusklass	Laius	Asfaldi paksus	Liivakiht	Killustik/aluskoht
Magistral	4+4m	200mm	125mm	400mm
Kõrvaltänav	5.5m	120mm	75mm	325mm
Jalgrattatee	1.5m	60mm	50mm	200mm
Jalgtee	2m	60mm	40mm	200mm

Joonis 41. Keskmised teede kihtide paksused

Andmed: EVS843

<sup>94</sup> H. Seli, Hoonete Süsinikujalajälje Reguleerimisest. Kliimaministeeriumi Info päev 20.09.2024, <https://kliimaministeerium.ee/sites/default/files/documents/2024-09/Hoonete%20s%C3%BCsinikujalaj%C3%A4lje%20reguleerimisest.pdf> (vaadatud 11.10.2024). lk 19

<sup>95</sup> EVS 843:2020. Teede Ehitamise Üldnõuded, 2020.



Joonis 42. Lihtstatud materjalisõlmed liiklustristu hindamiseks

Andmed: Reduzer

Ehitustehnoloogilisele sarnasusele tulevalt olen liigitanud kõnnitee ja jalgrattatee kergliiklusteeks ning parkla ja tänava samuti üheks sõidutee sõlmeks. Tulemuste kommunikeerimisel esitab joonis 39 analüüsi kõige selgema ja arusaadavama jaotuse süsinikujalajälje lõikes, võimaldades võrrelda erinevate infrastruktuurielementideosakaalu.

Materjal	Tihedus (kg/m <sup>3</sup> )	LCA moodulid	GWP summa (kgCO <sub>2</sub> e/kg)	Allikas
Asfalt (AC)	2500	A1-A3, (A5)	0.045	SYKE
Kruus	1500	A1-A3	0.0008	EHEA
Liiv	1800	A1-A3	0.0008	EHEA

Joonis 43. Teedematerjali keskkonna andmed

Infrastruktuuri tüüp	Pindala	% arendusalast	tCO <sub>2</sub> e
Magistraltee	2790m <sup>2</sup>	1.43%	64.62
Kõrvaltee	10 510m <sup>2</sup>	6.78%	147.12
Parkla	35 792m <sup>2</sup>	18.25%	501.03
Kergliiklustee	24 061m <sup>2</sup>	12.27%	169.92

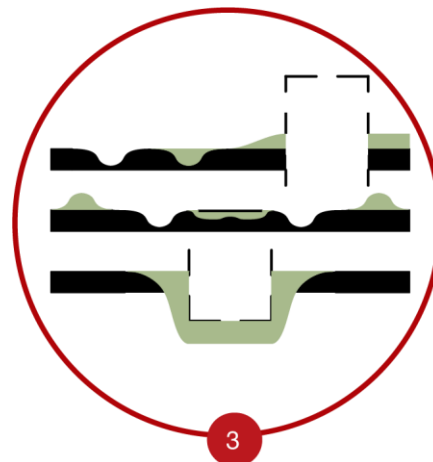
Joonis 44. Infrastruktuuri süsinikujalajälje osakaal

Teede ehitus ei hõlma ainult konstruktsioonimaterjale, vaid ka nende transporti, mis võib moodustada märkimisväärse osa kogu olelusringi süsinikujalajäljest. Selle mõju kvantifitseerimiseks on vajalik määrata: ehitusplatsile toomise distants, transporti eriheitmetegur (EHEASst) ja toodava materjali kaal. Materjali kaalu põhjal selgub veoste ja tühisõitide arv ehk infrastruktuuri rajamise transportkulu. Lisaks on võimalik arvutada ka taristu haldamisega seotud operatiivset süsinikujalajälge – näiteks energiakulu talvise lumekoristuse käigus. Sellised komponendid kuuluvad näiteks Põhjamaade meetodikatesse.

## 7.2.2 Pinnasetööde süsinikujalajalg

Ehitusplatsi ettevalmistamise operatiivne süsinikuanalüüs keskendub pinnasetööde süsinikujalajälje hindamisele nii era kui ka munitsipaalmaal. Enne hoone aluste pinnasetööde mõju hindamiseks oleks vajalik teada mitmeid parameetreid: hoone tüüpi ja korruselisust, keldrikorruse olemasolu, vundamendi konstruktsioonitüüpi ning pinnaseprofiili.

Arvutuse lihtsustamiseks on käesolevas analüüsis kasutatud Eesti hoonete LCA metoodikas (A5 moodul) esitatud operatiivse süsiniku eriheitetegurit, mis arvestab ehitusprotaeega. Vastav näitaja on 10.089 kgCO<sub>2</sub>e/neto-m<sup>2</sup>.<sup>96</sup>



Joonis 45. Pinnasetööde süsinikujalajalg

Taristu pinnasetööde puhul puudub standardiseeritud süsinikujalajälje meetod, kuna tööde energiatarbimine sõltub tugevalt kohaliku pinnase omadustest, tööde mahust ja kasutatavatest seadmetest. Siiski, Norra tüüpprojektide alusel on hinnatud, et A5 mooduli süsinikuheitmed taristu ehitamisel jäävad vahemikku 5–15 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup>.<sup>97</sup> Keskmisena on see ligikaudu võrdne hoonealuse pinna eriheiteteguriga.

	Pindalatüüp	Pindala(m2)	kgCO2e/m2	tCO2e	Allikas
Hoone	Ehitusalunepind	27 770	10.089	280	Uurimustöö
Taristu	Kasutatav pind	73153	10	731	ZuturebuiltZERO

Joonis 46. Hoone ja Taristu ehitustööde operatiivse süsinikujalajälje kulu

Hoonealuste kaevetööde süsinikujalajälge on käesolevas analüüsis käsitletud koefitsiendipõhiselt ruutmeetri kohta, kuid tegelikkuses on Eesti pinnaseolud äärmiselt varieeruvad ning kaevetööde maht ja süsinikumõju ettenägematud. Näiteks Jaamamõisa piirkonnas on pinnas valgjalalikult märg, mis tingib ulatuslike maaparandussüsteemide vajaduse. Samuti on vaivundamentide

<sup>96</sup> M. Weigert, et al., Carbon Emissions of Construction Processes on Urban Construction Sites. – Sustainability, Vol. 14, no. 19, 2022, lk 12947.

<sup>97</sup> E. Resch, et al., FutureBuilt ZERO: A Simplified Dynamic LCA Method with Requirements for Low Carbon Emissions from Buildings. NTNU, SINTEF, NORSUS, Civitas, FutureBuilt, 2021, lk 6, <https://www.futurebuilt.no/prosjekter/futurebuilt-zero>.

rajamine või plaatvundamendi kaevetööde sügavus ja eemaldatava pinnase mass väga projekti- ja asukohaspetsiifilised.

Isegi kui on teada täiskoormatud veoki keskmine transpordi süsinikujalajälg vastavalt kandevõimele ja distantstile, ei ole see piisavaks sisendiks, kuna puuduvad täpsed andmed veetud pinnase masside kohta. Seetõttu on ehitusplatsi ettevalmistamise süsinikujalajälje meetodi koostamisel vajalik geotehnikute ekspertiis. Planeeringu süsinikujalajälje prognoosimiseks oleks vaja koostada Eestis tüüpilistel tingimustel põhinev referentsandmestik EHEAsse, mis sisaldaks näiteks järgmisi tööetappe ruutmeetri kohta:

- 1) Pinnasekihtide tihedus ja voolavus
- 2) Kaevandav maht (kaal)
- 3) Kaevetöödel kasutatud seadmed
- 4) Kaevetöödel kulutatud energia
- 5) Kaevatud pinnase transport ehitusplatsilt
- 6) Veokite tühisõit tagasi ehitusplatsile

Meetodi koostamist võimaldab fakt, et varases projekteerimisjärgus tellitakse geoloogiline uuring, mille põhjal määratakse hoone vundamendisüsteem ja pinnasetööde ulatus. Seetõttu on tehniliselt võimalik kaevetööde süsinikumõju modelleerida suhteliselt täpselt, kui on olemas ligipääs adekvaatsetele lähteandmetele.

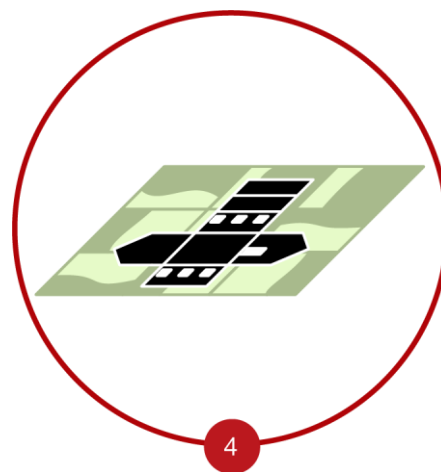
Oluline on rõhutada, et erinevad ehitusvaldkonnad kipuvad oma meetodikaid liigse täpsusastmeni arendama, mis võib takistada laiemat rakendatavust planeerimise tasandil. Seetõttu ei pruugi olla otstarbekas arendada kõiki arvestusmeetodeid nullist, vaid mõistlikum on kohandada juba olemasolevaid meetodikaid riikidest, kus on levinud meile sarnased materjalid, tööprotsessid ja tarneahelad. Näiteks kui Eesti regulatiivne hoone LCA käsitleb ka vundamendi süsinikuheitmeid, siis Soome vastav meetodika seda ei tee – osaliselt seetõttu, et mitmete elamute all on ehitatud kaitserajatised (nt punkrid), mis muudavad vundamendisüsteemid erandlikuks. Sellest tulenevalt võib oletada, et Soomes kompenseeritakse hoone LCA modelleerimise puudujääke (nt: vundamendi jalajälge) suurema täpsusega pinnasetööde kalkulatsioonides.

## 7.2.4 Maakasutusmuutus



Maakasutusmuutus on üks võimalikke süsinikujalajälje kvantifitseerimise meetodeid regionaalsel tasandil. Kuigi seda on käesolevas analüüsis käsitletud arvestuslikult, oleks võimalik vähemalt detailplaneeringu tasandil seda lihtsasti rakendada.

Maakasutusmuutuse arvutused ei hõlma otseselt elurikkuse ega ökosüsteemide vähenemist, ent nende ja süsinikuheitmete vahel on selge seos. Käesolevas analüüsis keskendutakse krundi süsinikusidumise võimekuse muutusele enne ja pärast arendust ehk biogeense süsiniku bilansile. Fookus on kaotatud biomassil, mille alusel hinnatakse maakasutuse muutuse käigus vabanevat süsinikku.



Joonis 47. Maakasutusmuutus

Maakasutus enne muutust	Vabanev süsinik (tCO <sub>2</sub> /ha)	Allikas
Metsamaa	~80–150	IPCC, 2019 <sup>98</sup>
Rohumaa	~20–50	IPCC, 2019 <sup>99</sup>
Turvasmaa	~500–1000	IPCC, 2013 <sup>100</sup>

Joonis 48. biogeensesüsiniku vabanemine maakasutuse muutusest

Eskiisprojekti kruntide kogupindala on ligikaudu 19 hektarit, mis tähendab, et Jaamamõisa rohumaade (niidu) muutmisel hoonestusalaks paiskub atmosfääri hinnanguliselt 665 tCO<sub>2</sub> biogeenset süsinikku. Kunagi oli Jaamamõisa mets, kuid inimtegevuse tõttu on see tänaseks niit. Tegemist on seega olulise näitajaga, mis võiks kujuneda sisendiks planeeringualase haljastusstrateegia kujundamisel ja regenereerivaks meetodiks.

<sup>98</sup> IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. – Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019.

<sup>99</sup> IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. – Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019.

<sup>100</sup> IPCC, 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. – Wetlands Supplement. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

## 7.3 Diskussioon – „Tark arendaja“

Kuigi kvantitatiivsed analüüsid võiks sobida arendajatele tänu oma lihtsusele ja soodsusele, ei taga need iseenesest planeeringu sotsiaalset ja majanduslikku jätkusuutlikkust. Arendaja peaks juba lähteülesande koostamisel hindama oma ärimudeli kestlikkust, et võimaldada kestliku ja tasakaalustatud planeerimist.

Ökoloogilis-ratsionaalse planeeringu puhul peavad olema tasakaalustatud ka sotsiaalsed ja majanduslikud funktsioonid, sest inimene ei ole looduse „peremees“, vaid sellest osa.<sup>101</sup> Planeerija saab disainida jätkusuutliku keskkonna vaid juhul, kui arendaja loob selleks eeldused. Seetõttu peaks süsinikuanalüüsi fookus olema mitte portfolio keskkonnasäästlikuse mõõtmine, vaid otsustusprotsessi mõjutamisel enne esimesi eskiise.

Allolevad kriteeriumid peaksid kujunema lähteülesande lahutamatuks osaks:

- **Sotsio-majanduslikud:** taskukohasus, eluasemepoliitika sekkumine, madalad opereerimiskulud, kõrge jääkväärtus (peale omaniku vahetust)
- **Sotsio-keskkondlikud:** ringmajandus, jagamismajandus, materjaliteadlikkus
- **Keskkonna-majanduslikud:** säästetud heitmete rahaline väärtus (laenuitigimuste mõjutegur)

## 7.4 Kvantitatiivse analüüsi kokkuvõte

Kui hoone elutsükli hindamise (LCA) eesmärk on eeskätt hinnata hoone konstruktiivset jalajälge sõltumata arhitektuurilisest kvaliteedist, siis kvantitatiivsed meetodid võimaldavad laiemalt hinnata ja optimeerida kogu planeeringu süsinikumõju. Käesolevas töös käsitletud valdkonnad: hoonestuse, infrastruktuuri, ehitusplatsi ettevalmistus ja maakasutuse muutuse analüüsi põhjal on võimalik modelleerida planeeringu süsinikujalajalg juba väga varajases projekteerimisfaasis.

Süsinikupiirmäärade analüüs näitab, et sobiva materjalivaliku korral saab hoonete kehastunud süsinikku (*upfront carbon*) vähendada kuni 29,4%, võrreldes tavapärase raudbetoonlahendusega. Infrastruktuurilelementide süsinikujalajalg toetab planeerimisotsuseid, mis vähendavad parkimiskohtade arvu ja sõiduteede laiust, edendades samas kergliikusteede võrgustikku. Ehitusplatsi ettevalmistuse hinnanguline süsinikujalajalg loob võimaluse

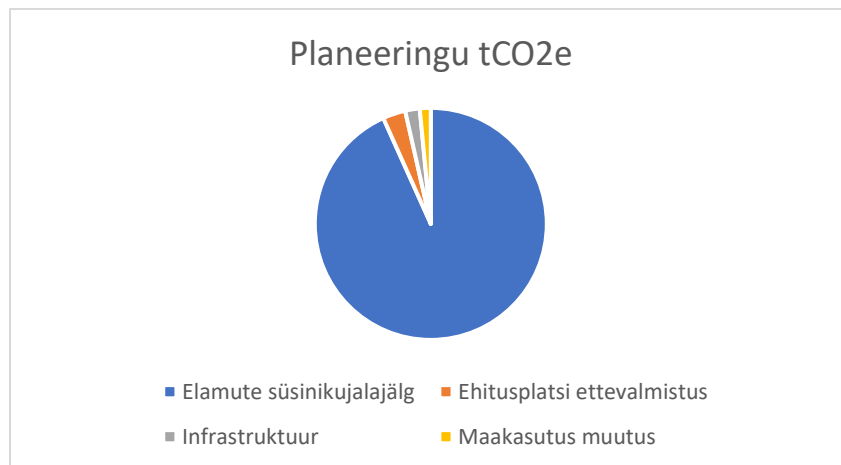
---

<sup>101</sup> I. L. McHarg, Design with Nature. Turtleback, 1995, 1969.

ehitusprotsessi kavandamisel arvesse võtta seadmete kasutusefektiivsust ning logistika efektiivsust. Maakasutusmuutusest tuleneva biogeense süsiniku heitme ulatus (665 tCO<sub>2</sub>) rõhutab vajadust kompenseerida kadu mitte üksikute haljastuselementidega, vaid ulatusliku ja funktsionaalse avaliku rohevõrgustikuga, millel oleks kureeritud elurikkus<sup>102</sup>.

Tänaste teadmiste ja meetodikate valguses on võimalik arvestada kõigi eelmainitud valdkondade süsinikujalajälge, mille kumulatiivseks tulemuseks on hinnanguliselt 43 577 tCO<sub>2</sub>e, mis vastab 229 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>2</sup> brutopinna kohta. Süsinikujalajälje jagunemine on järgmine:

- Elamud: 93,3%
- Ehitusplatsi ettevalmistus: 3,2%
- Infrastruktuur: 2,0%
- Maakasutusmuutus: 1,5%



joonis 49. Planeeringu süsinikujalajälje osakaal.

Arvestades, et hoonestus moodustab ligikaudu 93% planeeringu süsinikujalajäljest, on oluline suunata tähelepanu just hoonestusloogika kujundamisele planeeringutes. Kuna hoonepõhised LCA mudelid ei käsitle täiel määral kogu linnakeskkonna mõju, tuleks rõhuasetus asetada madala süsinikujalajäljega elanikule – st kavandada sellist ruumistruktuuri, mis toetab süsinikuneutraalset eluviisi terviklikult, mitte ainult hoone tasandil.

<sup>102</sup> M. Karro-Kalberg, et al., Kureeritud Elurikkus. 2024, <https://arhitektuuripreemiad.ee/objekt/kureeritud-elurikkus/> (Vaadatud 22.04.2025).

## 8. Eskiislahendus 2: ZEN

### 8.1 ZEN Stsenaarium

Zero Emissions Neighborhood (ZEN) ehk nullheitme naabruskond on kontseptuaalne raamistik, mille eesmärk on vähendada süsinikujalajälge nii otseste kui ka kaudsete planeerimisotsuste kaudu, lähtudes kaasaegsetest arusaamadest kliimaneutraalsest, innovatiivsest ja regeneratiivsest linnaruumist.

Käesolevas magistritöös on naabruskond defineeritud kui geograafiliselt piiritletud terviklik arendusala – kvartal või suurem hoonestusüksus – mis koosneb omavahel seotud hoonetest ja neid ühendavast infrastruktuurist. ZEN-i kontseptsiooni kohaselt tuleb **kogu arendusperioodi** jooksul vähendada nii otseseid kui ka kaudseid kasvuhooonegaaside heitkoguseid.

Arvestades Tartu kaugkütte ja -jahutuse spetsiifilisi eriheitetegureid ning elektritootmise dekarboniseerumise suundumusi, on piirkonna miinimumambitsiooniks saavutada süsinikuneutraalsus. Kõrgem eesmärk seisneb seejuures keskkonnale regeneratiivse mõju pakkumises – st liikuda pelgalt kahjude vähendamisest positiivse ökoloogilise jalajälje suunas ehk süsinikukäejälje<sup>103</sup>.

Selle eesmärgi saavutamiseks on välja töötatud kvalitatiiivsete meetodite võtestik, mis võimaldab liikuda planeeringulise kliimadiskrimineerimise vältides rekreatiivse elukeskkonna suunas. Kuna mitmete mõjude kvantifitseerimine ei ole praeguste LCA- ja CO<sub>2</sub>-mudelite kaudu võimalik, jääb osa lähenemistest väljapoole traditsioonilisi kvantitatiivseid mõõdikuid. Eskiislahenduses 2 on püütud neid meetodeid rakendada terviklikult ning kasutatud on eksisteerivaid raamistike nagu ZEB Research Centre, PI-SEC, Smart Cities and Communities (SCC), Positive Energy Blocks (PEB), BREEAM Communities ning CITYkeys.

Raamistikud võimaldavad asendada kirjeldavad üldistused ja subjektiivsed ruumikvaliteedi hinnangud mõõdetavate näitajatega, pakkudes ehitusvaldkonna spetsialistidele ühist arusaadavat keelt positiivse mõju kvantifitseerimiseks ning selle eristamiseks rohepesust.

---

<sup>103</sup> U. Tapaninen, Eestist Võib Saada Hoopis Süsiniku Käejälje Maailmariik. 2024, <https://ullatapaninen.net/2024/06/16/eestist-voib-saada-hoopis-susiniku-kaejalje-maailmariik/> (vaadatud 19.04.2025).



*Joonis 50. ZEN arenduse illustratsioon Jaamamõisas*

Eeskiislahenduse nr 2 lähtandmed on:

- krundi täisehituse määr: 20–28%;
- korterite keskmine brutopind: 65 m<sup>2</sup>, ridaelamubokside puhul kuni 180 m<sup>2</sup>;
- hoonete kavandatud korruselisus: kaks kuni neli korrust, ilma maaluse parkimiseta;
- igale korterile on ette nähtud 0.5 parkimiskohta nii kruni kui tänava piires.



