HOONETE SÜSINIKU JALAJÄLJE VÄHENDAMINE

VÕIMALUS EHITATUD KESKKONDA KESTLIKUMAKS MUUTA

Kadri-Ann Kertsmik

Tallinna Tehnikaülikool doktorant/ LCA ekspert
Riigi Kinnisvara AS hoonete jätkusuutlikkuse arendamise projektijuht

29.11.2023

ÜLESEHITUS

1. Ehitatud keskkonna emissioonide vähendamise vajalikkus
2. Hoone süsiniku jalajälje arvutamine – põhiprintsiibid
3. Hoone süsiniku jalajälg Eestis – täna ja tulevikus
4. Hoone süsiniku jalajälg Põhjamaades
5. Hoone süsiniku jalajälje arvutamisega alustamine ja kitsaskohad

TUTVUSTUS

- Haridus

  Tallinna Tehnikaülikool 2014-2019 MSc arhitektuuris, diplomeeritud arhitekt tase 7

  Tallinna Tehnikaülikool 2021- … doktorantuur, teemal Renoveeritavate kortermajade süsiniku jalajälg

- Töökogemus

  2016-2022 erasektor, arhitekt

  2021-… Tallinna Tehnikaülikool, LCA ekspert

  2022 ehituse süsinikujalajälje hindamisprintsiipide rakendamiseks Eestis, kaas-autor

  2022-… BuildEST, renoveerimismaraton

  2023-.. Ehituse E-hüpe, hoonete süsinikujalajälje arvutamise kalkulaator

  2021-… Riigi Kinnisvara AS, hoonete keskkonnaäästliku arendamise projektijuht

  2022-… Ehitatukeskkond.ee, hoonete LCA arvutamine (sh BREEAM & LEED arvutused)

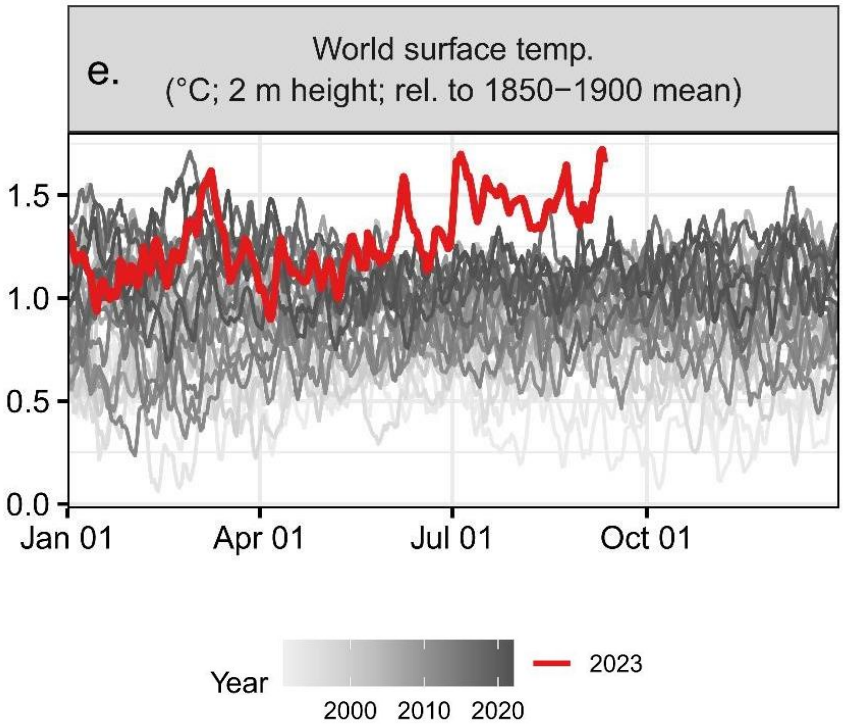
- Kursused hoonete süsiniku jalajälje hindamisest

  Tallinna Tehnikaülikool Avatud Ülikool Hoonete süsiniku jalajälje hindamine (15.8 TP)