*Joonis 51. ZEN kvartali vaade ja maapinna lõige*

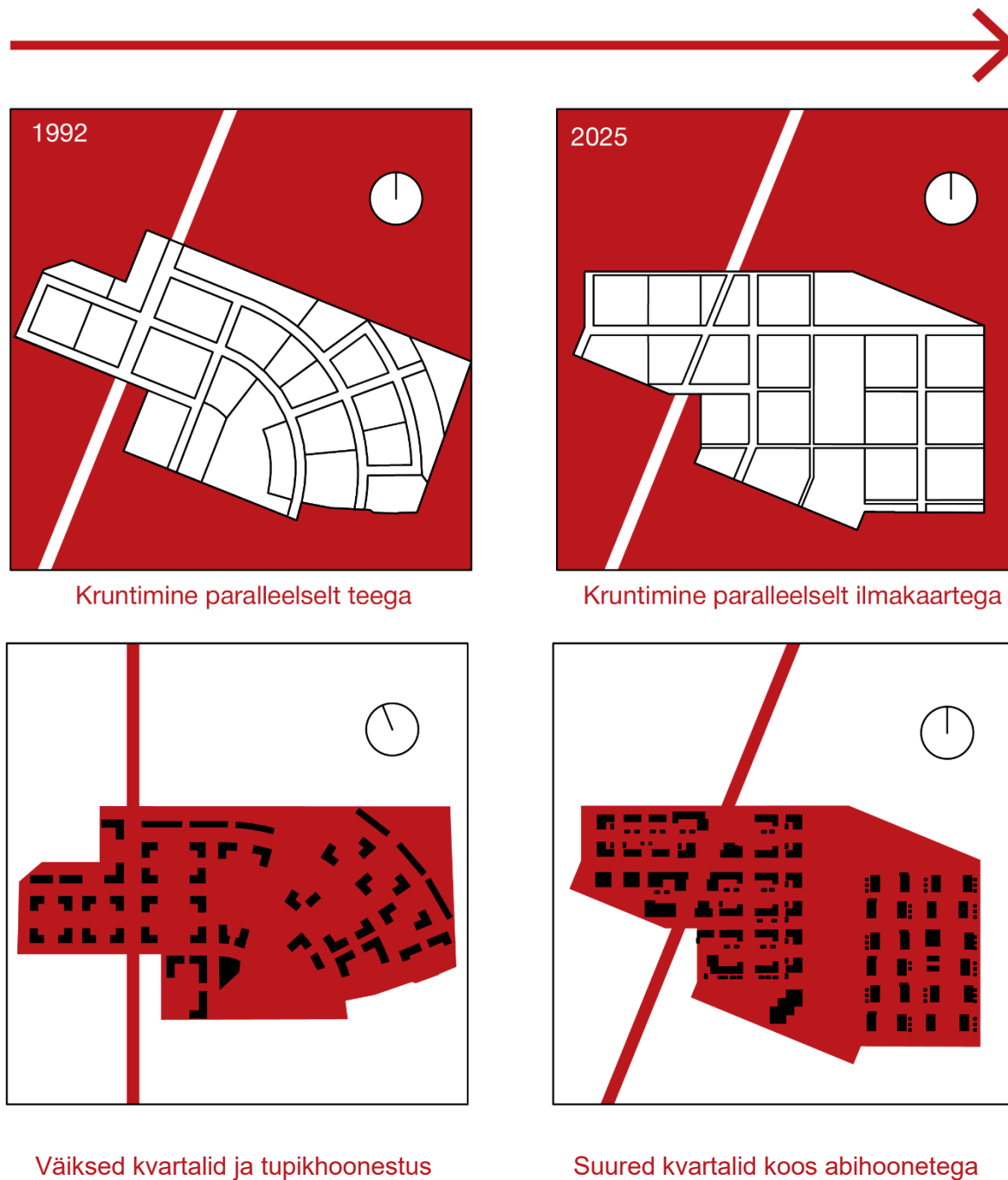
ZEN-kvartali ruumiline korraldus peegeldab terviklikku ja inimkeskset lähenemist linnakeskkonna kujundamisele. Magistraaltänava äärsete hoonete esimesed korrused on kavandatud aktiivse kasutusega – seal paiknevad avalikud teenused, fassaadid moodustavad ilmastikukaitselisi varjualuseid ning esimesed korrused liituvad sujuvalt maapinnaga, tagades ligipääsetavuse ja visuaalse avatuse. Jalgrattaparklad on integreeritud katusealustsse, soodustades rattakasutust igapäevase liikumisviisina. Pikemad liikumistrajektoorid on suunatud ühistranspordivõrgustikku, mis loob eeldused autovaba eluviisi toetamiseks. Kvartali keskosas on kavandatud kogukondlikud tegevusalad, mis toimivad nii sotsiaalse kui ruumilise sidususe kandjana.

Kvartali maapinnalõikest ilmneb, et sademevesi on suunatud koonduma kvartali keskele, kus seda kasutatakse kõrge ökoloogilise ja esteetilise väärtusega maastikuelementide kujundamiseks. See võimaldab rajada viljaka mullaprofiiliga peenraid ning tugevdada kohalikke rohevõrgustiku seoseid, pakkudes samal ajal ka mikrokliimat reguleerivaid ja elurikkust toetavaid lahendusi.

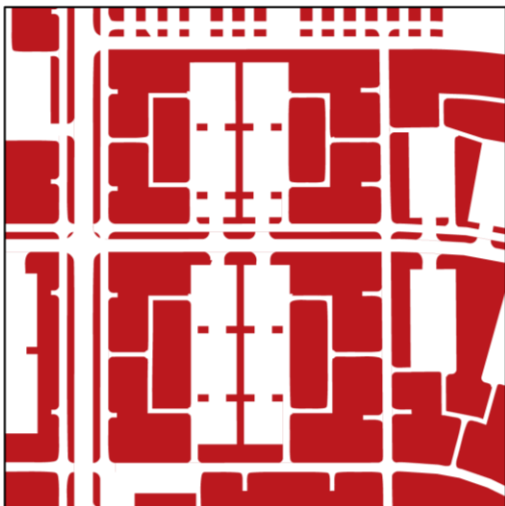


Joonis 52. ZEN Planeering

## 8.2 Eskiiside fundamentaalsed erinevused



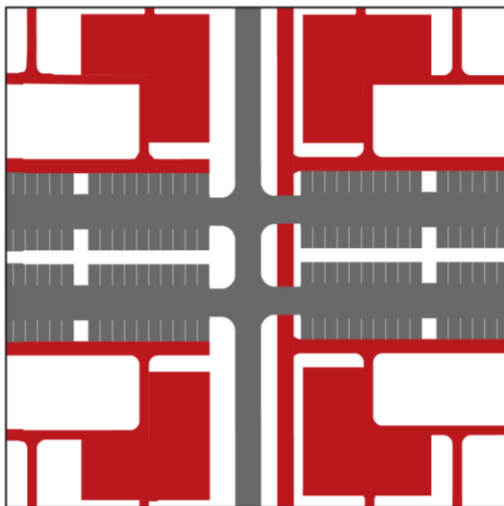
Joonis 53. BAU ja ZEN eskiisi Hoonestuse võrdlus



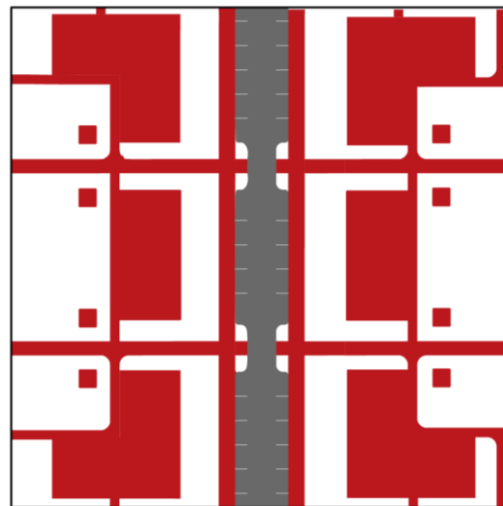
Katendid lõikuvad rohe ja sotsiaalvõrgustikega



Vähem katkevad rohe- ja sotsiaalvõrgustikud



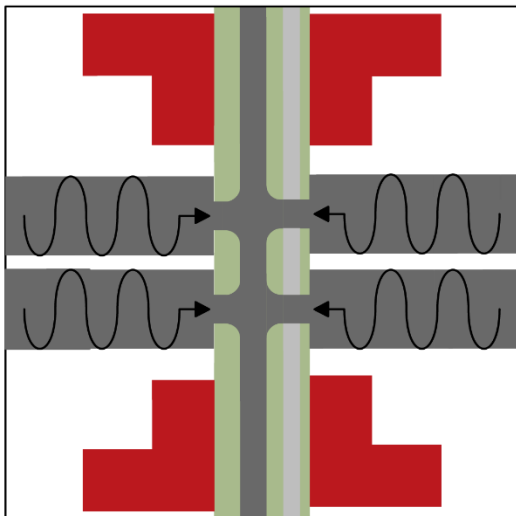
Tüüpiline parkimisskeem



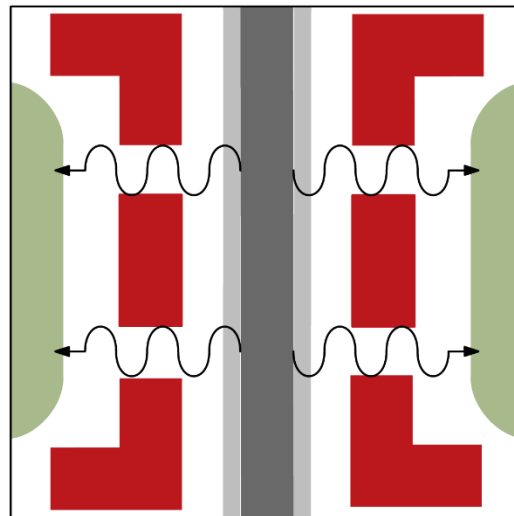
Jagatud transpordi parkimisskeem

Joonis 54. BAU ja ZEN eskiisi liikumisskeemi võrdlus

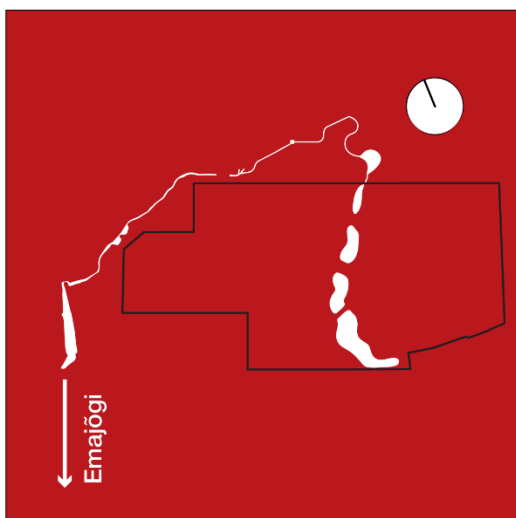




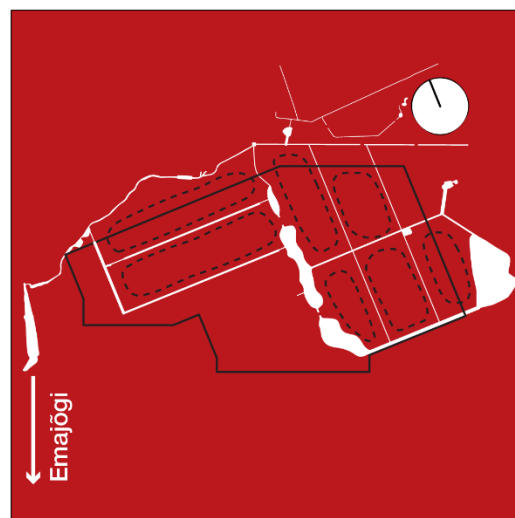
Sademevesi on suunatud väiksema  
Roheväärtusega alale



Sademevesi on suunatud suurema  
Roheväärtusega alale



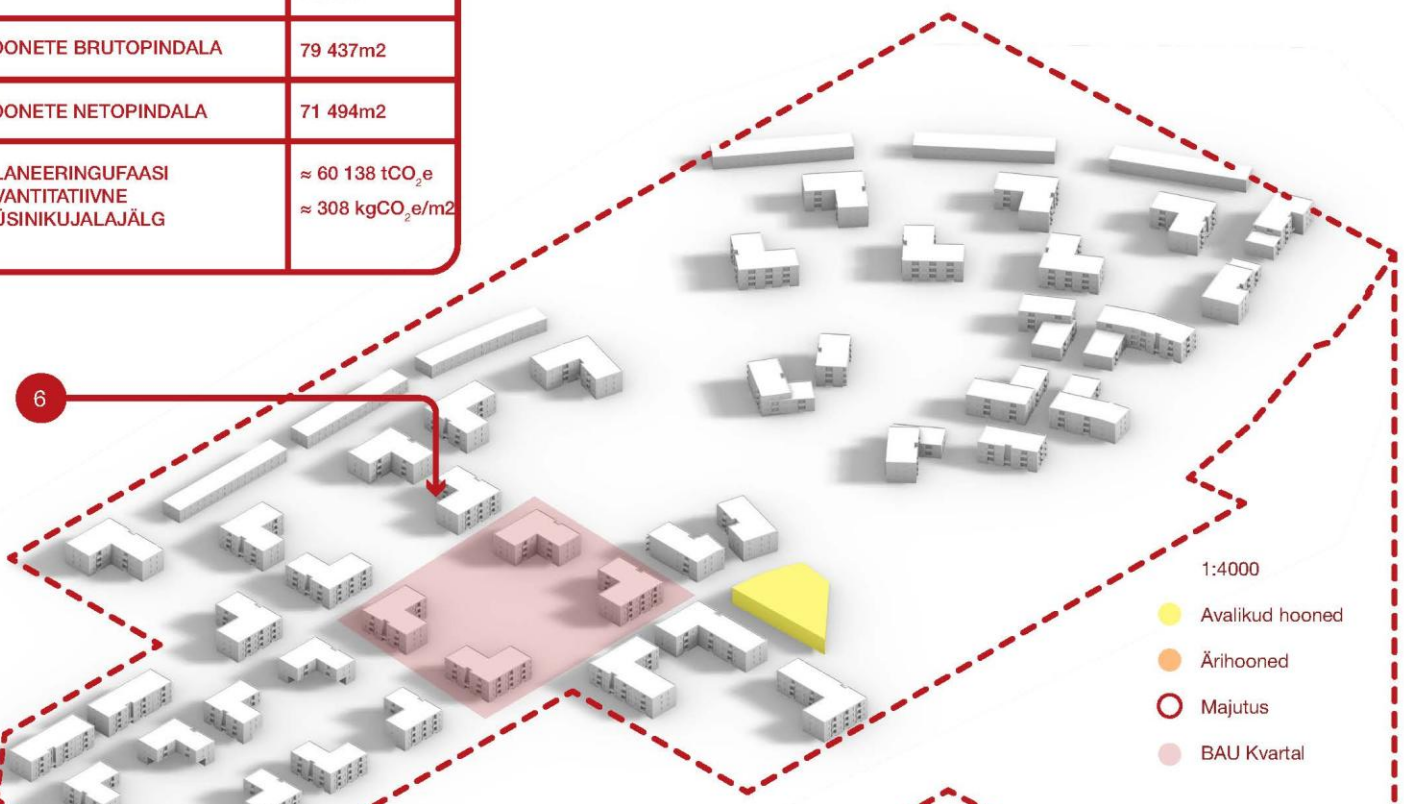
Lineaarne sademevee võrgustik



Ringne sademevee võrgustik

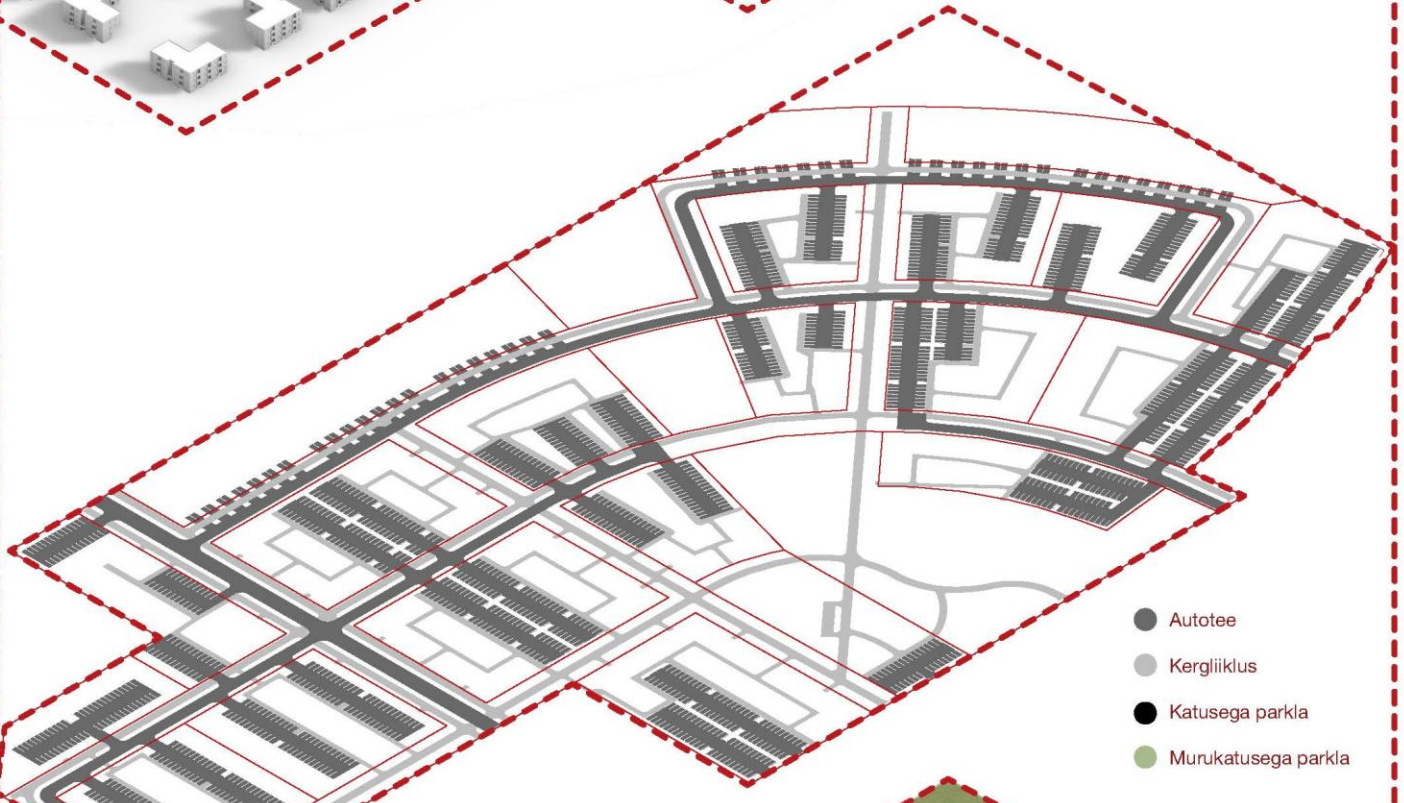
Joonis 55. BAU ja ZEN eskiisi Hoonestuse võrdlus

PLANEERING PINDALA	19.5ha
HOONETE BRUTOPINDALA	79 437m <sup>2</sup>
HOONETE NETOPINDALA	71 494m <sup>2</sup>
PLANEERINGUFAASI KVANTITATIIVNE SÜSINIKUJALAJÄLG	≈ 60 138 tCO <sub>2</sub> e ≈ 308 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>



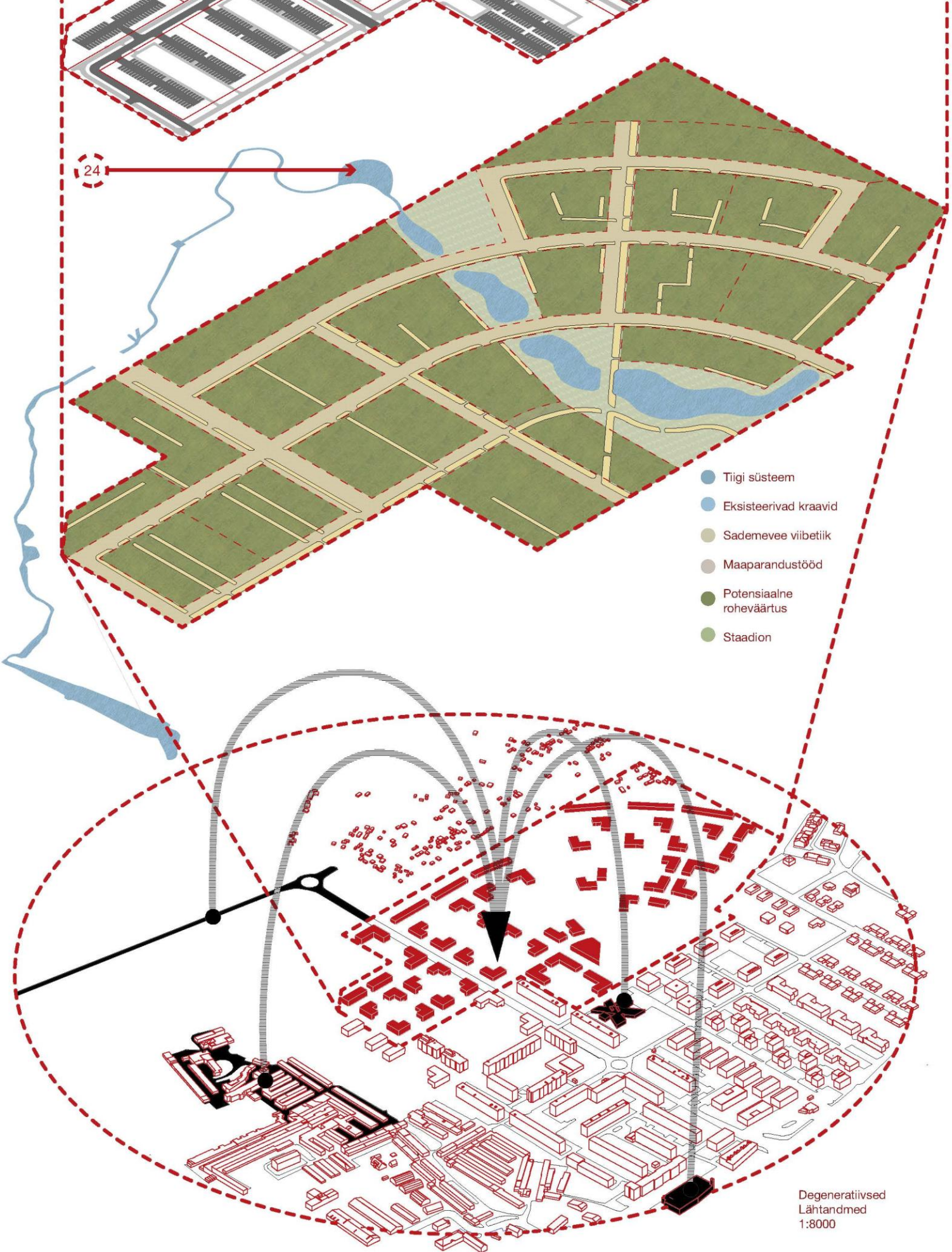
1:4000

- Avalikud hooned
- Ärihooned
- 6 Majutus
- BAU Kvartal



- Autotee
- Kergliiklus
- Katusega parkla
- Murukatusega parkla

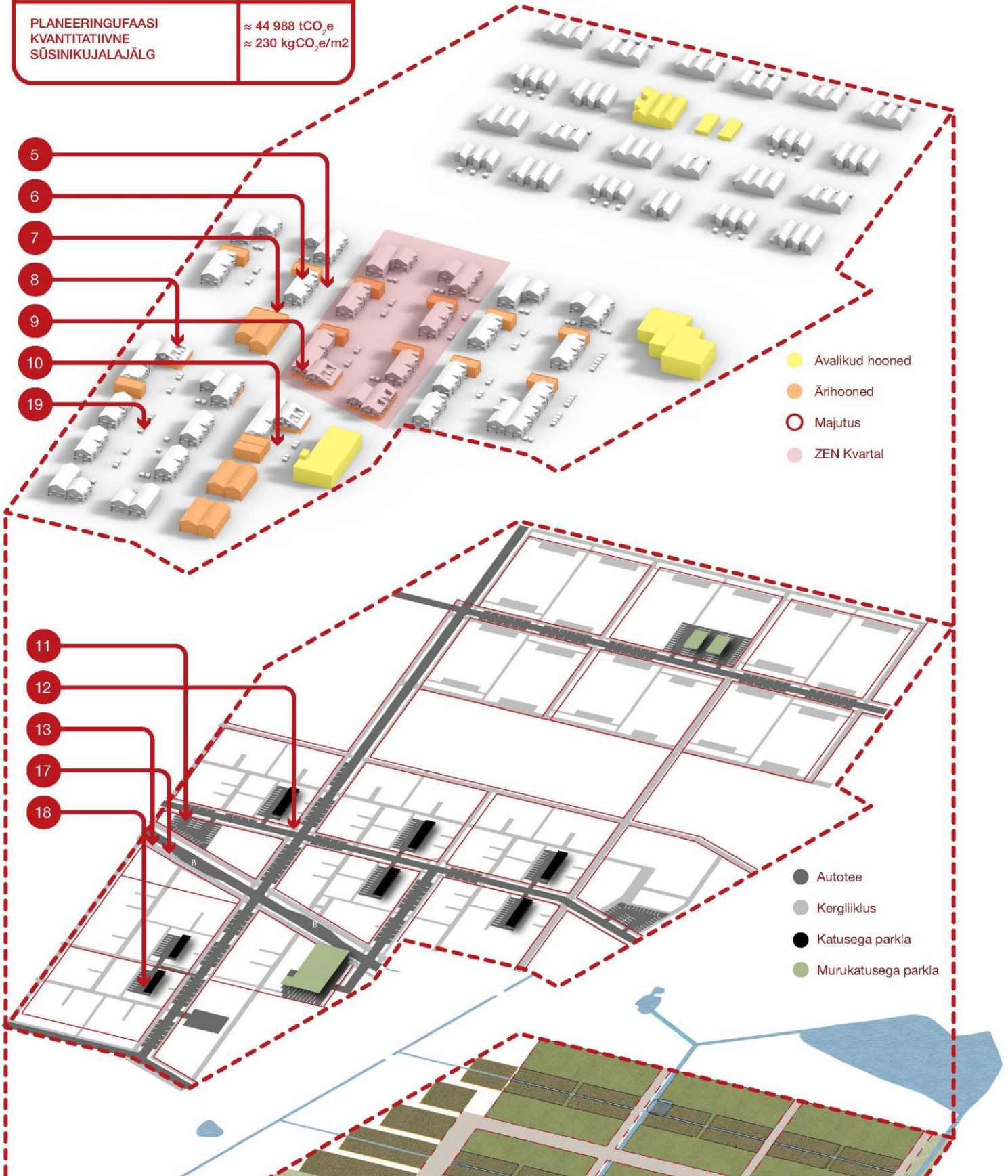
24

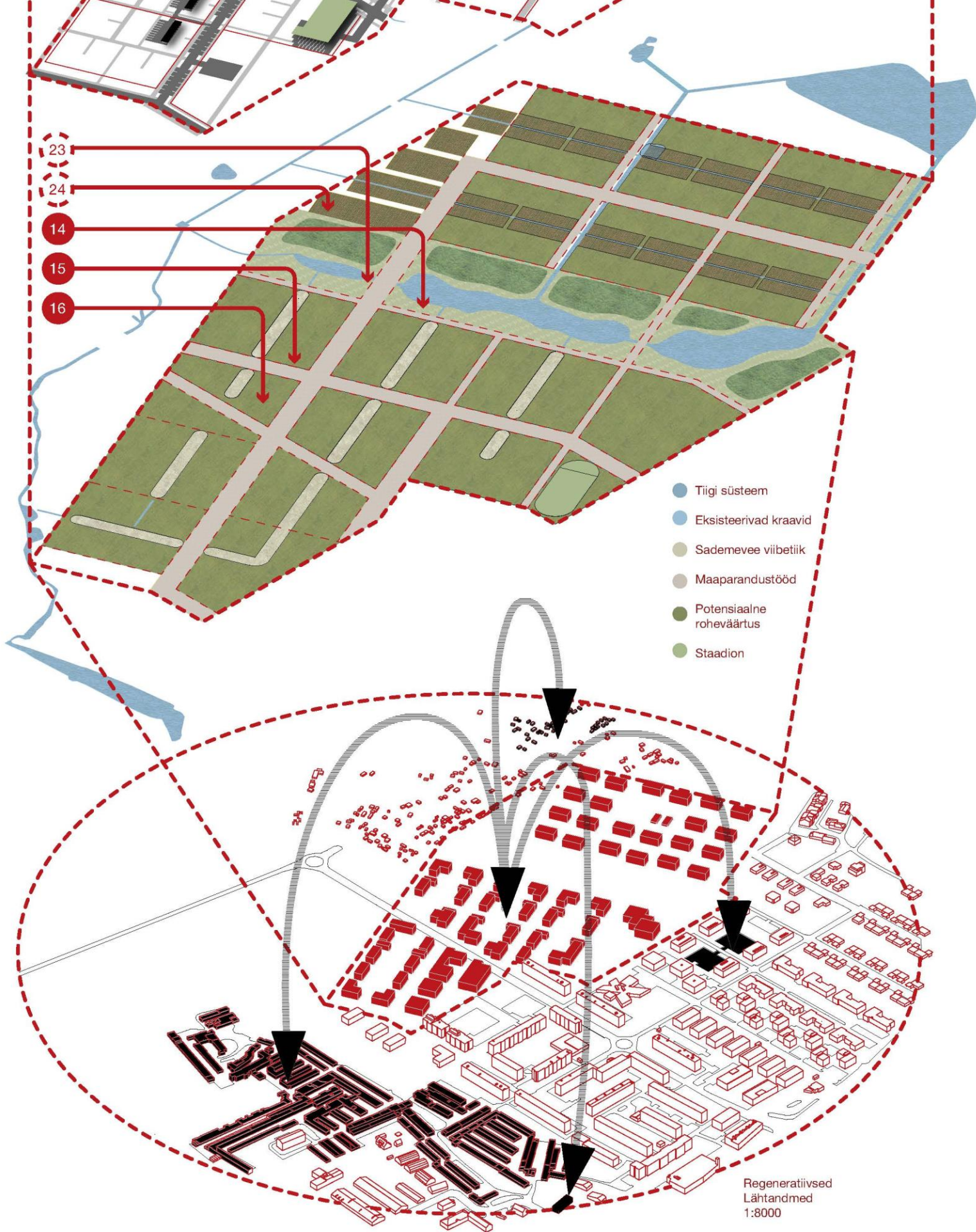


- Tiigi süsteem
- Eksisteerivad kraavid
- Sademevee viibetiik
- Maaparandustööd
- Potentsiaalne roheväärtus
- Staadion

Degeneratiivsed  
Lähtandmed  
1:8000

PINDALA	19,5ha
HOONETE BRUTOPINDALA	78 087m <sup>2</sup>
HOONETE NETOPINDALA	71 494m <sup>2</sup>
PLANEERINGUFAASI KVANTITATIIVNE SÜSINIKUJALAJÄLG	≈ 44 988 tCO <sub>2</sub> e ≈ 230 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>





23

24

14

15

16

- Tigi süsteem
- Eksisteerivad kraavid
- Sademevee viibetiik
- Maaparandustööd
- Potentsiaalne roheväärtus
- Staadion

Regeneratiivsed  
Lähtrandmed  
1:8000

KANDEKONSTRUKTSIOON: RAUDBETOON (3-4k PSI)	≈ 23 980 tCO <sub>2</sub> e	≈ 12 240 tCO <sub>2</sub> e	KANDEKONSTRUKTSIOON: PUITKARKASS
VÄLISVIIMISTLUS: KROHVFASSAAD	≈ 13 220 tCO <sub>2</sub> e	≈ 13 590 tCO <sub>2</sub> e	VÄLISVIIMISTLUS: VIIMISLETUD LAUDIS
SISEVIIMISTLUS: RESIDENTAAL	≈ 14 570 tCO <sub>2</sub> e	≈ 14 400 tCO <sub>2</sub> e	SISEVIIMISTLUS: RESIDENTAAL
KVJ: RESIDENTAAL	≈ 2780 tCO <sub>2</sub> e	≈ 2730 tCO <sub>2</sub> e	KVJ: RESIDENTAAL
HOONE (A1-A3) SÜSINIKU- JALAJÄLG	≈ 57 580 tCO <sub>2</sub> e ≈ 725 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	≈ 42 960 tCO <sub>2</sub> e ≈ 550 kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>2</sup>	HOONE (A1-A3) SÜSINIKU- JALAJÄLG

AUTOTEE (13 300m <sup>2</sup> )	≈ 211.7 tCO <sub>2</sub> e	≈ 138.69 tCO <sub>2</sub> e	AUTOTEE (9854m <sup>2</sup> )
PARKLA (35 792m <sup>2</sup> )	≈ 501.03 tCO <sub>2</sub> e	≈ 152.88 tCO <sub>2</sub> e	PARKLA (10 921m <sup>2</sup> )
KERGLIIKLUS (24 061m <sup>2</sup> )	≈ 169.92 tCO <sub>2</sub> e	≈ 222.73 tCO <sub>2</sub> e	KERGLIIKLUSTEE (31 539m <sup>2</sup> )
LIIKLUSTARISTU (A1-A3) SÜSINIKUJALAJÄLG KOKKU	≈ 882.69 tCO <sub>2</sub> e	≈ 514.3 tCO <sub>2</sub> e	LIIKLUSTARISTU (A1-A3) SÜSINIKUJALAJÄLG KOKKU

HOONETE EHITUSALUNE PIND (27 770m <sup>2</sup> )	≈ 280.17 tCO <sub>2</sub> e	≈ 327.08 tCO <sub>2</sub> e	HOONETE EHITUSALUNE PIND (30 035m <sup>2</sup> )
TEEKATENDITE ALUNE PIND (73 152m <sup>2</sup> )	≈ 731 tCO <sub>2</sub> e	≈ 532 tCO <sub>2</sub> e	TEEKATENDITE ALUNE PIND (52 314m <sup>2</sup> )
HINNANGULISED PINNASETÖÖD	≈ 1011.17 tCO <sub>2</sub> e	≈ 859.08 tCO <sub>2</sub> e	HINNANGULISED PINNASETÖÖD

METSAMAA MUUTUS (19.5ha)	≈ 665 tCO <sub>2</sub> e	≈ 655 tCO <sub>2</sub> e	METSAMAA MUUTUS (19.5ha)
HINNANGULINE MAA MUUTUS	≈ 665 tCO <sub>2</sub> e	≈ 655 tCO <sub>2</sub> e	HINNANGULINE MAA MUUTUS

Joonis 58. Kvantitatiivse jalajälje võrdlus

Paremal BAU ja Vasakul ZEN

## 8.3 Kvalitatiivsed meetodid

Süsinikujalajälje vähendamise ning kestliku ruumilise arengu saavutamiseks on oluline arvestada linnaehituslike ja maakasutuslike teguritega, sh asustustihedus, hoonetüpoloogia, tänavavõrgustik, avalik ruum ja liikumisvõimalused. Need tegurid toetavad ressursside tõhusamat kasutust ja loodusliku süsinikusidumise suurenemist ning rohealade arvu kasvu.

ZEN-projektis on linnaehituslike eesmärkide täitmiseks võõrandunud olemasolevast üldplaneeringust ja 1992. aasta kruntimisplaani piirangutest, mis võimaldavad käsitleda erinevaid tiheduse ja funktsionaalsuse mustreid.

Linnaehituse ja maakasutuse võtmetulemusnäitajad (KPI-d) on sõnastatud juhistena, mis aitavad kvantifitseerida planeeringu kvaliteeti. Need KPI-d toetavad laiemalt ka eesmärke, mis on seotud elukvaliteedi, kliimamuutustega kohanemise, bioloogilise mitmekesisuse ja sotsiaalse õiglusega. Meetodikad on mõeldud rakendamiseks eelkõige linnapiirkondades ja äärelinnades, sest nende sobivus väheasustatud aladele võib olla piiratud.

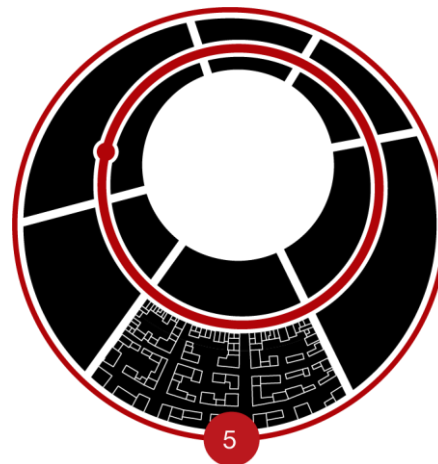
KPI-sid saab kasutada kahel viisil: reaktiivselt – olemasolevate planeeringute hindamiseks, ja proaktiivselt – varajases etapis suuniste andmiseks ning planeerimisotsuste kujundamiseks näiteks üld- või detailplaneeringu koostamisel.

Linnaehitus	8.3.1	Asustustihedus
	8.3.2	Hoonestustihedus
	8.3.3	Hoonetüüp
	8.3.4	Funktsionaalsed katusepinnad
	8.3.5	Aktiivsed fassaadid
Funktsioonid	8.3.6	Maakasutuse mitmekesisus
	8.3.7	Ligipääs teenustele
Tänavad	8.3.8	Ristumistihedus
	8.3.9	Funktsionaalne tänav
	8.3.10	Avaliku ruumi osakaal
Roheruum	8.3.11	Krundi rohefaktor
	8.3.12	Puude säilitamise ja istutamise koefitsent
Transport	8.3.13	Ligipääs ühistranspordile
	8.3.14	Parkimishooned
	8.3.15	Jagamismajandus
Materjalid	8.3.16	Taaskasutatavad materjalid
	8.3.17	Ringmajanduse potentsiaali kaardistamine
	8.3.18	Visuaalne keskkonnateadlikkus

Joonis 59. Planeerija mõjusfääri jäävate kvantitatiivsete meetodite loend

## 8.3.1 Asustustihedus

Valginnastumine ja autokeskne planeerimine on peamised tegurid, mis suurendavad nii ehitus- kui ka transpordisektori süsinikujalajälge.<sup>104</sup> Hajus asustustruktuur suurendab autostumist ja sellest tulenevaid heitmeid, samas kui tihedam ja funktsionaalselt segatud linnaruum võimaldab igapäevaseid toiminguid teha jalgsi või ühistranspordiga. Elukohtade, töökohtade ja teenuste koondumine jalgsikäigu kaugusele vähendab transpordivajadust ning toetab madala heitega liikumisviiside kasutuselevõttu.



Joonis 60. Asustustihedus

	Asustustihedus
Eesmärk	Toetada ühistranspordi kasutust, tugevdada kohalike teenuste turgu, suurendada jalgsikäigu ja rattasõidu osakaalu, võimaldada jagamismajanduse teenuseid (nt autode jagamine, tark laadimine, targad elektrivõrgud).
Kirjeldus	Elanike ja töökohtade koguarv keskmiselt 1 km jalgsikäigu kaugusel plaanitaval alal.
Meetod	GIS-kaardistamine, Place syntax tool(PSI), Rahvastikuprognosisid
KPI ettepanek	Elanike ja töökohtade keskmise tiheduse alusel 1 km jalgsikäigu kaugusel plaanitavas piirkonnas: ZEN: > 10 000 kasutajat/km BAU: 5 000 – 10 000 kasutajat/km
Olulisus	3%

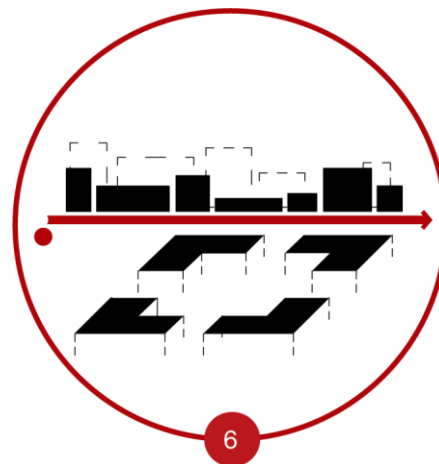
Joonis 61. Jätksuutliku asustustiheduse kvantifitseerimine

<sup>104</sup> Rohetiiger, Ehitusteekaart 2040.2023.



## 8.3.2 Hoonestustihedus

Meetodi eesmärk on toetada ruumiefektiivsust ja resurssitõhusust, soodustades kõrge hoonestustihedusega kvartalite kujundamist. Selline tihedus võimaldab olemasoleva linnaruumi paremaks kasutamiseks tihendada juba välja arendatud alasid, ilma et haarataks uusi looduslikke või põllumajanduslikke maa-alasid. Samuti loob see eelduse energiatõhusate süsteemide, nagu kaugkütte, kaugjahutuse ja nutivõrkude rakendamiseks. Hoonestustihedus väljendatakse brutopõrandapinna suhtena krundi pindalasse (*FAR – floor area ratio*).



Joonis 62. Hoonestustihedus

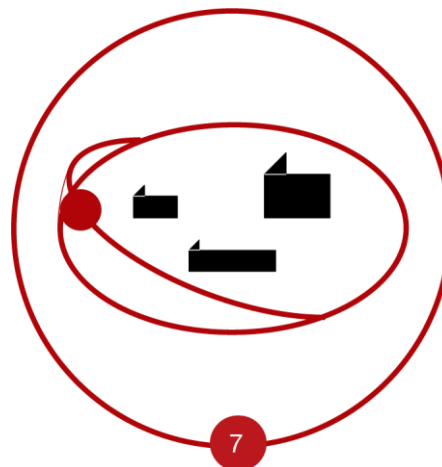
Jaamamõisa linnaosas varieerub keskmine hoonestustiheduse näitaja (FAR) märkimisväärselt – paneel eramutega hoonestatud aladel ulatub see kuni 2.2-ni, samas kui paariselamutega aladel on see keskmiselt 0,9. Kuigi kõrgem tihedus võib teoreetiliselt soodustada tõhusamat maakasutust, näitab Jaamamõisa varasem ruumiline areng, et ülemäärane tihendamine võib kaasa tuua vastureaktsiooni. Näiteks algatasid paneelmajade elanikud aiamaa harimisega, mis paratamatult getostus. Sellest järeldub, et olemasolev tihedusest (FAR 1,9) ei maksa üle astuda ning pole varasema praktika kogemusel põhjendatud ületada senist maksimaalset FAR-i, vaid keskenduda pigem kvaliteetsele FARile olemasoleva tihedusstruktuuri sees.

	Hoonestustihedus (FAR)
Eesmärk	Lua tingimused madalamateks kasvuhoonegaaside heitkogusteks, säästes rohealasid ning vähendades materjalikulu hoonetes ja infrastruktuuris elaniku kohta. Teatud hoonestustihedus on vajalik nii teenuste mitmekesisuse kättesaadavuseks kui ka nende teenuste klientuuri tagamiseks.
Kirjeldus	GIS-kaardistus. Punktid määratakse linnakruntidele, mis sisaldavad eluruumi. (Oluline on eristada tihedust ja eluasemete kvaliteeti)
Meetod	Kvartali hoonestustihedus (brutopõrandapind (GFA) / krundi pindala (PA))
KPI ettepanek	Kvartalite hoonestustihedus Jaamamõisas: ZEN: 1 – 2 BAU: alla 1 (või rohkem kui 2)
Olulisus	2%

Joonis 63. Jätkusuutliku hoonestustiheduse kvantifitseerimine

### 8.3.5 Hoonetüüp

Hoonete paigutus ja kasutusotstarve mõjutavad oluliselt elutingimusi ja harjumusi. Hoonetüübid on tihedalt seotud kruntimisega, mis omakorda mõjutab jätkusuutlikkust – näiteks rohealade osakaalu võrreldes betoonpindade ning erasõidukite kasutamise määraga. Parim praktika on eelistada korterelamuid ühepereelamute asemel<sup>105</sup> ja jagatud ruumilahendused üldise põrandapinna vähendamiseks nagu ühisköögid, pesuköögid ja polüfunktsionaalsed ruumid.



Joonis 64. Hoonetüüp

Hoonete kompaktsusteguriga kirjeldatakse mitmesuguseid pindala, mahu ja välispiirete omavahelise tõhususe näitajaid. Kuna hoone energiatõhusust halvendav soojuskadu toimub läbi välispiirete, on selle pindalal otsene mõju süsinikujalajäljele nii energiatõhususe kui materjalidele.<sup>106</sup> Kuigi kompaktsustegurist tänapäeval ei räägita, siis rakendatakse neid juba energiasimulatsioonides. Tööriistad nagu Revitisse sisseehitatud Autodesk Insight suudab eelprojekti BIM mudelite põhjal A1-A3, B6 mooduli võrdlusi teha. Sellegipoolest on linnaplaneeringus lihtsustatud eesmärgiks langetada ühepereelamute ja paarismajade osakaalu naabruskondades, mis loob ka elamuturu taskukohasust, säilitades arendusvabaduse.

	Hoonetüüp
Eesmärk	Eesmärk on vähendada ühepereelamute osakaalu ja soodustada mitmepereelamute kavandamist. See aitab vähendada elaniku kohta arvestatavat põrandapinda, hoone välispiirete pindala ning sellest tulenevat materjalikulu ja energiavajadust. Tihedam elamutüüp toetab ka ühistranspordi kasutust ja vähendab vajadust erasõidukite järele.
Kirjeldus	Ühepere- ja paarismajade osakaal kõigist eluruumidest, sealhulgas korteritest.
Meetod	Ühepere- ja paarismajade arv jagatud kõikide eluruumide koguarvuga (sealhulgas korterid) planeeringualal.
KPI ettepanek	Ühepere- ja paarismajade osakaal: ZEN: < 30% BAU: > 30%
Olulisus	3%

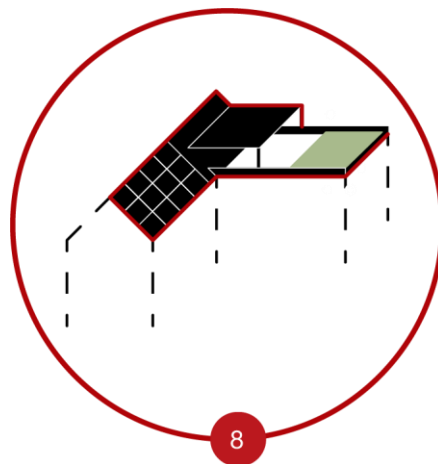
Joonis 65. Jätkusuutliku hoonetüübi kvantifitseerimine

<sup>105</sup> T. Häkkinen, M. Kuittinen, Madalsüsinikehituse Suunas.2021 lk 94-101.

<sup>106</sup> T. Häkkinen, M. Kuittinen, Madalsüsinikehituse Suunas.2021 lk 111.

### 8.3.6 Multifunktsionaalsed katusepinnad

Uusarendustes tuleks katusepindu käsitleda kui aktiivset ruumiresurssi. Eestis rajatakse rekordiliselt maapõhiseid päikeseparke,<sup>107</sup> kuigi päikesepaneelide potentsiaal oleks otstarbekam realiseerida seal, kus energia ka tarbitakse – linnas. Selleks, et saavutada liginullenergiahoonet, on taastuenergia tootmine ainuvõimalus<sup>108</sup> ning selleks tuleks rakendada kõigi uute hoonete katused vähemalt energia tootmiseks. Võib ka luua rohekihte või rajada kogukondlikke sotsiaalseid alasid. Rohekatused aitavad lisaks süsiniku sidumisele vähendada hoone jahutusvajadust läbi jahutuse, reguleerib sademevee äravoolu ja seeläbi vähendab veetöötuse energiatarvet.<sup>109</sup>



Joonis 66. Multifunktsionaalsed katusepinnad

	Multifunktsionaalsed hoonete katused
Eesmärk	Katusealade kujundamine võib hõlmata taastuenergia tootmist, süsiniku sidumist taimede abil ja/või vabaõhualade loomist sotsiaalseteks tegevusteks ja puhkuseks.
Kirjeldus	Hoone katusepinna osakaal, mida kasutatakse kas energia tootmiseks, sotsiaalseteks funktsioonideks või rohealana.
Meetod	Nende funktsioonide jaoks kasutatava katusepinna osakaal kogu hoone jalajäljest.
KPI ettepanek	Katusepinna funktsionaalse kasutuse osakaal (kõik funktsioonid kokku): ZEN: > 50% BAU: < 50%
Olulisus	2%

Joonis 67. Jätakuuutliku katusepinna kvantifitseerimine

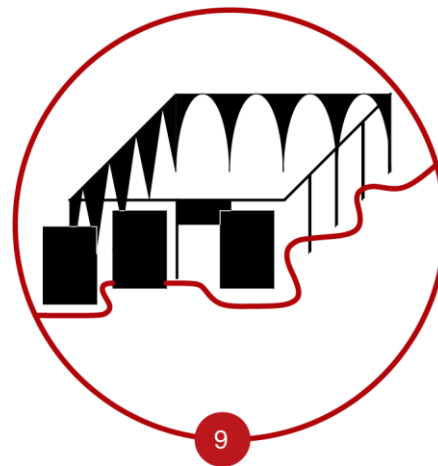
<sup>107</sup> Lõunaestlane, Pärnumaal Avati Baltimaade Suurim Enam Kui 77 MW Tootmisvõimsusega Päikesepark. 2024, [https://lounaestlane.ee/parnumaal-avati-baltimaade-suurim-enam-kui-77-mw-tootmisvoimsusega-paikeseepark/?utm\\_source=chatgpt.com](https://lounaestlane.ee/parnumaal-avati-baltimaade-suurim-enam-kui-77-mw-tootmisvoimsusega-paikeseepark/?utm_source=chatgpt.com) (Vaadatud 22.04.2025).

<sup>108</sup> TalTech, Liginullenergiahooned. Väikeelamu Näidisprojekti Juhendmaterjal. 2017, lk 87-91.

<sup>109</sup> U.S. Environmental Protection Agency, Using Green Roofs to Reduce Heat Islands. 2023, <https://www.epa.gov/heat-islands/using-green-roofs-reduce-heat-islands> (vaadatud 22.04.2025).

### 8.3.7 Aktiivsed fassaadid

Hoone paigutus ja esimese korruse avatus mõjutavad otseselt tänavaruumis toimuvat sotsiaalsetsidusust elanike ja mõõdujatega. Kui hooned on orienteeritud tänavale, nende esimesed korrused on läbipaistvad, võimalusel ligipääsetavad ning sisaldavad erinevaid funktsioone (nt ärid, teenused, kogukonнаруmid), toetab see elavat tänavaelu ja loob eeldused sotsiaalseks võrgustumiseks. Vastupidiselt on paneelelamute rajoonides hooned sageli monoliitsed ja eemale tõukuvad, lõigates läbi võimalikud dialoogid ja isoleerides elanikud. Näiteks soklikorrus või tänavatasemest kõrgem esimene korrus piirab silmsidet ja juhuslikku kontakti, mis on oluline kogukondliku sidususe jaoks. Lisaks mõjutab fassaadi aktiivsus ka elanike motivatsiooni hoonet hooldada, mis omakorda mõjutab nii hoone tehnilist kui ka sotsiaalset eluiga (vt joonis 17).



Joonis 68. Aktiivsed fassaadid

Fassaadide aktiivsust hinnatakse kategooriates A–C (C=Kryuchkova), arvestades kolme näitajat: sissepääsude tihedust, funktsioonide mitmekesisust ja fassaadi läbipaistvust. See võimaldab planeerimisel hinnata ja kujundada ruumilahendusi, mis tugevdavad linnaruumi sotsiaalset kvaliteeti.

	Aktiivsed fassaadid
Eesmärk	Aktiivsed hoonefassaadid tänavatasandil, millele on juurdepääs otse tänavalt, on olulised Maakasutuse mitmekesisuse, Ligipääs mitmekesistele teenustele, kohaliku majanduse ning sotsiaalselt turvaliste ja atraktiivsete tänavate tingimuste loomiseks
Kirjeldus	Aktiivsete hoonefassaadide osakaal peamiste tänavate ääres või naabruskonnas, lähtudes sissepääsude tihedusest, funktsioonide mitmekesisusest ja fassaadi läbipaistvusest
Meetod	GIS-kaardistamine või käsitsi mõõtmine Google Mapsis või muudes kaardirakendustes ning tulemuste esitamine tabelina. Iga fassaadijoone klassifikatsioon määratakse vastavalt kahele kategooriatele, lähtudes sissepääsude tihedusest, funktsioonide mitmekesisusest ja fassaadi läbipaistvusest. Kaardistatakse ainult peamiste teede äärsed fassaadid
KPI ettepanek	Aktiivsete fassaadide osakaal: ZEN: > 80% fassaadidest kuuluvad kategooriatesse A Vaheamm: 20–80% fassaadidest kuuluvad kategooriatesse A BAU: < 20% fassaadidest kuuluvad kategooriasse A, B
Olulisus	3%

Joonis 69. Jätkusuutliku fassaadi kvantifitseerimine

Fassaadi kriteeriumid	Sissepääsude arv	Funktsioonide arv	Läbipaistvus (avatäitete osakaal)
1. korrusel	(100m kohta)		

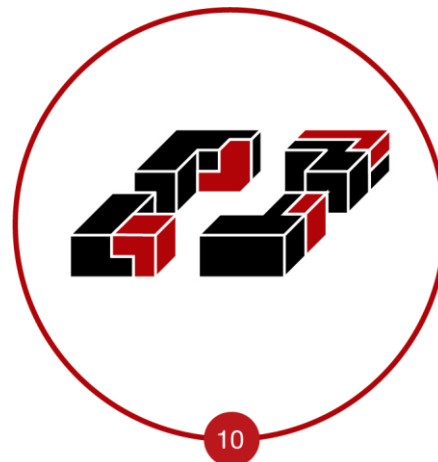
Kategooria A	10-20 Sissepääsu	>2 tüüpi	< 40 %
Kategooria B	2-10 sissepääsu	>1 tüüpi	< 80 %
Kategooria C	2 sissepääsu	1 tüüpi	> 80 %

Joonis 70. Aktiivse fassaadi kategoriseerimine

Andmed: ZEN raport no. 63E

### 8.3.10 Maakasutuse mitmekesisus

Maakasutuse mitmekesisus viitab naabruskonna funktsionaalsele tasakaalule – eelkõige elanike ja töötajate jaotusele 500 meetri jalgsikäigu raadiuses. Mida mitmekesisem ja tasakaalustatum on see jaotus, seda paremini toimib piirkond igapäevaseks eluks – paraneb teenuste kättesaadavus ning tekib piisav kliendibaas kohalikele ettevõtetele. Optimaalseks peetakse olukorda, kus elanike ja töötajate suhe jääb vahemikku 10–90% kuni 90–10%, ideaalina aga võimalikult lähedale 50/50 suhtele.<sup>110</sup> Kui BAU-eskiislahendus oli täielikult elamufunktsiooniga ehk klassikaline magalarajoon, siis ZEN-stsenaariumis kavandatakse funktsioonideks ligikaudne 30/70 suhe töötajate ja elanike vahel, mis toetab elavat, multiotstarelist ja kestlikku linnaruumilist struktuuri.



Joonis 71. Maakasutuse mitmekesisus

	Asustustihedus
Eesmärk	Toetada ühiskasutust, teenuste ja mugavuste kättesaadavust, sotsiaalset turvalisust ning suurendada säästvate transpordivõimaluste potentsiaali, mis omakorda vähendab jagatud teenuste ja transpordiga seotud kasvuhoonegaaside heitmeid.
Kirjeldus	Elanike koguarv ja töötajate koguarv asumi piires või 500m raadiuses
Meetod	GIS kaardistamine koos <i>Place Syntax Tool</i> iga
KPI ettepanek	Tasakaal tööliste ja elanike vahel: ZEN: 40 – 60% residendid Vahesamm: 20 – 40 või 60 - 80% residendid BAU: alla 20% või rohkem kui 80%
Olulisus	2%

Joonis 72. Jätksuutliku maakasutuse kvantifitseerimine

<sup>110</sup> UN-Habitat, A New strAtegy of sustAinAble Neighbourhood plAnning: Five Principles. 2015.

### 8.3.4 Ligipääs teenustele

Ligipääs teenustele on kestliku linnaplaneerimise võtmetegur, mis mõjutab otseselt transpordivajadust ja seeläbi ka naabruskonna süsinikujalajälge. 15-minutilise linna kontseptsiooni järgi peaksid töö, haridus, esmatarbekaubad, tervishoid ja vaba aja veetmise võimalused olema kättesaadavad maksimaalselt 15-minutilise jalgsikäigu või rattasõidu kaugusel elukohast.<sup>111</sup> Selline ruumiline korraldus vähendab sõltuvust autotranspordist, toetab kohalikke teenuseid ning võimaldab elanikel igapäevaseid toimetusi teha energiatõhusalt ja ajasäästlikult. Planeerimisel tähendab see vajadust hajutada funktsioone naabruskonna sees ning luua tihe ja hästi ühendatud teenuste võrgustik, mis toetab ühtlasi sotsiaalset kaasatust.



Joonis 73. Ligipääs teenustele

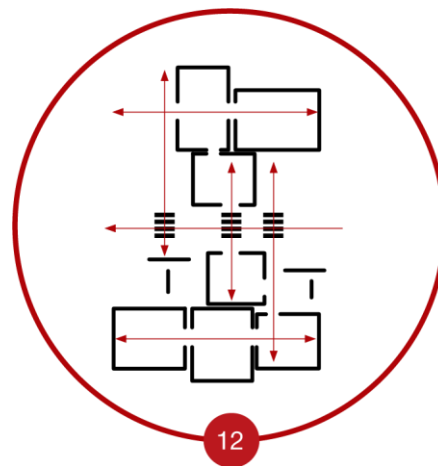
	Ligipääs teenustele
Eesmärk	Mitmekestiste teenuste ja mugavuste kättesaadavus jalgsikäigu kaugusel on oluline sotsiaalse võrdsuse ja linnakeskkonna atraktiivsuse seisukohast, samuti säästvate liikumisviiside kasutamise suurendamiseks.
Kirjeldus	Vähemalt 90%-le piirkonna elanikest ja töötajatest peab olema 1 km jalgsikäigu kaugusel tagatud ligipääs järgmisele viiele linnafunktsioonide kategooriale: 1. Ühistransport; 2. Regionaalne ühistransport; 3. Haridusasutused; 4. Kohalike teenuste keskus; 5. Avalik ruum
Meetod	GIS-kaardistus Place Syntax tööriista või muu GIS-tarkvara abil, mis võimaldab mõõta jalgsikäigu kaugust. Alternatiivina võib jalgsikäigu kaugust mõõta käsitsi Google Mapsi või muude kaarditeenuste abil ning esitada tulemused tabelina.
KPI ettepanek	Ligipääsetavate teenusekategoriate arv: ZEN: rohkem kui 4 ligipääsetavat kategooriat Vahesamm: 3 ligipääsetavat kategooriat BAU: 0–2 ligipääsetavat kategooriat
Olulisus	2%

Joonis 74. Jätkusuutliku ligipääsetavuse kvantifitseerimine

<sup>111</sup> C. Moreno, et al., Introducing the '15-Minute City': Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. – Smart Cities, Vol. 4, no. 1, 2021, lk 93–111.

### 8.3.8 Tänavate ristumise tihedus

Ristmike tihedus on üks olulisemaid tänavavõrgu kujundamise parameetreid, mis mõjutab otseselt liiklusohutust,<sup>112</sup> ruumilist läbipääsetavust ja liikumisvabadust. Hästi ühendatud tänavavõrk, kus ristmikke esineb tihedalt, soodustab jalgsi ja jalgrattaga liikumist ning loob eeldused tihedamaks suhtluseks ümbritsevate naabruskondadega – nii sotsiaalses kui ka majanduslikus mõttes. Lisaks sellele võib tihe ristmikuvõrgustik suunata elanikke vabatahtlikult eelistama säästlikke liikumisviise, nagu jalakäimine, rattasõit või ühistransport, eriti juhul, kui tänavaruumi on teadlikult jalakäijasõbralikumaks kujundatud. Seega on ristmike tihedus oluline näitaja liikumiskäitumise ja linnaruumilise sidususe kujundamisel.



Joonis 75. Tänavate ristumistihedus

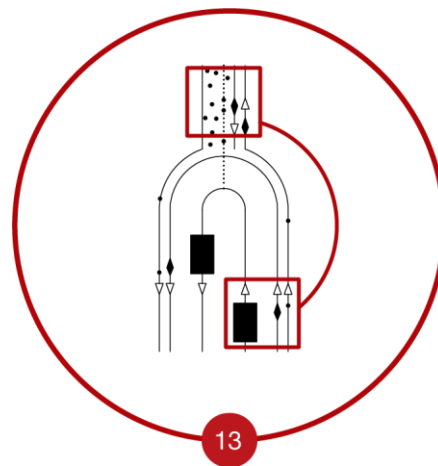
	Tänavate ristumise tihedus
Eesmärk	Luaa tingimused, mis soodustavad jalgsi ja jalgrattaga liikumist ning suurendavad liiklusohutust liiklust rahustavate meetmete kaudu. Ristmike tihedus on „võrgustiku ruudustiku suuruse” näitaja, mis mõjutab lähte- ja sihtpunkti vahemaid mitmeotstarbeliste sõitude puhul ning on seetõttu oluline lühikeste vahemaadega naabruskondade saavutamiseks.
Kirjeldus	Tänavatel, kus on sõidukiliiklus (välja arvatud jalakäijatetänavad ja kõnniteed), mõõdetakse jalakäijate ülekäiguradade vahekaugust.
Meetod	Lähtudes tänavavõrgu kaardist, mõõdetakse jalakäijate liiklussõlmede vahelised kaugused planeeringualas, sealhulgas lähim sõlm kõigil planeeringualast väljuvatel marsruutidel. Tänavate ristmike tihedus arvutatakse kui planeeringuala keskmine tänavapikkus ristmike vahel.sissepääsude tihedusest, funktsioonide mitmekesisusest ja fassaadi läbipaistvusest. Kaardistatakse ainult peamiste teede äärsed fassaadid
KPI ettepanek	Tänavate ristmike vahekaugus: ZEN: < 150 meetrit BAU: > 150 meetri
Olulisus:	1%

Joonis 76. Jätkusuutliku ristumistiheduste kvantifitseerimine

<sup>112</sup> G. Stavroulaki, M. B. Pont, A SYSTEMATIC REVIEW OF MULTIFUNCTIONAL STREETS\_Final Research Report. 2020, <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.21921.63840> (vaadatud 10.03.2025).

### 8.3.9 Funktsionaalne tänav

Jalakäija- ja jalgrattasõbralik tänavaruumi kavandamine on tiheda tänavavõrguga linnakeskkonnades oluliselt tõhusam, kuna see toetab paremat liikumisvõimalust ning ligipääsu ühistranspordile. Maailma parimate rattalinnade ühine tunnus on kvaliteetsed, katkematud ja turvalised rattateed. Tänavad, kus prioriteet on jalgsi- ja jalgrattaliiklusel ning ühistranspordil, suudavad tipptundidel teenindada rohkem inimesi kui autokesksed tänavad.



Joonis 77. Funktsionaalne tänav

Tõhusaks liikumiskeskkonnaks on vajalik piirata liikluskiirust, rajada laiad ja eraldatud kõnniteed ning rattateed, eriti kõrge liikluskoormusega aladel. Vähemalt 50% tänavaruumist peaks olema kohandatud jalakäijate ja jalgratturite vajadustele, et tagada turvaline, mugav ja eelistatud liikumisviis. Ülejäänud 50% liikumisruumist dikteerib ühistranspordi võrgustik.

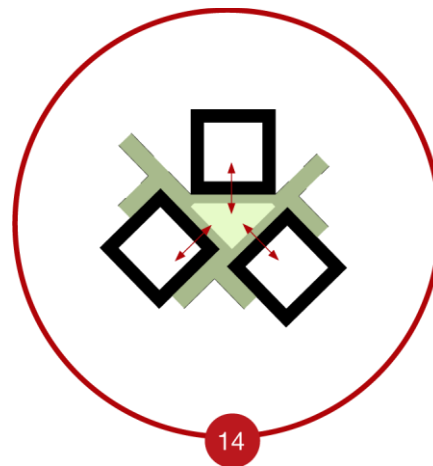
	Funktsionaalsed tänavad
Eesmärk	Lua tingimused, mis soodustavad rohkem jalgsi ja jalgrattaga liikumist ning suurendavad maakasutuse tõhusust transpordisüsteemis.
Kirjeldus	Jalakäijatele ja jalgratturitele sobiva tänavavõrgu osakaal.
Meetod	Lähtudes planeeringuala kaardist, arvutatakse kõigi tänavate kogupikkus ning nende tänavate osakaal, mis vastavad jalakäimise ja jalgrattasõidu tingimustele.
KPI ettepanek	ZEN: 100% tänavatest on sobivad jalgsi ja rattaga liikumiseks. BAU: < 100% tänavatest pole sobivad jalgsi ja rattaga liikumiseks
Olulisus	3%

Joonis 78. Jätkusuutliku tänava kvantifitseerimine



### 8.3.10 Avaliku roheruumi osakaal

Avaliku rohelise ruumi olemasolu ja ulatus mõjutavad otseselt nii linna ökoloogilist toimivust kui ka elanike heaolu. Lisaks süsiniku sidumisele aitab roheline taristu vähendada hoonete energiavajadust – näiteks rohekatused toetavad sademevee juhtimist ning loovad jahutava efekti, mis vähendab omakorda hoonete kütmis- ja jahutustarvet. Piisavas mahus kavandatud rohealadel on ka mitmeid kaasnevaid kasulikke mõjusid: need toetavad elurikkust, parandavad vee- ja õhukvaliteeti, suurendavad mulla viljakust ning aitavad kaasa kliimarisiki vähendamisele, sh põuade, kuumalaine ja üleujutuste korral. Lisaks loovad rohealad rekreatiivseid võimalusi ja sotsiaalset sidusust.<sup>113</sup>



Joonis 79. Avaliku roheruumi osakaal

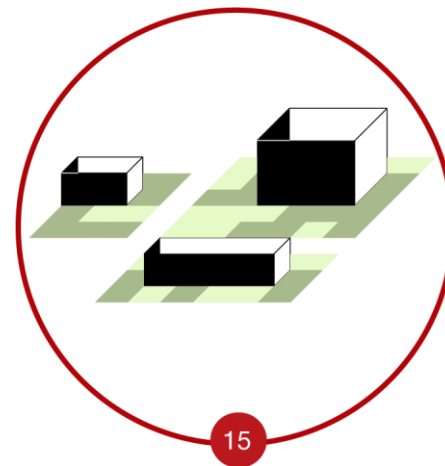
	Avalike rohealade osakaal
Eesmärk	Roheline ja vett läbilaskev avalik avatud ruum loob tingimused looduslikuks süsinikusidumiseks, mikrokliima loomiseks ning rikastab elukeskkonda
Kirjeldus	Igal elanikul oleks 500m kaugusel kättesaadav kvaliteetne roheline väliala, mille pindala on vähemalt 0,2 hektarit. Rohealade osakaalu mõõdetakse kogu maa pindala osakaaluna naabruskonnas, mis sisaldab igast hoonest 500 meetri linnulennul asuvat puhvertsooni. Parim praktika on rajada parke, rohelisi mänguväljakuid ja rohekoridore.
Meetod	Rohealade osakaal arvutatakse protsentuaalse osana rohealadest 500 m raadiuses iga hoone või kvartali ümber. Rohekatused ei kuulu selle näitaja alla, kuna neid hõlmab pt „Multifunktsionaalsed katused“.
KPI ettepanek	Rohelise avaliku ruumi osakaal: ZEN: > 15% Vaheamm: 10 - 15% BAU: < 10 %
Olulisus	2%

Joonis 80. Jätkusuutliku rohealade kvantifitseerimine

<sup>113</sup> N. Kabisch, et al., The Role of Urban Green Spaces in Mitigating Climate Change: An Integrative Review of Ecological, Social, and Health Benefits. – *Frontiers in Environmental Science*, 2024, [https://www.researchgate.net/publication/385678900\\_The\\_Role\\_of\\_Urban\\_Green\\_Spaces\\_in\\_Mitigating\\_Climate\\_Change\\_An\\_Integrative\\_Review\\_of\\_Ecological\\_Social\\_and\\_Health\\_Benefits](https://www.researchgate.net/publication/385678900_The_Role_of_Urban_Green_Spaces_in_Mitigating_Climate_Change_An_Integrative_Review_of_Ecological_Social_and_Health_Benefits), lk 10-13.

### 8.3.11 Krundi roheväärtus

Roheväärtuse ehk rohefaktori meetodi eesmärk on tasakaalustada ehitustegevusest tulenevat keskkonnakoormust, tagades piisava haljastuse säilimise ning toetades uue rohelise taristu rajamist krundi tasandil. Meetod soodustab allesjääva taimestiku kvaliteedi säilitamist ja mitmekesistamist, suurendades nii linna üldist ökoloogilist vastupanuvõimet.<sup>114</sup> Linnaruumi tihenedes muutub haljastuse roll veelgi olulisemaks – rohealad toetavad kliimamuutustega kohanemist, vähendades üleujutuste riski, jahutades linnaruumis kujunevaid kuumasaari ning seob õhust süsinikku.<sup>115</sup> Tegu



Joonis 81. Krundi roheväärtus

on ühe olulisema tööriistaga, et kohalikud omavalitsused saaksid tiheneva linnaruumi tingimustes säilitada elukeskkonna kvaliteeti ja valmistuda kliimamuutuste mõju leevendamiseks. Oluline märkus on, et Turku linnas on Sini-roheline koefitsent,<sup>116</sup> mis oleks kõige ratsionaalsem meetod, mida rakendada vastavalt pt „Kliimasoojenemine Eesti kontekstis“ välja toodud mõjudes.

	Kruntide roheväärtus
Eesmärk	Roheline ja vett läbilaskev ruum loob tingimused looduslikuks süsinikusidumiseks, mikrokliima loomiseks ning rikastab elukeskkonda
Kirjeldus	Vett läbilaskva rohealapiinna osakaal kruntidel, välja arvatud kunstlikult rajatud rohelusega kaetud pinnad (nt rohekatused). Aladele ligipääsetavus ei ole piiravaks teguriks.
Meetod	GIS-kaardistamine või käsitsi mõõtmine Google Mapsi või muude kaardirakenduste abil ning tulemuste esitus tabelina. Arvutatakse osakaal kogu planeeringualast. Arvutusmetoodika Tartu linna roheväärtus või Tallinna Linna rohefaktor või veel parem Turku Sini-rohelise koefitsenti (sinivihreä kerroin)
KPI ettepanek	Roheväärtus(KRV): ZEN: 0.9 või kõrgem > 30%  Vahesamm: 0.9 või kõrgem 15 - 30%  BAU: 0.9 või kõrgem < 15 %
Olulisus	2%

Joonis 82. Jätkusuutliku roheväärtuse kvantifitseerimine

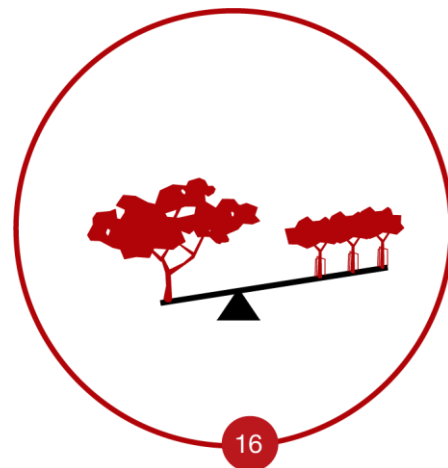
<sup>114</sup> Tallinna Linnavalitsus, Rohefaktor. 2024, <https://www.tallinn.ee/et/ehitus/rohefaktor> (vaadatud 22.04.2025).

<sup>115</sup> Tartu Linnavalitsus, Üldplaneering 2040 – Loodus- Ja Rohekeskkond. 2024, [https://gis.tartulv.ee/pohilahendus/ylplaneering2040/loodus/?page=page\\_24](https://gis.tartulv.ee/pohilahendus/ylplaneering2040/loodus/?page=page_24) (vaadatud 22.04.2025).

<sup>116</sup> Turun kaupunki, Sinivihkerroin. 2024, <https://www.turku.fi/rakentaminenrakentamisen-ohjeet-jalomakkeet/sinivihkerroin> (vaadatud 22.04.2025).

### 8.3.12 Puude säilitamine ja istutamine

Metsade ja parkide säilitamine, arukas haldamine ning laiendamine on linnade jaoks kriitilise tähtsusega kliimamuutuste mõju leevendamisel – seda teab iga tartlane. Puud seovad pika aja jooksul märkimisväärses koguses süsinikku, tehes seda suhteliselt väikesel maa-alal. Eriti olulist rolli mängivad tänavapuud, mis parandavad õhukvaliteeti, pakuvad varju ning aitavad stabiliseerida linna mikrokliimat. Lisaks keskkonnamõjudele toetavad tänavapuud ka liiklusohutust, toimides visuaalsete ja füüsiliste elementidena, mis aitavad vähendada sõidukiirust ning rahustada liiklusvoogu.



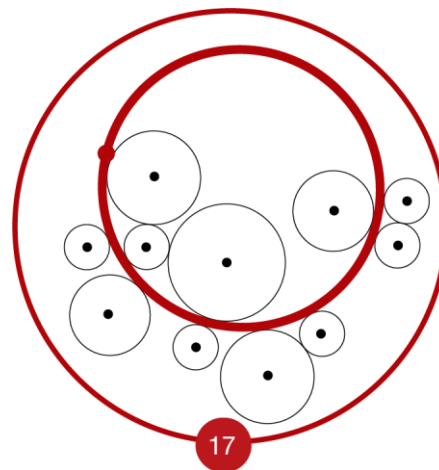
Joonis 83. Puude säilitamine  
Ja istutamine

	Puude säilitamine ja istutamine
Eesmärk	Puud soodustavad süsiniku sidumist ning pakuvad lisaks mitmeid kaasnevaid hüvesid, nagu parem õhukvaliteet, temperatuuritasakaal, rekreatiivne väärtus, elurikkus ja liiklusrahustus
Kirjeldus	Uute puude istutamine ja olemasolevate hooldamine peaksid olema projekti keskne osa. Vaja on üldplaani olemasolevate puude säilitamiseks ja juhiseid uute istutamiseks.
Meetod	Olemasolevate puude kaardistamine GIS-vahenditega või käsitsi (nt Google Maps) ning esitamine tabeli kujul.
KPI ettepanek	ZEN: Projektil on plaan olemasolevate puude säilitamiseks ja uute istutamiseks BAU: Iga maha võetud puu eest istutatakse x puud asemele, aga väljapoole krundi piiridest.
Olulisus	1%

Joonis 84. Jätksuutlik puude kvantifitseerimine

### 8.3.13 Ligipääs Ühistranspordile

Juurdepääs ühistranspordile arvestab olemasolevate ja planeeritavate transpordisõlmede – näiteks rongi-, bussi-, trammi- või metroopeatuste – lähedust ja ühendusvõimalusi (vt joonis x). Planeerimise rakendusetapis põhineb hinnang olemasoleva ühistranspordivõrgu andmetel,<sup>117</sup> mis on kajastatud kehtivates detailplaneeringutes. Vahemaad arvutatakse orienteeruvalt planeeringuala geomeetrilise keskpunkti n.ö. raskuskeskme põhjal. Eskiislahenduses ZEN on bussipeatus planeeringu keskpunktiks.



Joonis 85. Ligipääs ühistranspordile

Ühistranspordi ligipääsetavuse hindamisel saab kasutada mitmeid digitaalseid allikaid, näiteks reisiplaneerijaid (nagu Peatus.ee) või kaardirakendusi (nt Google Maps), mis pakuvad teavet lähima peatuse kauguse ja transporditeenuste sageduse kohta nii tiptundidel kui madalama liikluskoormuse aegadel. Allpool kirjeldatud meetodikat saab rakendada nii olemasolevate kui ka kavandatavate peatuste ja ühenduste juurdepääsu hindamiseks.

	Ligipääsetavus ühistranspordile
Eesmärk	Soodustada sagedast ja kergesti ligipääsetavat ühistransporti kui kliimatõhusat liikumisviisi ZEN-naabruskondades, eesmärgiga vähendada tegevusfaasi transpordi kasvuhoonegaaside heidet
Kirjeldus	Kvalitatiivne näitaja arvutatakse viiepallisel skaalal (väga halb kuni väga hea) vastavalt kaugusele lähimast ühistranspordipeatusest ja väljumissagedusele tööpäeviti.
Meetod	NRVU meetodika (Norra reisiuuringu andmetel) <sup>118</sup>
KPI ettepanek	5 taset
Olulisus	5%

Joonis 86. Jätkusuutlik ühistranspordi ligipääsetavuse kvantifitseerimine

<sup>117</sup> Eesti Vabariigi Valitsus, Transpordi Ja Liikuvuse Arengukava 2021–2035. Eesti Vabariigi Valitsus, 2021, lk 13, <https://www.valitsus.ee/sites/default/files/documents/2021-11/Transpordi%20ja%20liikuvuse%20arengukava%202021%E2%80%932035.pdf>.

<sup>118</sup> TØI (Transportøkonomisk institutt), Den Nasjonale Reisevaneundersøkelsen 2018/19 – Nøkkelforberetning. Transportøkonomisk institutt, 2020, <https://www.toi.no/publikasjoner/den-nasjonale-reisevaneundersokelsen-2018-19-nokkelrapport>.

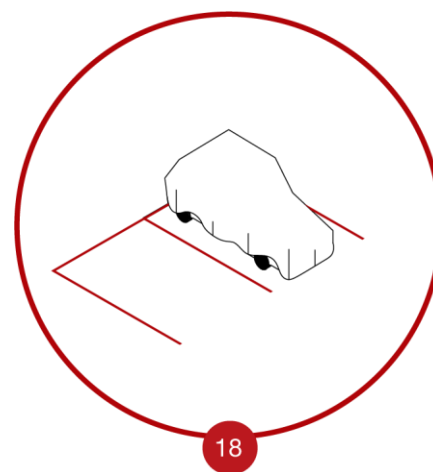
Distants peatusesse Sagedus, väljumised	< 1 km	1-1.5km	> 1.5km
Vähemalt 4 tunnis	5	4	1
2-3 tunnis	4	3	1
1 tunnis	3	2	1
harvem	2	1	1

Joonis 87. Jätkusuutlik ühistranspordi ligipääsetavuse kategooriad

Andmed: NRVU raport 2019<sup>119</sup>

### 8.3.14 Parkimishooned

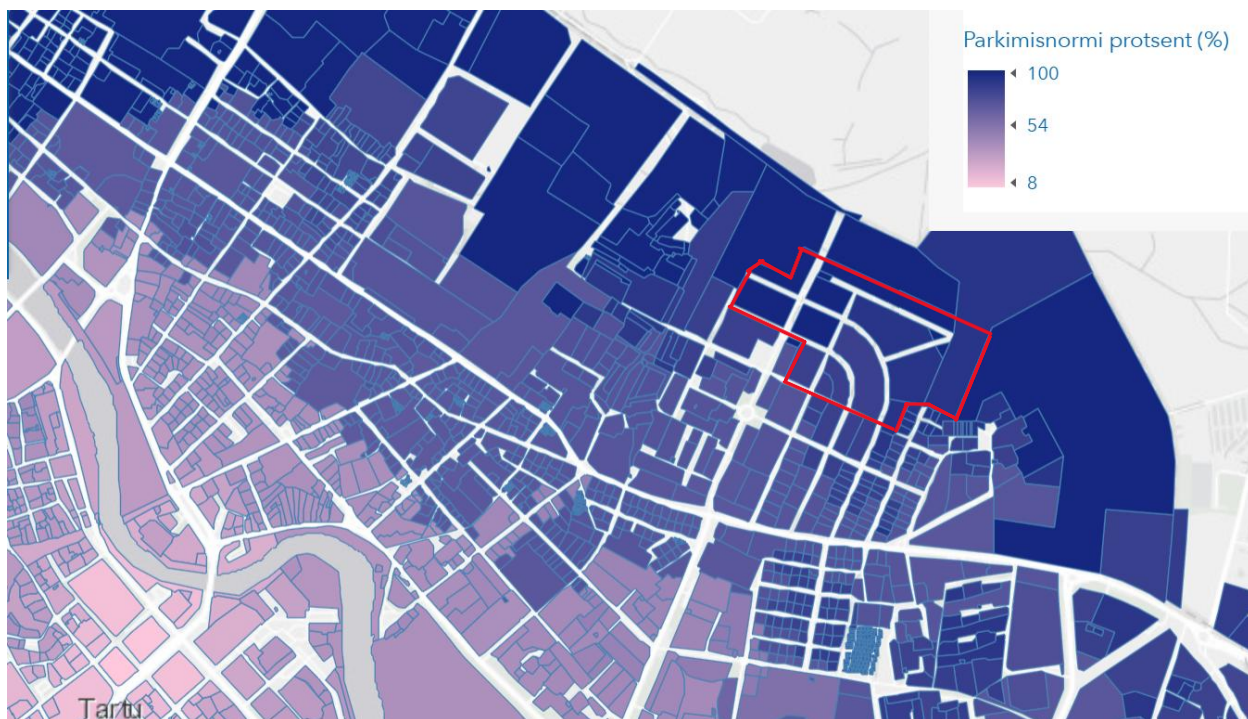
Naabruskondades, kus parkimiskohti on vähe või nende kasutamine on kallid, võivad elanike võimalused omada isiklikku autot olla piiratud. See võib tekitada rahulolematust, kuid samas võib selline olukord kujuneda ka võimaluseks liikumisharjumuste muutmiseks. Linnades, kus liikumisviisid sõltuvad suuresti isiklikest sõidukitest, kujuneb parkimisvõimaluste kättesaadavus kriitiliseks teguriks nii liikumisvabaduse kui ka elukeskkonna süsinikujalajälje seisukohalt.



Joonis 88. Parkimishooned

Just seda käsitleb antud meetod, mis hindab elanike füüsilist juurdepääsu autole ja jalgrattale eelkõige parkimiskohtade kaudu – sealhulgas ka nende olemasolu ajal, mil sõiduk ei ole kasutuses. Lisaks on fookuses jalgrattaparklate kujundus ja kvaliteeti, mis mõjutavad otseselt rattakasutuse mugavust ja turvalisust.

<sup>119</sup> Statens vegvesen, Om Den Nasjonale Reisevaneundersøkelsen. 2024, <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonal-transportplan/den-nasjonale-reisevaneundersokelsen/om-den-nasjonale-reisevaneundersokelsen/> (vaadatud 22.04.2025).



Joonis 89. Parkimisnormi protsent langetamise % vastavalt eksisteerivate teenuste ligipääsetavusele

Andmed: Tartu linnavalitsuse parkimisnorm<sup>120</sup>

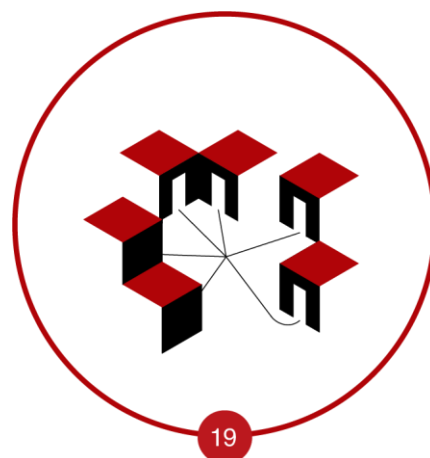
	Parkimishooned
Eesmärk	Vähendada eraviisilise sõiduki omamist ning soodustada aktiivsemaid liikumisviise (elektri-/jalgrattad) selle arvelt.
Kirjeldus	Autoparkimisvõimalused hinnatakse hooneühiku kohta pakutavate parkimiskohtade arvu alusel. Kvaliteetne jalgrattaparkla tagab juurdepääsu katuse all paiknevatele lukustatavatele rattahoidjatele, mis on soojendusega ja võimaldavad elektrirataste laadimist.
Meetod	Dokumentatsioon KOVi parkimisnormist ja kavandatud auto- ning jalgrattaparkla kohta.
KPI ettepanek	Mõju hinnatakse vastavalt pakutavate autoparkimiskohtade vähendamisele võrreldes normiga ja kvaliteetse jalgrattaparkla olemasolule. ZEN: parkimisnormilangemine ja jalgrattaparkla võimaldamine BAU: parkimisnormi täitmine
Olulisus:	7%

Joonis 90. Jätkusuutliku Parkimishooned kvantifitseerimine

<sup>120</sup> Tartu Linnavalitsus, Tartu Linna Parkimisnormid – GeoHub. 2024, <https://geohub.tartulv.ee/datasets/Tartu::parkimisnorm/explore?filters=eyJQYXJkaW50cm9mLW1pY25vc3R1cm9mLW1pY25vc3R1cm9mLW1pY25vc3R1cm9m&location=58.385675%2C26.758482%2C14.30&style=Parkimisnorm> (vaadatud 22.04.2025).

### 8.3.15 Jagamismajanduse rakendamine

Jagatavate funktsioonide osakaalu tõstmine toetab jagamismajanduse rakendamist ZEN-naabruskonnas, julgustades teadlikke ruumilisi lahendusi ja PPP investeeringuid ühiskasutuses olevatesse teenustesse ja rajatistesse. Jagamismajanduse toimimiseks vajalikud ruumid – näiteks kogukonna köögid, töökojad, jalgrattahoiukohad või külaliskorterid – aitavad suurendada pindalaefektiivsust ning vähendada kasvuhoonegaaside heitkoguseid, eriti hoonete kasutusfaasis. Ressursside ja teenuste ühine kasutamine tähendab väiksemat vajadust individuaalseks tarbimiseks, mis omakorda vähendab nii materjalikulu kui energiavajadust.



Joonis 91. Jagamismajanduse rakendamine

Jagamismajandus pakub ka sotsiaalset ja majanduslikku kasu: see loob võrdsemad võimalused ligipääsuks teenustele ja varadele, tugevdab usaldust kogukonnaliikmete vahel, vähendab omamis- ja hoolduskulusid ning võimaldab lihtsamat juurdepääsu kapitalile ja taristule. Samuti laieneb kaupade ja teenuste valik, suureneb teenusepakujate tulu teenimise potentsiaal ning soodustub teadmiste ja oskuste jagamine. Kõige olulisem on aga see, et jagamismajandus toimib jätkusuutliku alternatiivina tarbimiskeskusele.

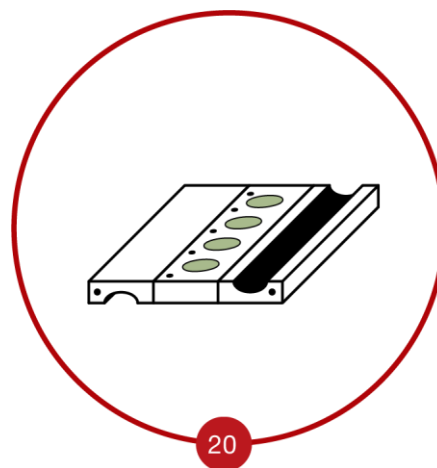
	Jagamismajandus
Eesmärk	Lua tingimused jagamismajanduse toimimiseks ZEN-naabruskonnas.
Kirjeldus	Tehakse investeeringuid, et võimaldada jagamismajandust. Ressursside ja teenuste ühine kasutamine vähendab heitmeid seoses pindalakasutusega ning kasutusfaasis vähendab see kasutajate tarbimisheitmeid.
Meetod	Dokumentatsioon selle kohta, et naabruskonnas on rakendatud jagatud ressurss või teenus. Ressurss või teenus peab olema dimensioneeritud vastavalt kasutajate arvule ning tuleb kommunikeerida kui palju heitmeid selle meetme rakendamisega välditakse. Parimate praktikate näited on toodud allpool.
KPI ettepanek	ZEN: 1. tase jagatud liikumisvõimaluse rakendamine, 2. tase jagatud ühiste ruumide rakendamine, 3. tase ühiste teenuste ja seadmete rakendamise eest BAU: Pole ühtegi jagatavat lahendust
Parimad praktikad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jagatud liikumine: elektriautod, elektrirattad, ühissõidud</li> <li>Ühised teenused: söökla, laadimistaristud, taastuenergia</li> <li>Ühised ruumid: abihood, pesemis-/majapidamisruumid, kontorid, spordisaalid, töökojad, ürituseruumid, külaliskorterid</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jagatud seadmed: aiatööriistad, köögitehnika, elektritööriistad, spordivarustus, suusahoidlad</li> <li>• Kogukonnaaed</li> <li>• Digirakendus, mis võimaldab jagamist</li> </ul>
Olulisus	5%

Joonis 92. Jätkusuutliku jagamismajanduse kvantifitseerimine

### 8.3.16 Taaskasutatud materjalid

Jätkusuutlike materjalide valik ei ole pelgalt kvantitatiivne otsus, kuna see ei tugine üksnes ühele parameetrile nagu hind või keskkonnamõju. Materjalihindamise puhul tuleb arvesse võtta ka nende elutsükli, sealhulgas jäätmeteket ja sellega seotud heitkoguseid. Antud meetod seab eesmärgiks hanketingimuste kujundamise viisil, mis välistab materjalidest tulenevate mõjude kandumise teistesse keskkonnamõju kategooriatesse, nagu näiteks toksilisus (vt joonis 14).



Joonis 93. Taaskasutatud materjalid

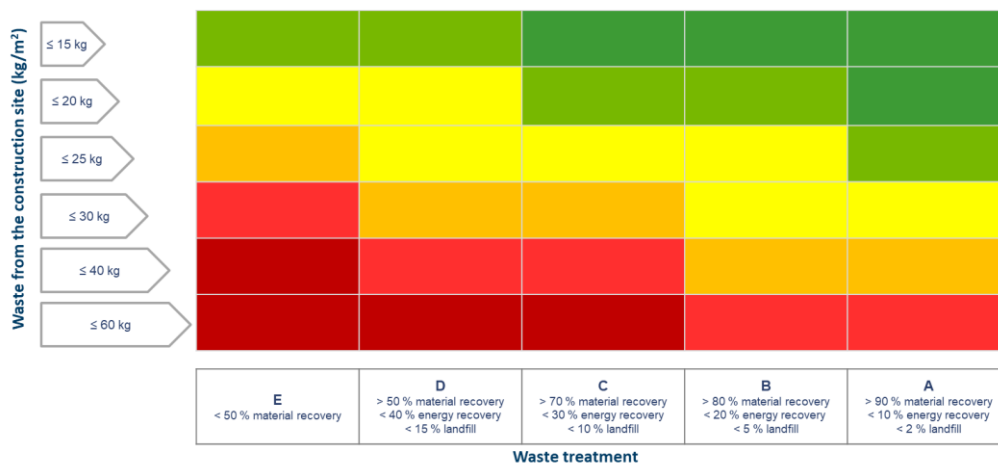
Selle saavutamiseks on vajalik analüüsida BAU-stsenaariumis kasutatavaid materjale ning hinnata nende alternatiive süstemaatiliselt, lähtudes ka jäätmeفاasi mõjust. Muudatused võivad ulatuda nii konstruktiivsele tasandile (nt betooni asendamine puiduga) kui ka väiksematesse detailidesse – näiteks avalikus ruumis, sealhulgas mänguväljakutel ja välistingimustes, tuleks vältida sünteetiliste plastide ja kummist valmistatud kattematerjalide (nt kunstmuru, kummimatid, graanulid) kasutamist.

	Jätkusuutlikud materjalid
Eesmärk	Hangete kaudu keskkonnamõjude vähendamine ja materjalide hankimine jätkusuutlikul viisil.
Kirjeldus	See KPI keskendub sellele, kuidas põhilised ehitusmaterjalid (puit, betoon, teras, alumiinium, kemikaalid, plast ja kumm) hangitakse nii, et vähendada keskkonnamõjusid, jäätmeid ning vältida probleemide nihkumist teistesse keskkonnakategooriatesse peale kasvuhoonegaaside heitmete.
Meetod	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puit ja puidupõhised tooted peavad pärinema säästva metsamajanduse põhimõtete järgi majandatud metsadest (FSC või PEFC sertifikaadiga).</li> <li>• Vähemalt 70% kasutatavast betoonist peab olema madala süsinikusisaldusega betoon (klass A või parem).</li> <li>• Vähemalt 75% kasutatavast terasest ja alumiiniumist peab olema taaskasutatud materjal (Eestis üldsielt ongi).</li> <li>• Ei tohi sisaldada ohtlikke aineid, mis on loetletud EL-i REACH nimekirjas.</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>Laste mänguväljakutel ja välistingimustes ei tohi kasutada sünteetilisi plast- ja kummipindu (nt kunstmuru, matid, plaadid, graanulid).</li> <li>Jäätmete hulk ja töötlemine peab vastama vähemalt rohelisele tasemele.</li> </ul>
KPI ettepanek	ZEN: kõik eespool nimetatud materjalinõuded on täidetud Vaheamm: jäätmekäitlusnõue on täidetud BAU: hangitakse majanduslikult soodsamaid ehitusmaterjale
Parimad praktikad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kasutada sertifitseeritud tooteid nt Svanemärket, EU Ecolabel, SINTEF tehniline kinnitus, ECOproduct indikaatorit ja EPDga tooteid.</li> <li>Välja vältida sünteetiliste pindade kasutust mänguväljakutel ja välistingimustes.</li> <li>Taaskasuta või sorteerida ehitus- ja lammutusjäätmeid</li> </ul>
Olulisus	2%

Joonis 94. Jätkusuutlike materjalide hanke kvantifitseerimine

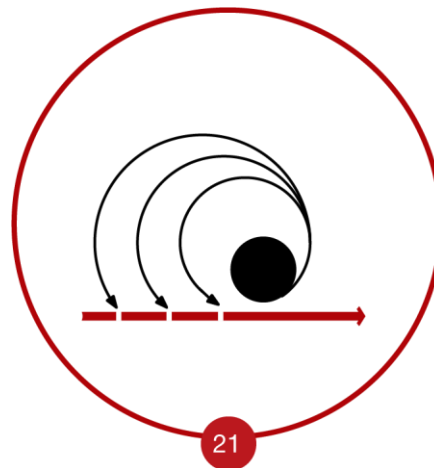


Joonis 95. Jäätmetekorraldus

Andmed: ZEN raport E63, lk 83

## 8.3.17 Ringmajanduse potentsiaali kaardistamine

Ringmajandusele üleminek keskendub heitmete vähendamisele ja kompenseerimisele, säilitades olemasolevaid hooneid ja taristut (nt konserveerimise ja renoveerimise kaudu) ning pikendades materjalide elutsüklit läbi taaskasutuse ja ringlussevõtu. Ajalooliste hoonete ja kultuuripärandi säilitamisel on lisaks keskkonnakasule ka oluline sotsiaalne ja kultuuriline väärtus. Roheliste väärtuste säilitamist käsitletakse eraldi linnaehituse ja roheruumi kategooriates. Analüüsi ulatus peab hõlmama kogu piirkonnas olemasolevat hoonestust, taristut ning tehnilisele materjalide taaskasutatamise potentsiaalile.



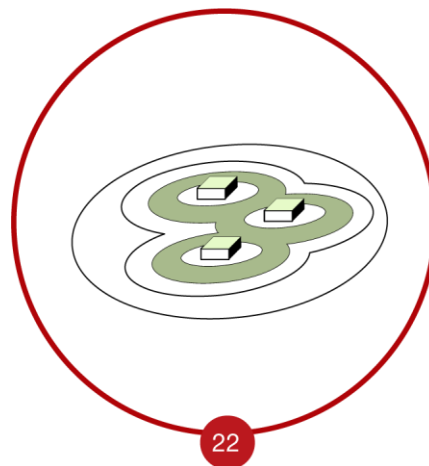
Joonis 96. Ringmajandusliku  
Potentsiaali kaardistamine

	Ringmajandusele üleminek
Eesmärk	Tagada, et ringmajanduse tegevused on rakendatud, et vähendada ja kompenseerida heitmeid olemasolevate hoonete, taristu ja materjalide säilitamise kaudu ZEN-piirkonnas.
Kirjeldus	GHG-heite vähendamine ja kompenseerimine on saavutatav olemasolevate hoonete, taristu ja materjalide säilitamise kaudu.
Meetod	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tehakse enne lammutamist analüüs (pre-demolition analysis PDA) või selektiivse lammutuse analüüs, et kaardistada ja tuvastada säilitamiseks või renoveerimiseks sobivad olemasolevad objektid (nt hooned, taristu, materjalid).</li> <li>Dokumenteeritakse materjalide ja komponentide taaskasutuse ja ringlussevõtu potentsiaal piirkonnas, näiteks FutureBuilt'i ringmajandusindeksi abil.</li> </ul>
KPI ettepanek	ZEN: PDA on tehtud ja olemasolevad objektid säilitamiseks/renoveerimiseks on tuvastatud. Vahesamm: materjalide ja komponentide taaskasutus- ja ringlussevõtupotentsiaal on dokumenteeritud. BAU: Olemasolevate materjale ei arvestata
Parimad praktikad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Põhimõtet "mõttele enne kui lammutada"</li> <li>Koostada PDA kogu ZEN-piirkonnale või asumile</li> <li>Kaardista materjalide ja komponentide taaskasutus- ja ringlussevõtupotentsiaal</li> </ul>
Olulisus	3%

Joonis 97. Ringmajanduse kvantifitseerimine

### 8.3.18 Keskkonnateadlikuse tõstmine

ZEN-naabruskonna planeerimine eeldab interdistsiplinaarset koostööd, mis ühendab arhitektuurilised, tehnilised, sotsiaalsed ja keskkonnaalased teadmised. Sellise tervikliku protsessi edukus sõltub suuresti sellest, kuidas planeerimis- ja projekteerimislahendused dokumenteeritakse ning edasi antakse – mitte üksnes jooniste ja tehniliste kirjeldustena, vaid ka kasutusjuhiseana tulevastele haldajatele ja elanikele. Heitmete nullimine ei tohiks jääda vaid abstraktseks planeerimisvisiooniks, vaid muutuvad praktikas rakendatavaks teadmiseks hoonehaldurite ja kasutajate tasandil. See tagab kavandatud lahenduste pikaajalise toimivuse ning toetab kestliku linnaruumi teadlikku ja vastutustundlikku kasutust.



Joonis 98. Keskkonnateadlikuse tõstmine

	Keskkonnateadlikuse tõstmine
Eesmärk	Tagada, et linnaosas rakendatud materjali- ja energiameetmeid kasutatakse sobival viisil, et saavutada kavandatud heitmete vähendamise ja kompenseerimise mõju.
Kirjeldus	Keskkonnateadlikkus tähendab kasutaja teadlikkust ja valmisolekut tegutseda viisil, mis vähendab tarbimist ja kasvuhoonegaaside heitmeid. See avaldub tema igapäevastes valikutes, nagu energia säästmine, jäätmete sorteerimine ja keskkonnasõbralike lahenduste kasutamine.
Meetod	<ul style="list-style-type: none"> <li>ZENi kasutusjuhend üleandmisel, mis sisaldab infot halduse, kasutamise ja hoolduse kohta.</li> <li>Interaktiivne maastikuarhitektuurne planeering.</li> <li>Kogukonnasõbralikes või korterisõbralikes oleks juhtimisarmatuurlaud, mille abil saavad kasutajad jälgida oma energiatarbimist.</li> </ul>
KPI ettepanek	<ul style="list-style-type: none"> <li>ZEN: kasutusjuhendi ettevalmistamise ja edastamise eest koos kasuliku teabega halduse, kasutamise ja hoolduse kohta (nt päikesepaneelide süsteemid, materjalipassid, nutikad energiahallidussüsteemid jne).</li> <li>Vahesamm: juhtimisarmatuurlaua paigaldamine, mis jälgib ja monitoorib energiatarbimisest tulenevaid heitmeid.</li> </ul>
Olulisus	2%

Joonis 99. Keskkonnateadlikkuse tõstmise kvantifitseerimine

## 9. NSA

Käesolevas töös koondatakse kvalitatiivsete ja kvantitatiivsete meetodite kogum terviklikuks raamistikuks, nimetusega **Naabruskonna süsinikujalajälje analüüsiks (NSA)**. Tegemist ei ole staatilise standardiga, vaid areneva metoodilise platvormiga, mille aluseks on süstemaatiline ja tulevikku suunatud käsitus kestlikkusest. Kuigi keskkonna teaduse arenemisel võib NSA juhend täieneda uute kriteeriumite osas, on selle kontseptuaalne tuum stabiilne – eesmärgiks on suunata ruumiline planeerimine süsinikujalajälge vähendavate otsuste suunas.

NSA-l on selge seos ratsionaal-ökoloogilise planeerimise suunaga, mille rakendamine sõltub tasakaalust majandusliku teostatavuse ja ühiskondliku valmisoleku vahel. Seetõttu ei kujuta juhend endast normatiivset ega ettekirjutavat raamistikku, vaid motiveerivat tööriista, mis aitab arendajatel ja planeerijatel tegutseda olemasolevate teadmiste ja tulevikusuundade valguses. NSA ei eelda arendajatelt suuremat muutust, kui see, mille eest ollakse valmis maksma, ega tarbijalt enam, kui ollakse valmis hindama – kuid juhhib tähelepanu sellele, et vastutustundlik ruumikujundus on pikaajalise väärtuse loomise eeldus.

Arvestades, et planeering on prognoosiva iseloomuga, tuleb juba täna võtta arvesse muutuvat regulatiivset konteksti, turusurvet, tulevase normatiive ning alternatiivsete majandusmudelite kujunemist. NSA juhend pakub arhitekti ja linnaplaneerija vaatenurgast metoodilist tööriista, mille rakendamine aitab kujundada madala süsinikujalajäljega, jätkusuutlikke naabruskondi. See ei ole seadusandlik raamistik, vaid võimaldav struktuur, mis põhineb teadus- ja praktikapõhistel lähenemistel.

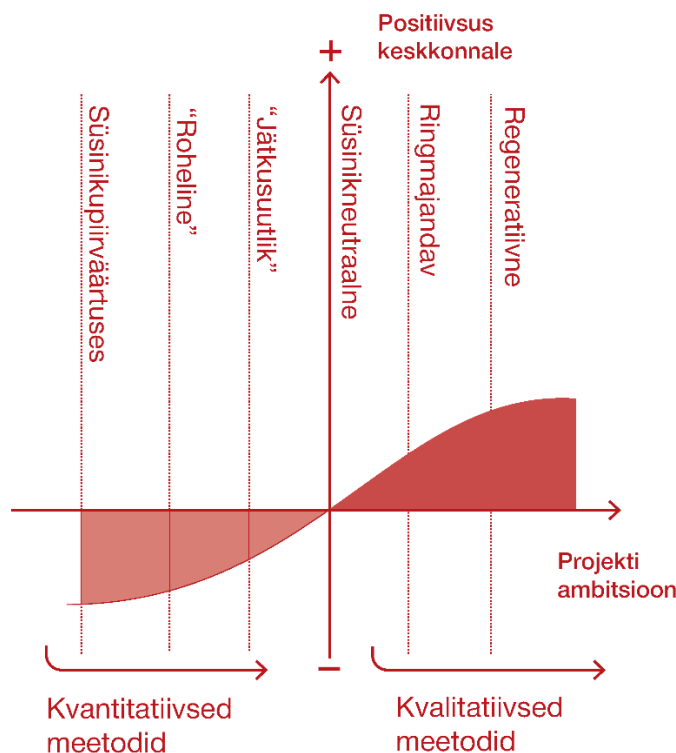
NSA-d saab rakendada linna- ja äärelinna aladel nii osaliste kui ka täielike uusarenduste planeerimisel. Kuigi hoonete renoveerimine peaks ideaalis olema esmane valik, ei saa see alati pakkuda lahendust linnageograafilistele väljakutsetele, nagu linna getostumine ja keskklassi äärelinna suundumise trend. Nagu Jussi Jauhianeni „Linnageograafia“ käsitlustes kirjeldab, on selliseid ruumilisi nihkeid kujundanud mitmed tegurid: eluasemepoliitika, sotsiaalmajanduslik segregatsioon, autostumisega seotud ruumiline isoleeritus, institutsionaalsed planeerimispõhimõtted ja kultuurilised valikud, mis mõjutavad inimeste eluviise ja paiknemiseelistusi.<sup>121</sup>

---

<sup>121</sup> J. Jauhianen, Linnageograafia: Linnageograafia Eestis, Tallinn: Eesti Kunstiakadeemia, 2005, lk 27–35

Kui äärelinnast peaks saama uus linn, siis tuleb seda teha kestlike ja madala süsinikujalajäljega planeerimismeetodite abil. Selliste meetodite juurutamine peaks saama eeldatavaks standardiks nii kohalike omavalitsuste kui ka arendajate seas. Kestliku linnaehituse asemel “kaubikapitalismi” järgimine loob vaid ajutist väärtust. Tuleviku linnaehitus peaks keskenduma keskkonna loomisele, mitte üksnes selle tarbimisele.

NSA juhend käsitleb kvantitatiivseid ja kvalitatiivseid mõjusid võrdselt olulistena, lähtudes põhimõttest, et kvantitatiivsed meetodid võimaldavad liikuda süsinikuneutraalsuse suunas, samas kui kvalitatiivsed lähenemised avavad võimalused planeeringu regeneratiivsele arenguteele (vt joonis 100). Meetodid ei võimalda hinnata ruumilise innovatsiooni nüansse, nagu näiteks ehitusmaterjalide spetsiifiline taaskasutus või sotsiaalsete sidemete tugevdamine ruumis. Tuleb siiski arvestada, et naabruskonna tasandil esineb innovatsiooni pigem süsteemsete suundumustena, mitte üksikute eksperimentaalsete projektidena. Seetõttu on NSA metoodika ülesehitatud nii, et see toetaks süsteemset üleminekut kestlikust planeerimisest regeneratiivse linnaruumi poole.



Joonis 100. Naabruskonna süsinikujalajälje langetamise ambitsioon planeerimisfaasis

NSA - Naabruskonna süsinikujalajälje analüüsi juhend				
Planeeringu süsinikujalajälje langetamise kvalitatiivsed meetodid (50%)				
Jnr	Allikas	Kategooria	Meetod	Hinnanguline olulisus Eestis
1	8.3.1	Linnaehitus	Asustustihedus	3%
2	8.3.2		Hoonestustihedus	2%
3	8.3.3		Hoonetüüp	2%
4	8.3.4		Funktsionaalsed katusepinnad	2%
5	8.3.5		Aktiivsed fassaadid	3%
6	8.3.6	Funktsioonid	Maakasutuse mitmekesisus	2%
7	8.3.7		Ligipääs teenustele	3%
8	8.3.8	Tänavad	Ristumistihedus	1%
9	8.3.9		Funktsionaalne tänav	3%
10	8.3.10		Avaliku ruumi osakaal	2%
11	8.3.11	Roheruum	Krundi roheväärtus	2%
12	8.3.12		Puude säilitamise ja istutamine	1%
13	8.3.13	Transport	Ligipääs ühistranspordile	5%
14	8.3.14		Parkimishooned	7%
15	8.3.15		Jagamismajandus	5%
16	8.3.16	Materjalid	Taaskasutatavad materjalid (DfD)	2%
17	8.3.17		Ringmajanduslike potentsiaali kaardistamine	3%
18	8.3.18		Visuaalne keskkonnateadlikkus	2%
Planeeringu süsinikujalajälje langetamise kvantitatiivsed meetodid (50%)				
19	7.2.1	LCA	Hoonete süsinikujalajalg	40%
20	7.2.2		Pinnasetööde süsinikujalajalg	3%
21	7.2.3		Infrastruktuuri süsinikujalajalg	4%
22	7.2.4		Maakasutusmuutus	3%

Joonis 101. NSA - Naabruskonna süsinikujalajälje analüüsi juhend

## 10. Diskussioon

Käesolev töö on keskendunud planeerimisele arhitekti ja linnaplaneerija vaatepunktist, rõhutades ruumilise otsustamise rolli süsinikujalajälje kujundamisel. Samas tuleb rõhutada, et süsinikupõhise planeerimise meetodika arendamisel ei saa piirduda üksnes ruumilise distsipliiniga. Regulaatiivsetes raamistikes tuleks integreerida ka teiste valdkondade ekspertide – näiteks võrguoperaatorite, keskkonnatehnoloogide, demograafide, poliitikakutele ja arendajate – seisukohad ning erialaspetsiifilised kriteeriumid.

Kliimapoliitika kui planeerimist ja otsustamist suunav jõud on endiselt arengujärgus. EL on küll kehtestamas piirväärtusi ja taksonoomiat, ent laialdasem ühiskondlik huvi ja kohalik initsiatiiv on selle realiseerimisel kriitilise tähtsusega. Seetõttu võib väita, et tänapäevane kliimapoliitika toimib pigem „rohepoliitika“ kujul – eesmärgid on küll teada, ent nende elluviimise strateegiline raamistik on ebaselge või fragmenteerunud. Seal ka umbmäärnae „rohe“ eessõna. Kuni ühiskondlik huvi ja poliitiline tahe Eestis ei tõuse, keskendub kliimapoliitika eelkõige nähtamatutele muutustele, nagu tehnosüsteemide energiatõhusus ja süsiniku eelarvestamine, mitte otseselt tajutavatele ruumimuudatustele.

Selle taustal ilmneb huvitav vastuolu: kui linnaruumi planeeritakse tänapäeval ülalt alla – nõ linnulennult – tagades selle terviklikkuse ja ulatusliku ülevaate, siis süsinikujalajälge kui nähtust ei ole võimalik samal viisil kaardistada. Majanduslik ja ökoloogiline jalajalg on olemuselt pikaajaliselt lahtirulluvad nähtused ning seetõttu ei kajastu need koheselt füüsilises keskkonnas. Tulemuseks on olukord, kus kliimapoliitika ruumilised väljundid jäävad lähi aastatel nähtamatuks ning nende harvaesinevus avalikus ruumis võib ühiskondlikust stigmast näida kui rohepesu.

Oluline on mõista, et ökoloogilise(ZEN) ja kapitalistliku(BAU) planeerimise vaheline dualism on võimendatud. Pigem transformeerub BAU-praktika järk-järguliselt ZENilikumaks. Samal ajal omandab süsinikujalajalg kui ainus kvantifitseeritav ökoloogiline mõõde järjest enam kapitalistlikke jooni – selle ümber kujuneb turg, eelarvestus, kvoodid ja krediidid. Selline areng tekitab potentsiaalse pingeteadus- ja turuloogikate vahel.

Valesti rakendatuna võib süsinikujalajälje kontseptsioon muutuda düstoopiliseks poliitiliseks tööriistaks, mis teenib kitsaid huvisid. Õigesti käsitletuna on aga võimalik kujundada süsinikujalajäljest uus varaklass, mis loob silla - kasvupõhise kapitalismi ja looduslike süsteemide vahel – liikudes ökoloogilise sümbioosi suunas, kus ressursi tarbimine ei toimu keskkonna arvelt, vaid teadlikumalt selle piirides.

# Kokkuvõte

Käesolev magistritöö uuris, kuidas linnaplaneeringute kaudu vähendada Jaamamõisa naabruskonna süsinikujalajälge nii kvalitatiivsete kui ka kvantitatiivsete meetoditega. Töös käsitleti süsinikujalajälge kui jätkusuutlikkuse kommuniqueerimise vahendit, pakkudes välja kontseptuaalse ja praktilise raamistiku – Naabruskonna süsinikujalajälje analüüsi (NSA). NSA raamistik ei ole regulatiivne dokument, vaid motiveeriv juhend, mille eesmärk on toetada arhitekte ja linnaplaneerijaid teadlikumate ja keskkonnamõjudele tundlikumate otsuste tegemisel.

NSA tuum seisneb kahe erineva lähenemisviisi – kvantitatiivsete ja kvalitatiivsete meetodite – tasakaalustatud rakendamises. Kvantitatiivsed meetodid võimaldavad modelleerida süsinikujalajälge ja saavutada tehislikku süsinikuneutraalsust, samas kui kvalitatiivsed meetodid avavad võimalused regeneratiivse ja ringmajandava linnaruumi loomiseks. Töö raames koostatud meetodite loetelu põhineb võrdleval analüüsil erinevate skaalade (hoone, linn) ja rahvusvaheliste kliimastrateegiate lõikes ning sisaldab 22 universaalseimat meetet, mis on sobilikud rakendamiseks Eesti kontekstis.

Empiirilise osa keskmes on kahe eskiisplaneeringu – Business as Usual (BAU) ja Zero Emission Neighborhood (ZEN) – võrdlus. Kvantitatiivne analüüs näitas, et sobiva materjalivaliku korral (nt puidu eelistamine betoonile) on võimalik hoonete kehastunud süsinikku vähendada kuni 29,4%. Samuti selgus, et parkimiskohtade arvu ja sõiduteede laiuse vähendamine avaldab mõju infrastruktuuri süsinikujalajäljele, kuigi need meetmed ei kajasta taristu kvaliteeti ega kaudseid heitkoguseid, mis võivad tuleneda näiteks liikumisviisi valikutest. Seetõttu rõhutab töö vajadust kombineerida kvantitatiivset mõõtmist kvalitatiivsete väärtuste hindamisega, et tagada planeeringu sisuline süsinikujälje optimeerimine.

Suureks avastuseks oli, et planeeringu kvantitatiivsest süsinikujalajäljest moodustavad hoonete kehastunud süsinik 93.3%, mis tähendab, et hoonete süsiniku osakaal on vaieldamatult suurim. Kuna hoonepõhised LCA mudelid ei käsitle täiel määral kogu linnakeskkonna mõju (vaata pt 4.4.2 „Puudujäägid suuremas skaalas“), tuleks rõhuasetus asetada madala süsiniku jalajäljega elanikule – st kavandada sellist ruumistruktuuri, mis toetab süsinikuneutraalset eluviisi terviklikult, mitte ainult hoone tasandil. Seega on ökoloogilis-ratsionaalse planeeringu keskmes tegeleda inimese, mitte niivõrd ruutmeetrite jalajäljega.

NSA juhendi täielik rakendamine kogu planeerimisprotsessi ulatuses on seega ebatõenäoline, kuna planeerimine on alati asukohaspetsiifiline ning seotud kohalike keskkondlike, sotsiaalsete ja majanduslike tingimustega. Sellegipoolest on vähemalt kvantitatiivsed meetodid lihtsasti



rakendatavad ning ka NSA osaline kasutamine on võimalik eeldusel, et arendajad, kohalikud omavalitsused, arhitektid ja kliendid jagavad ühist arusaama regeneratiivse planeerimise eesmärkidest.

NSA ei sisalda uusi või varem tundmatuid meetodeid – pigem koondab see olemasolevad praktikad ja teadmised ühtseks, planeeringulise mõtlemisega kooskõlas olevaks tööriistaks. Juhendi edukas rakendamine eeldab nn "tarka arendajat"(vt pt 7.3) või tellivat korporatiivi, kes suudab kaaluda pikaajalisi väärtusi lühiajalise kasu asemel. Kuigi juhend ei ole regulatiivse ülesehitusega, võiksid selle kasutuselevõttu edendada progressiivsed omavalitsused ja visiooniga arendajad, kes näevad süsinikujalajälge mitte piiranguks, vaid disaini ja ruumilise kvaliteedi parendamise võimalusena.

Arhitektidele ja planeerijatele pakub NSA raamistik tuge argumendipõhiste otsuste tegemiseks ning aitab siduda esteetilise, funktsionaalse ja keskkondliku kvaliteedi mõõdetavad aspektid. Süsinikujalajälje vähendamine ei peaks olema eesmärk omaette, vaid osa laiemast ruumilise kvaliteedi tõstmise protsessist, mis toetab kestlikku linnaruumi kujunemist.

Kokkuvõtvalt näitab töö, et süsinikujalajälje langetamine on planeerimise kaudu saavutatav, ent selle täielik potentsiaal realiseerub ainult juhul, kui lisaks tehnilisele optimeerimisele rakendatakse süsteemseid kvalitatiivseid meetmeid ning tagatakse osapoolte – arhitektide, planeerijate, arendajate ja kohalike omavalitsuste – koostöö läbi võrdse vastutuse kestliku linnaruumi loomisel.

# Summary

This master's thesis explores how urban planning can be used to reduce the carbon footprint of the Jaamamõisa neighborhood through both qualitative and quantitative methods. The work frames the carbon footprint as a communication tool for sustainability and introduces a conceptual and practical framework – the Neighborhood-Scale Carbon Footprint Analysis (NSA). NSA is not a regulatory document but a motivational guide aimed at supporting architects and planners in making more informed and environmentally sensitive decisions.

At the core of NSA is the balanced application of two approaches: quantitative methods, which enable modeling and the pursuit of artificial carbon neutrality, and qualitative methods, which allow for the creation of regenerative and circular urban spaces. The list of methods compiled in this thesis is based on a comparative analysis across scales (building and city) and international climate strategies, and includes 22 universal measures deemed suitable for the Estonian context.

The empirical focus of the study is the comparison between two schematic plans (19.5hectars): Business as Usual (BAU) and Zero Emission Neighborhood (ZEN). Quantitative analysis shows that, with appropriate material choices (e.g. preferring wood over concrete), embodied carbon in buildings can be reduced by up to 29.4%. It also demonstrates that decreasing the number of parking spaces and road widths affects infrastructure-related emissions, even though such measures do not reflect the quality of infrastructure or account for indirect emissions, such as those related to mobility choices. This highlights the need to combine quantitative measurement with qualitative evaluation to ensure meaningful carbon optimization at the planning level.

A key finding of the thesis is that embodied emissions from buildings account for 93.3% of the total planning-related quantitative carbon footprint, making it the dominant source by far. Since building-level LCA models do not fully address the impacts of the broader urban system (see section 4.4.2 “Limitations at Larger Scales”), emphasis should shift toward enabling a low-carbon resident – in other words, designing spatial structures that support a carbon-neutral lifestyle holistically, not just at the building scale. The focus of ecologically rational planning must therefore center on the person, not merely the square meter.

While full implementation of the NSA guide throughout an entire planning process is unlikely – as planning is inherently location-specific and shaped by local environmental, social, and economic conditions – at least the quantitative methods are broadly applicable. Even partial use of the NSA is possible if developers, municipalities, architects, and clients share a common understanding of regenerative planning goals.

NSA does not propose novel or previously unknown methods; rather, it consolidates existing practices and knowledge into a unified tool aligned with planning logic. Its successful application presupposes a “smart developer” (see section 7.3) or commissioning corporate is capable of valuing long-term impact over short-term gain. Although not regulatory in nature, the guide’s adoption could be supported by progressive municipalities and visionary developers who see the carbon footprint not as a constraint but as an opportunity to improve design and spatial quality.

For architects and planners, the NSA framework offers a foundation for evidence-based decision-making, helping to connect aesthetic, functional, and environmental values with measurable outcomes. Reducing the carbon footprint should not be seen as an end in itself, but as part of a broader effort to enhance spatial quality and support the development of a sustainable urban environment.

In summary, this thesis demonstrates that reducing the carbon footprint is achievable through urban planning, but its full potential can only be realized when technical optimization is combined with systemic qualitative measures and supported by collaborative responsibility between all actors – architects, planners, developers, and local governments – in shaping sustainable urban space.

# Bibliograafia

Architecture 2030, Why the Built Environment?. 2023, <https://www.architecture2030.org/why-the-built-environment/> (vaadatud 4.08.2024).

Arenguseire Keskus, The Average Environmental Footprint of Residents of Estonia and Europe. – Report, Estonian Foresight Centre, 2024.

Autodesk Inc., Autodesk Insight – Building Performance Analysis Tool. 2023.

Bionova Ltd., One Click LCA. 2001.

Boverket, Climate Declaration for New Buildings. 2022, <https://www.boverket.se/en/start/laws-and-regulations/climate-declaration/> (vaadatud 16.10.2024).

N. Brenner, Implosions - Explosions: Towards a Study of Planetary Urbanization. Berlin: Jovis, 2017.

BuildEST projektmeeskond, SARV: Hoone Süsinikujalajälje Arvutamise Tööriist. 2025, <https://a-c-c-1.onrender.com/> (vaadatud 4.10.2024).

K. Calvin, et al., IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (Eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland. First Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2023, lk 124.

N. Dodd, et al., Level(s) – A Common EU Framework of Core Sustainability Indicators for Office and Residential Buildings. 2021.

Eesti Digitaalehituse Klaster, Ühtsed BIM Nõuded: Versioon 3.0. 2021.

Eesti Keskkonnaagentuur, Eesti Kasvuhoonegaaside Koguheitkogus 2023. 2023, <https://kasvuhoonegaasid.ee> (vaadatud 4.07.2025).

Eesti Keskkonnaministeerium, EHEA: Ehitusmaterjalide Heitme Andmebaas. 2024.

Eesti Keskkonnauuringute Keskus (EKUK), Eesti KHG. 2021.

Eesti Kliimaministeerium, Pariisi Kliimakokkulepe. 2023, <https://kliimaministeerium.ee/pariisi-kokkulepe> (vaadatud 4.07.2025).

Eesti Kliimaministeerium, Life IP BuildEST: Eesti Teekaart Süsinikuneutraalse Ehituse Suunas. 2025, <https://kliimaministeerium.ee/en/buildest> (vaadatud 4.10.2024).

Eesti Vabariigi Valitsus, Transpordi Ja Liikuvuse Arengukava 2021–2035. Eesti Vabariigi Valitsus, 2021, lk 13.

Ehitusvaldkonna arengukomisjon, Ehituse Pikk Vaade 2035: Versioon 2. 2022, lk 18.

ERR Uudised, Uue Seaduse Järgi Muutuks Elektritootmine Eestis 2040. Aastaks Heitevabaks. 2024, <https://www.err.ee/1609336185/uue-seaduse-jargi-muutuks-elektritootmine-estis-2040-aastaks-heitevabaks>.

EU Commission, Developments and Forecasts on Continuing Urbanisation. n.d., (vaadatud 14.12.2024).

Europa Parlament, Mis on Süsinikuneutraalsus Ja Kuidas Seda Saavutada Aastaks 2050?. n.d., <https://www.europarl.europa.eu/topics/et/article/20190926STO62270/mis-on-susinekuneutraalsus-ja-kuidas-seda-saavutada-aastaks-2050>.

European Commission, Circular Economy. n.d., [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy_en) (vaadatud 2.01.2025).

European Commission, CORDIS: EU Research Projects Database. 2025.

European Commission. Directorate-General for the Environment, European Commission. Joint Research Centre, Making Sustainable Consumption and Production a Reality : A Guide for Business and Policy Makers to Life Cycle Thinking and Assessment. LU: Publications Office, 2010.

European Parliament, Green Deal: Key to a Climate-Neutral and Sustainable EU. 2020, <https://www.europarl.europa.eu/topics/en/article/20200618STO81513/green-deal-key-to-a-climate-neutral-and-sustainable-eu> (vaadatud 4.07.2025).

Finnish Environment Institute (SYKE), Calculating the Greenhouse Gas Emissions of Finnish Municipalities. Alas 1.2 Finnish Environment Institute (SYKE), 2021.

Finnish Environment Institute (SYKE), Towards Carbon Neutral Municipalities (Hinku). 2024, <https://hiilineutraalisuomi.fi/en-US/Hinku>.

Finnish Meteorological Institute, et al., The Urban Planning Guide Supports Climate-Proof Urban Planning. – Finnish Meteorological Institute Finnish Environment Institute, n.d., <https://climateguide.fi/articles/urban-planning-guide-supports-climate-proof-urban-planning> (vaadatud 2.01.2025).

Green Building Council Finland, BuildingLife Programme for Carbon Neutrality in the Built Environment. 2022.

T. Häkkinen, M. Kuittinen, Madalsüsinikehutuse Suunas. 2021.

K. Hansson, et al., Jaamamõisa Linnaosa Keskkonnasäästliku Planeerimislahenduse Ja Selle Alusel Sademevee Sööstliku Käitlemise Üldise Põhimõtete Väljatöötamine Tartu Linnale. Töö nr: 1769DP32018.

Z. Hausfather, G. P. Peters, Emissions – The ‘Business as Usual’ Story Is Misleading. – Nature, Vol. 577, no. 7792, 2020, lk 618–20.

International Energy Agency, CO2 Emissions in 2023: A New Record High, but Is There Light at the End of the Tunnel? – Technical Report, International Energy Agency, 2024, lk 3.

IPCC, 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands. – Wetlands Supplement. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014.

IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. – Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019a.

IPCC, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. – Volume 4: Agriculture, Forestry and Other Land Use. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019b.

J. Jauhianen, Linnageograafia. n.d., lk 1.

N. Kabisch, et al., The Role of Urban Green Spaces in Mitigating Climate Change: An Integrative Review of Ecological, Social, and Health Benefits. – Frontiers in Environmental Science, 2024, [https://www.researchgate.net/publication/385678900\\_The\\_Role\\_of\\_Urban\\_Green\\_Spaces\\_in\\_Mitigating\\_Climate\\_Change\\_An\\_Integrative\\_Review\\_of\\_Ecological\\_Social\\_and\\_Health\\_Benefits](https://www.researchgate.net/publication/385678900_The_Role_of_Urban_Green_Spaces_in_Mitigating_Climate_Change_An_Integrative_Review_of_Ecological_Social_and_Health_Benefits).

M. Karro-Kalberg, et al., Kureeritud Elurikkus. 2024, <https://arhitektuuripreemiad.ee/objekt/kureeritud-elurikkus/>.

Keskkonnaagentuur, Eesti Tuleviku Kliimastenaariumid Aastani 2100. 2015.

K. Krogh Andersen, R. Jordan, Proposed Mission: 100 Climate-Neutral Cities by 2030 - by and for the Citizens : Report of the Mission Board for Climate-Neutral and Smart Cities. Brussels: European Commission, 2020.

J. Laht, et al., Süsinikupõhised Finantsinstrumendid: Ärihoonete Renoveerimiseks Kavandavate Rahastusmeetmete Sotsiaalmajanduslike Mõjude, Maksumuse Ja Turule Kasutuselevõtu Potentsiaali Analüüs. Tallinn: LIFE IP BuildEST, 2022.

Lõunaestlane, Pärnumaal Avati Baltimaade Suurim Enam Kui 77 MW Tootmisvõimsusega Päikesepark. 2024, [https://lounaestlane.ee/parnumaal-avati-baltimaade-suurim-enam-kui-77-mw-tootmisvoimsusega-paikesepark/?utm\\_source=chatgpt.com](https://lounaestlane.ee/parnumaal-avati-baltimaade-suurim-enam-kui-77-mw-tootmisvoimsusega-paikesepark/?utm_source=chatgpt.com).

I. L. McHarg, Design with Nature. Turtleback, 1995, 1969.

I. Möldre, Eesti Riiklik Energia- Ja Kliimakava Aastani 2030 (REKK 2030). 2019.

A. Moncaster, et al., Widening Understanding of Low Embodied Impact Buildings: Results and Recommendations from 80 Multi-National Quantitative and Qualitative Case Studies. – Journal of Cleaner Production, Vol. 235, 2019, lk 378.

- C. Moreno, et al., Introducing the '15-Minute City': Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. – Smart Cities, Vol. 4, no. 1, 2021, lk 93–111.
- Nordic Sustainable Construction, BIM4LCA. 2024, <https://pub.norden.org/us2024-439/1-bim-based-building-lca-process.html>.
- Nordic Sustainable Construction, Limit Values Timeline Updated 2024.10.08. 2024, <https://www.nordicsustainableconstruction.com/Media/638639880373585170/2024.10.08%20Timeline%20updated.pdf>.
- T. Oja, Eesti Inimarengu Aruanne 2019/2020: Maakasutuse Muutused – Linna Ja Maa Tähenduse Moondumine. 2020, <https://www.2020.inimareng.ee/maakasutuse-muutused-linna-ja-maa-t%C3%A4henduse-moondumine.html> (vaadatud 2.02.2025).
- A. Oviir, et al., Hoone Süsinikujalajäe Meetod Tehniline Dokument. Tallinn: 2024.
- K. Pae, Keskkonnasäästliku Ehituse Infopäev., 20.09.2024.
- A. Piconi, Loeng 'Architecture and Materiality in the Age of the Digital and the Anthropocene'. 2024.
- F. Pomponi, et al., Applied Energy: Net-Zero Carbon Buildings and Urban Environments. – Applied Energy, Vol. Available online, 2024, lk 122065.
- K. Raworth, A-Safe-and-Just-Space-for-Humanity-Can-We-Live-within-the-Doughnut. n.d.
- Reduzer Software, Reduzer – Carbon Smart Material Selection Tool. 2022.
- A. Remmen, et al., Life Cycle Management: A Business Guide to Sustainability. Paris, France: UNEP / SETAC Life Cycle Initiative, 2007.
- E. Resch, et al., FutureBuilt ZERO – Materialer Og Energi Metodebeskrivelse. Versjon 2. 2021.
- E. Resch, et al., FutureBuilt ZERO: A Simplified Dynamic LCA Method with Requirements for Low Carbon Emissions from Buildings.NTNU, SINTEF, NORSUS, Civitas, FutureBuilt, 2021, lk 6.
- Riigikogu, Eesti 2035, Elukeskkond.
- J. Rockström, et al., Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity. – Ecology and Society, Vol. 14, no. 2, 2009, lk art32.
- Rohegeenius, Uuring: Ehitusjätmete Ringlussevõtuks Tuleb Luua Materjalipank. 2023, <https://rohe.geenius.ee/rubriik/rohemajandus/uuring-ehitusjaatmete-ringlussevotuks-tuleb-luua-materjalipank/>.
- Rohetiiger, Ehitusteekaart 2040.2023.
- Schneider, Leitfaden 01 Ökologische Kenndaten Baustoffe Und Bauteile. n.d.
- P. Schneider-Marin, W. Lang, Environmental Costs of Buildings: Monetary Valuation of Ecological Indicators for the Building Industry. – The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 25, no. 9, 2020, lk 1637–59.
- H. Seli, Hoonete Süsinikujalajäe Regulasioonist. 2024, <https://kliimaministeerium.ee/sites/default/files/documents/2024-09/Hoonete%20s%C3%BCsinikujalaj%C3%A4je%20regulasioonist.pdf> (vaadatud 11.10.2024).
- Statens vegvesen, Om Den Nasjonale Reisevaneundersøkelsen. 2024, <https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/nasjonalt-transportplan/den-nasjonale-reisevaneundersokelsen/om-den-nasjonale-reisevaneundersokelsen/> (vaadatud 22.04.2025).
- G. Stavroulaki, M. B. Pont, A SYSTEMATIC REVIEW OF MULTIFUNCTIONAL STREETS\_Final Research Report. 2020, <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.21921.63840> (vaadatud 10.03.2025).
- Tallinna Linnavalitsus, Rohefaktor. 2024, <https://www.tallinn.ee/et/ehitus/rohefaktor> (vaadatud 22.04.2025).

Tallinna Linnavalitsus, Lilleküla Ringmajanduskeskus. 2025, <https://www.tallinn.ee/et/ringmajanduskeskus/lillekula-ringmajanduskeskus>.

TalTech, Liginullenergiahood. Väikeelamu Näidisprojekti Juhendmaterjal. 2017.

TalTech, Ehitusmaterjalide Puudus Ja Keskkonnajalajalg Käivitas Eesti Teadlasi Uusi Lahendusi Otsima. 2024, <https://taltech.ee/uudised/ehitusmaterjalide-puudus-ja-keskkonnajalajalg-kaivitas-eesti-teadlasi-uusi-lahendusi-otsima> (vaadatud 4.08.2024).

U. Tapaninen, Eestist Võib Saada Hoopis Süsiniku Käejälje Maailmariik. 2024, <https://ullatapaninen.net/2024/06/16/eestist-voib-saada-hoopis-susiniku-kaejalje-maailmariik/>.

Tartu Linnavalitsus, Tartu Rahvastiku- Ja Elamuproгноos Aastani 2040. 2021.

Tartu Linnavalitsus, Kestliku Linnaosa Planeerimine: Jaamamõisa Linnaosa Näitel. 2022.

Tartu Linnavalitsus, Ehitusmaterjalide Ringkasutuspank. 2023, <https://tartu.ee/et/ringkasutuspank>.

Tartu Linnavalitsus, Põhja-Tartu Üldplaneering. 2024, <https://www.tartu.ee/et/pohjapst> (vaadatud 12.04.2025).

Tartu Linnavalitsus, Tartu Linna Parkimisnormid – GeoHub. 2024, <https://geohub.tartu.ee/datasets/Tartu::parkimisnorm/explore?filters=eyJQYXJraW1pc25vcm0iOIs4LDEwMF19&location=58.385675%2C26.758482%2C14.30&style=Parkimisnorm> (vaadatud 22.04.2025).

Tartu Linnavalitsus, Üldplaneering 2040 – Loodus- Ja Rohekeskkond. 2024, [https://gis.tartu.ee/pohilahendus/ylplaneering2040/loodus/?page=page\\_24](https://gis.tartu.ee/pohilahendus/ylplaneering2040/loodus/?page=page_24) (vaadatud 22.04.2025).

TØI (Transportøkonomisk institutt), Den Nasjonale Reisevaneundersøkelsen 2018/19 – Nøkkelfor rapport. Transportøkonomisk institutt, 2020.

Turun kaupunki, Sinivihkerroin. 2024, <https://www.turku.fi/rakentaminenrakentamisen-ohjeet-jalomakkeet/sinivihkerroin> (vaadatud 22.04.2025).

UN-Habitat, A New strAtegy of sustAinAble Neighbourhood plAnning: Five Principles. 2015.

United Nations Department of Economic and Social Affairs, World Population Projected to Reach 9.8 Billion in 2050, and 11.2 Billion in 2100. 2017, <https://www.un.org/en/desa/world-population-projected-reach-98-billion-2050-and-112-billion-2100> (vaadatud 4.08.2024).

U.S. Environmental Protection Agency, Using Green Roofs to Reduce Heat Islands. 2023, <https://www.epa.gov/heatlands/using-green-roofs-reduce-heat-islands>.

P. Virilio, The Overexposed City. – Zone 1/2: The Contemporary City. Toim M. Feher, S. Kwinter New York: Zone Books, 1994, lk 10–15.

P. Virilio, The Lost Dimension.

M. Weigert, et al., Carbon Emissions of Construction Processes on Urban Construction Sites. – Sustainability, Vol. 14, no. 19, 2022, lk 12947.

M. K. Wiik, Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities: Definition, Key Performance Indicators and Assessment Criteria. Version 4.0. English Trondheim: ZEN Research Centre on Zero Emission Neighbourhoods in Smart Cities, [NTNU, Faculty of Architecture and Design], 2024.

M. R. K. Wiik, Lessons Learnt from Embodied GHG Emission Calculations in Zero Emission Neighbourhoods (ZENS) from the Norwegian ZEN Research Centre. – Energy and Buildings, Vol. 301, 2024, lk 113582.

World Green Building Council, Bringing Embodied Carbon Upfront. 2019.

Yale School of the Environment, Environmental Performance Index. n.d., <https://epi.yale.edu/country/2024/EST> (vaadatud 27.03.2025).

The Cultures of Globalization. Toim Subramani, M. Alberto, T. Barbara, H. David, D. Enrique, J. Fredric, K. Geeta, F. Jameson, M.-A. Joan, S. Leslie, K. Liu, D. Manthia, M. Masao, M. Miyoshi, C. Noam, N. Paik, H. Sherif, M. Walter D., D. Ioan. Durham: Duke University Press, 1998.

Planning and Knowledge: How New Forms of Technocracy Are Shaping Contemporary Cities. Toim M. Raco, F. Savini. Bristol, UK ; Chicago, IL, USA: Policy Press, 2019.

UN Climate Change Kõne. – World Economic Forum, 2019, <https://www.weforum.org/stories/2019/01/these-are-the-global-priorities-and-risks-for-the-future-according-to-antonio-guterres/>.

EVS 843:2020. Teede Ehitamise Üldnõuded. 2020.

Tartu Energia- Ja Kliimakava 2030. 2021.

Tartu Üldplaneering 2040. 2021.

Buildings' Life Cycle Assessments Gain Ground in the Nordics. – Nordic Sustainable Construction, 2023, <https://www.nordicsustainableconstruction.com/news/2023/january/denmark-introduces-co2-limit-for-new-constructions/> (vaadatud 16.10.2024).

Kliimapoliitika Põhialused Aastani 2050. 2023.

The Real Deal: Post-Fossil Construction for Game Changers. Toim F. Hörmann. Berlin: Ruby Press, 2023.

EC3: Embodied Carbon in Construction Calculator. 2024, <https://www.buildingtransparency.org/ec3/> (vaadatud 4.12.2025).

Whole Life Carbon in Conceptual Design with Autodesk Forma. 2024, [https://help.autodesk.com/view/FORMA/ENU/?guid=carbon\\_analysis](https://help.autodesk.com/view/FORMA/ENU/?guid=carbon_analysis) (vaadatud 4.03.2025).

Country-Level Warming Projections, Estonia. n.d.

Keskkonnasäästliku Ehituse Infopäev 20.09.2024. n.d., <https://kliimaministeerium.ee/elukeskkond-ringmajandus/energiatohusus-ja-keskkonnasaast/hoone-susinikujalajalje-tooriistad#materjalide-heiteteg>.

Product Data for Sustainable Building. n.d., [https://www.oekobaudat.de/no\\_cache/en/database/search.html](https://www.oekobaudat.de/no_cache/en/database/search.html) (vaadatud 13.04.2024).

Tulevikuvaade Tööjõu- Ja Oskuste Vajadusele\_ Ehitus. n.d.

Whole Life Carbon — The C.Scale™ Data Model. n.d., <https://docs.cscale.io/the-c.scale-tm-data-model/whole-life-carbon> (vaadatud 13.04.2024).

## Joonised

Joonis 1. Design with nature 1966. Andmed: Diagramm <https://blog.iaac.net/design-with-nature-ian-mcharg/> (vaadatud 18.04)

Joonis 2. Planetaarsed piirid. Andmed: The 2023 updated to the Planetary boundaries, Richardson jt 2023.

Joonis 3. Positiivse keskkonnamõju ambitsioon. Autori interpretatsioon.

Joonis 4. Süsinikueelarve regulatiivsed tasandid. Andmed: Circular construction For Urban Development, lk 161

Joonis 5. Kliimasoojenemise 3 stsenaariumit Eestis. Andmed: Climate warming in Estonia since the mid-19th century and forecast by the end of this century. Source: [berkeleyearth.org](https://berkeleyearth.org) (vaadatud 18.04.2025)

Joonis 6. Keskmine Euroopa ja Eesti elanike keskkonnajalajalg. Andmed: Euroopa Komisjon, LEU, 2024



Joonis 7. 7 sammu ehitusvaldkonna arendamiseks. Andmed: Ehituse Pikk Vaade 2035, MKM

Joonis 8. Eesti Kasvuhoonegaasid 2023. Andmed: <https://kasvuhoonegaasid.ee/#/inventory/> (Total GHG emissions AR5) 2023, (vaadatud 18.04.2025)

Joonis 9. Ehitussektori mõjusfäär. Andmed: Circular construction for Urban Development, lk 70

Joonis 10. KHG karakteristikate faktorid. Andmed: IPCC AR6 synthesis report

Joonis 11. 2022.a Ehitussektori KHG jaotus. Andmed: Rohetiiger Ehitusteekaart 2040

Joonis 12. Süsteemiipiiride definitsioonid elutsüklite kaupa. Andmed: Widening understanding of low embodied impact buildings: results and recommendations from 80 multi-national quantitative and qualitative case studies, 2019

Joonis 13. ISO 14040 etapid, autori interpretatsioon. Andmed: EN 14040

Joonis 14. Põhilised viis mõjukategooriate näitajat ja ühikud. Andmed: EN 15804

Joonis 15. LCSA Raamistik. Andmed: Life Cycle management – A Business Guide to Sustainability, 200752

Joonis 16. Ehitustööde jätkusuutlikkus. Sotsiaalse toimivuse hindamine – kalkulatsiooni meetod, autori illustratsioon. Andmed: NS-EN 16309:2014+A1:2014

Joonis 17. Olulusringid. Andmed: Circular Construction for Urban Development, lk 116

Joonis 18. Piirväärtuste rakendamise kava Põhjamaades ja Eestis. Andmed: Nordic Sustainable construction, 2024

Joonis 19. Sammud automatiseeritud LCA suunas. Andmed: Nordic Sustainable construction BIM4LCA report

Joonis 20. Tartu heitekoguste arvutamise meetodika monitoorimise põhimõte. Andmed: Tartu energia- ja kliimakava 2030

Joonis 21. 7 kategooriat ZEN Definitsiooniks. Andmed: ZEB Research Center, 2024

Joonis 22. Jaamamõisa munitsipaalmaa kaart. Andmed: Maaamet

Joonis 23. Jaamamõisa elanikonna vanuseline jaotus. Andmed: Tartu Rahvastiku- Ja Elamuproгноos Aastani 2040, 2021

Joonis 24. Jaamamõisa hoonestusala ajaline jaotus. Andmed: Tartu Rahvastiku- Ja Elamuproгноos Aastani 2040, 2021

Joonis 25. Jaamamõisa funktsioonikaart. Andmed: CIVITTA kestliku linnaosa planeerimise raport 2022

Joonis 26. Jaamamõisa maaomandivorm. Andmed: Maaamet

Joonis 27. Jaamamõisa FAR. Andmed: maaamet 3D kaart

Joonis 28. Jaamamõisa ehitiste vanus. Andmed: EHR

Joonis 29. Jaamamõisa enamlevinud materjalitüübid. Andmed: EHR

Joonis 30. Jaamamõisa asumi ökoloogiline asukohaskeem. Andmed: ETAK + Maameti ortofoto 2024

Joonis 31. BAU krundi illustratsioon.

Joonis 32. BAU kvartali vaade / maapinna lõige

Joonis 33. Jaamamõisa BAU eskiisprojekti plaan. Andmed: Jaamamõisa linnaosa keskkonnasäästliku planeerimislahenduse ja selle alusel sademevee säästliku käitlemise üldiste põhimõtete väljatöötamine Tartu linnale, 2018

Joonis 34. Hoonete süsinikujalajalg.

Joonis 35. Gradel2Gate analüüs 1, Raudbetoon ja krohv

Joonis 36. Kehastunud süsiniku analüüs 1, Raudbetoon ja krohv

Joonis 37. Cradle2Gate analüüs 2, CLT ja puitlaudis

Joonis 38. Kehastunud süsiniku analüüs 2, CLT ja puitlaudis

Joonis 39. BAU hoonestuse materjalilahenduste võrdlus

Joonis 40. Liiklutaristu süsinikujalajälg

Joonis 41. Keskmised teede kihtide paksused. Andmed: EVS843

Joonis 42. Lihtstatud materjalisõlmed liiklutaristu hindamiseks. Andmed: Reduzer

Joonis 43. Hoone ja Taristu ehitustööde operatiivse süsinikujalajälje kulu

Joonis 44. Joonis 44. Infrastruktuuri süsinikujalajälje osakaal

Joonis 45. Pinnasetööde süsinikujalajälg

Joonis 46. Hoone ja Taristu ehitustööde operatiivse süsinikujalajälje kulu

Joonis 47. Maakasutusmuutus

Joonis 48. biogeensesüsiniku vabanemine maakasutuse muutusest

Joonis 49. Planeeringu süsinikujalajälje osakaal

Joonis 50. ZEN arenduse illustratsioon Jaamamõisas

Joonis 51. ZEN kvartali vaade ja maapinna lõige

Joonis 52. ZEN Planeering

Joonis 53. BAU ja ZEN eskiisi Hoonestuse võrdlus

Joonis 54. BAU ja ZEN eskiisi liikumisskeemi võrdlus

Joonis 55. BAU ja ZEN eskiisi Hoonestuse võrdlus

Joonis 56. BAU planeeringukihid ja mõju jalajäljele

Joonis 57. ZEN Planeeringu kihid ja mõju jalajäljele

Joonis 58. Kvantitatiivse jalajälje võrdlus

Joonis 59. Planeerija mõjusfääri jäävate kvantitatiivsete meetodite loend

Joonis 60. Asustustihedus

Joonis 61. Jätkusuutliku asustustiheduse kvantifitseerimine

Joonis 62. Hoonestustihedus

Joonis 63. Jätkusuutliku hoonestustiheduse kvantifitseerimine

Joonis 64. Hoonetüüp

Joonis 65. Jätkusuutliku hoonetüübi kvantifitseerimine

Joonis 66. Multifunktsionaalsed katusepinnad

Joonis 67. Jätkusuutliku katusepinna kvantifitseerimine

Joonis 68. Aktiivsed fassaadid

Joonis 69. Jätkusuutliku fassaadi kvantifitseerimine

Joonis 70. Aktiivse fassaadi kategoriseerimine. Andmed: ZEN raport no. 63E

Joonis 71. Maakasutuse mitmekesisus

Joonis 72. Jätkusuutliku maakasutuse kvantifitseerimine

Joonis 73. Ligipääs teenustele

Joonis 74. Jätkusuutliku ligipääsetavuse kvantifitseerimine

Joonis 75. Tänavate ristumistihedus

Joonis 76. Jätkusuutliku ristumistiheduste kvantifitseerimine

Joonis 77. Funktsionaalne tänav

Joonis 78. Jätkusuutliku tänava kvantifitseerimine

Joonis 79. Avaliku roheruumi osakaal

Joonis 80. Jätkusuutliku rohealade kvantifitseerimine

Joonis 81. Krundi roheväärtus

Joonis 82. Jätkusuutliku puude kvantifitseerimine

Joonis 83. Puude säilitamine ja istutamine

Joonis 84. Jätkusuutlik puude kvantifitseerimine

Joonis 85. Ligipääs ühistranspordile

Joonis 86. Jätkusuutlik ühistranspordi ligipääsetavuse kvantifitseerimine

Joonis 87. Jätkusuutlik ühistranspordi ligipääsetavuse kategooriad. Andmed: NRVU raport 2019

Joonis 88. Parkimishooned

Joonis 89. Parkimisnormi protsent langetamise % vastavalt eksisteerivate teenuste ligipääsetavusele. Andmed: Tartu linnavalitsuse parkimisnorm

Joonis 90. Jätkusuutliku Parkimishooned kvantifitseerimine

Joonis 91. Jagamismajanduse rakendamine

Joonis 92. Jätkusuutliku jagamismajanduse kvantifitseerimine

Joonis 93. Taaskasutatud materjalid

Joonis 94. Jätkusuutlike materjalide hanke kvantifitseerimine

Joonis 95. Jäätmetekorraldus. Andmed: ZEN raport E63, lk 83

Joonis 96. Ringmajandusliku Potentsiaali kaardistamine

Joonis 97. Ringmajanduse kvantifitseerimine

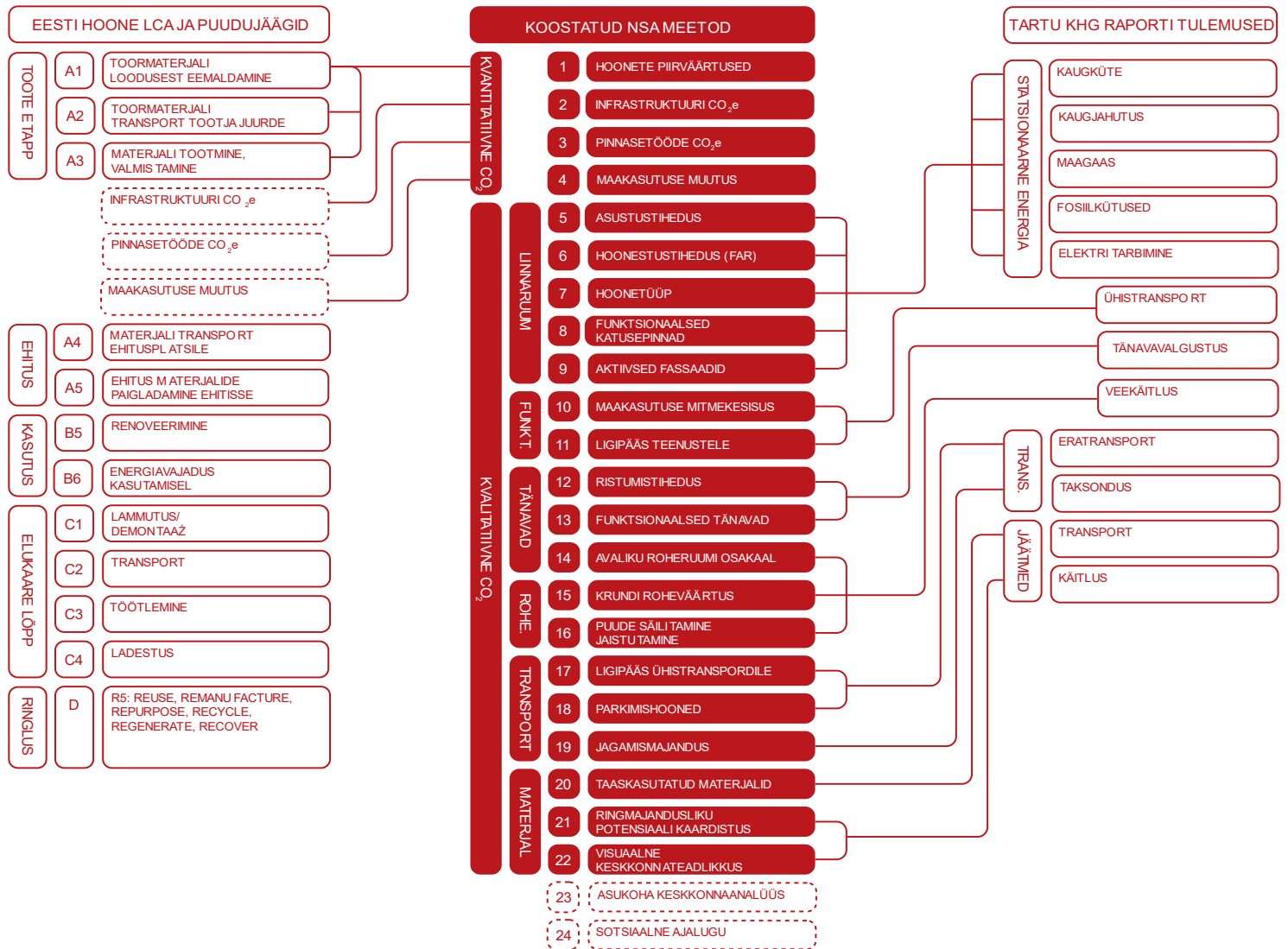
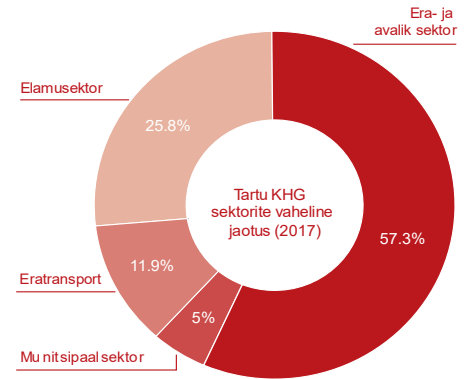
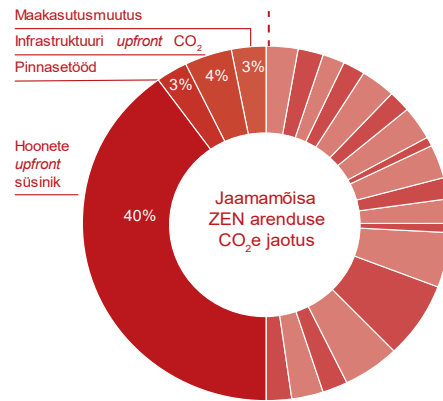
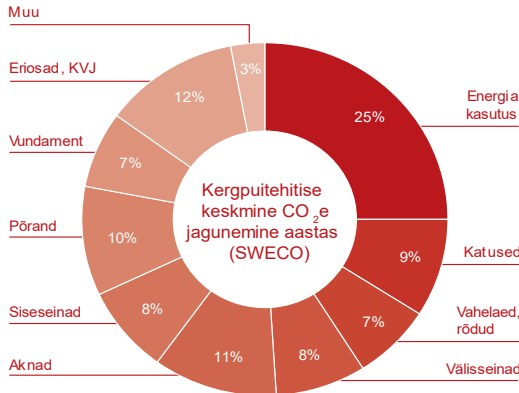
Joonis 98. NSA – Keskkonnateadlikuse tõstmine

Joonis 99. Keskkonnateadlikkuse tõstmise kvantifitseerimine

Joonis 100. Naabruskonna süsinikujalajälje langetamise ambitsioon planeerimisfaasis

Joonis 101. NSA - Naabruskonna süsinikujalajälje analüüsi juhend

# Lisad



Joonis 102. NSA Meeodi tulemagine Eesti hoone LCA arvutusmetoodikast ja Tartu KHG raportist