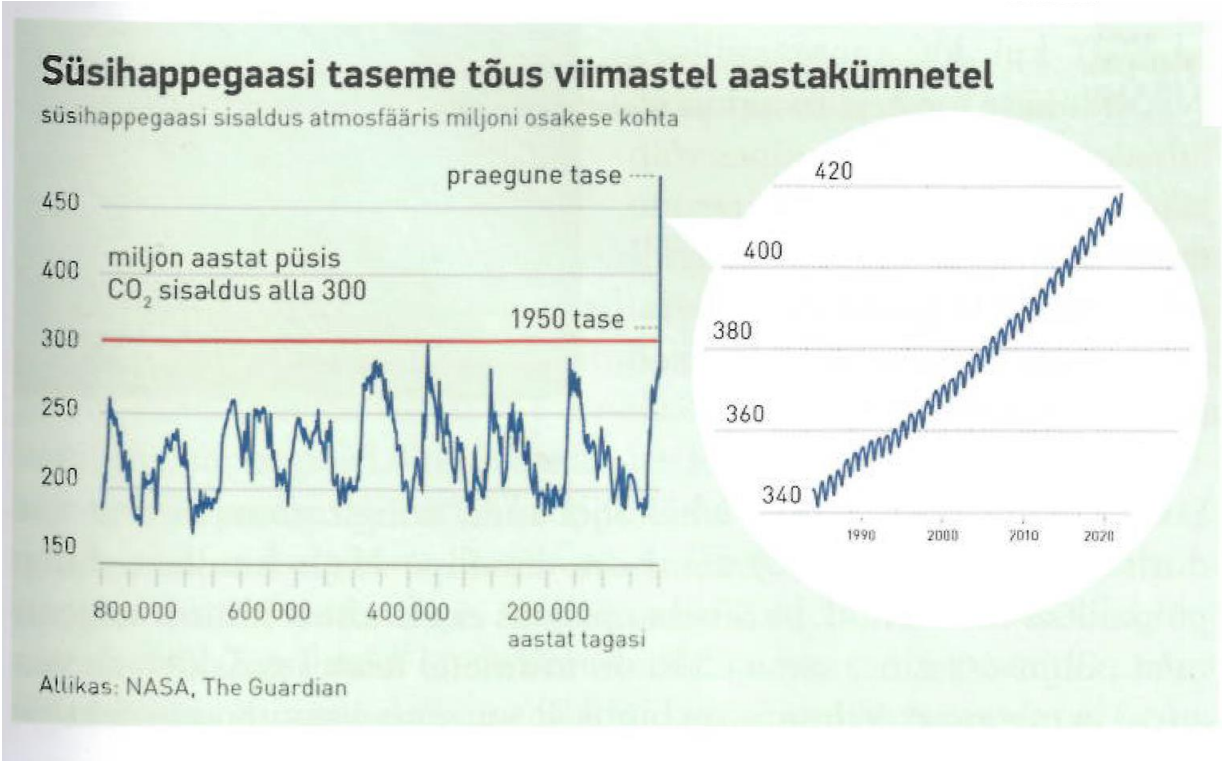
  Tallinna Tehnikaülikool päevaõpe EAA0390 kasvuhoonegaside hindamine (3 EAP)

EHITATUD KESKKONNA EMISSIOONIDE VÄHENDAMISE VAJALIKKUS

MAAILMA TALUVUSPIIRID



William Ripple, *et al.* 2023
https://doi.org/10.1093/biosci/biad080



Global Carbon budget. 2022
https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions

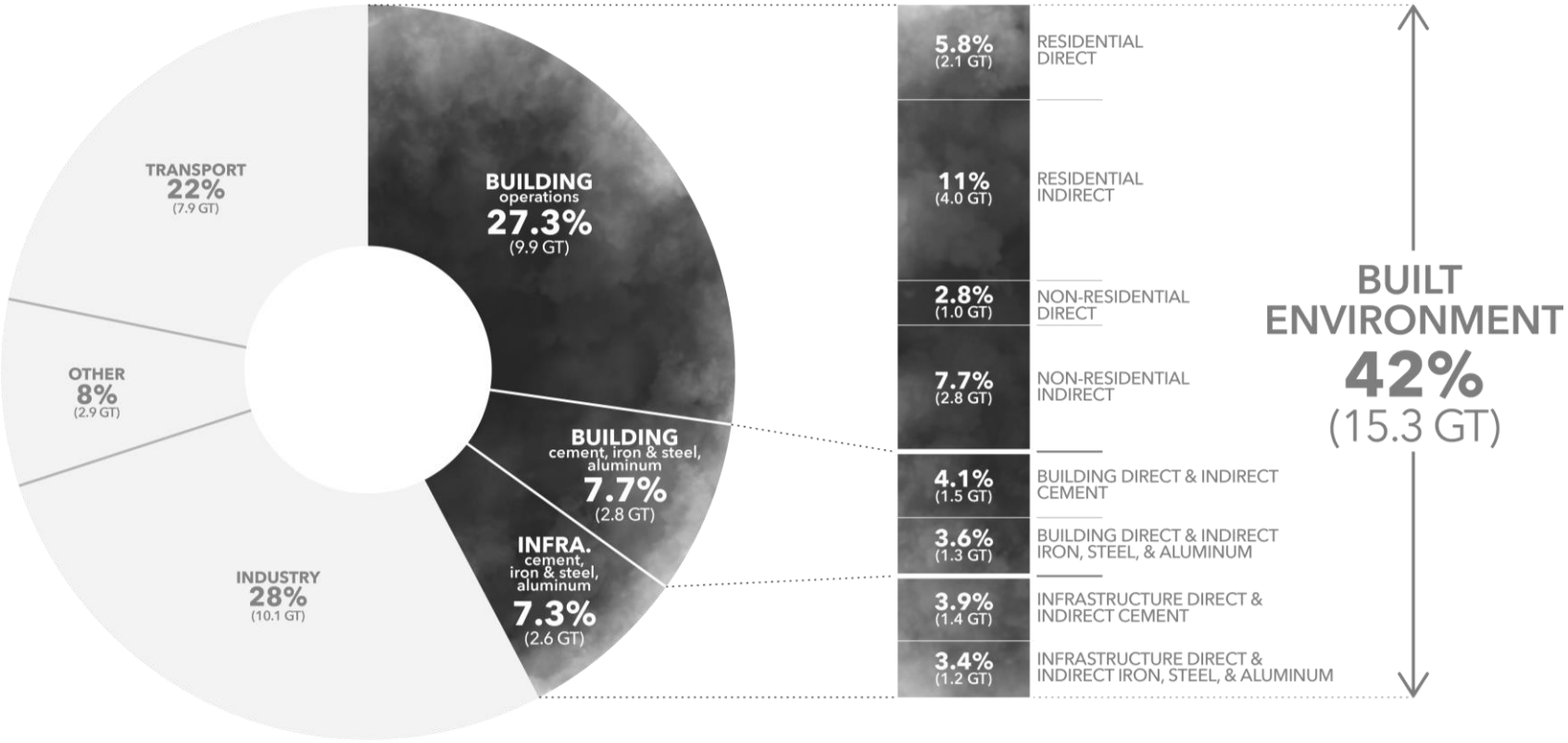
SÜSINIKU HEITMED

40% Euroopa Liidu süsiniku heitmetest tuleneb ehitatud keskkonnast (Euroopa Komisjon 2020)

42% maailma süsiniku heitmetest tuleneb ehitatud keskkonnast (IEA & Statista)

50% Eesti süsiniku heitmetest tuleneb ehitatud keskkonnast (Rohetiiger 2023)

GLOBAALNE AASTANE SÜSINIKU HEITMETE HULK GT



IEA & Statista
https://www.architecture2030.org/why-the-built-environment/

HOONE SÜSINIKU JALAJÄLJE ARVUTAMINE

Lühendid

LCA GWP EPD CO_2e ESG

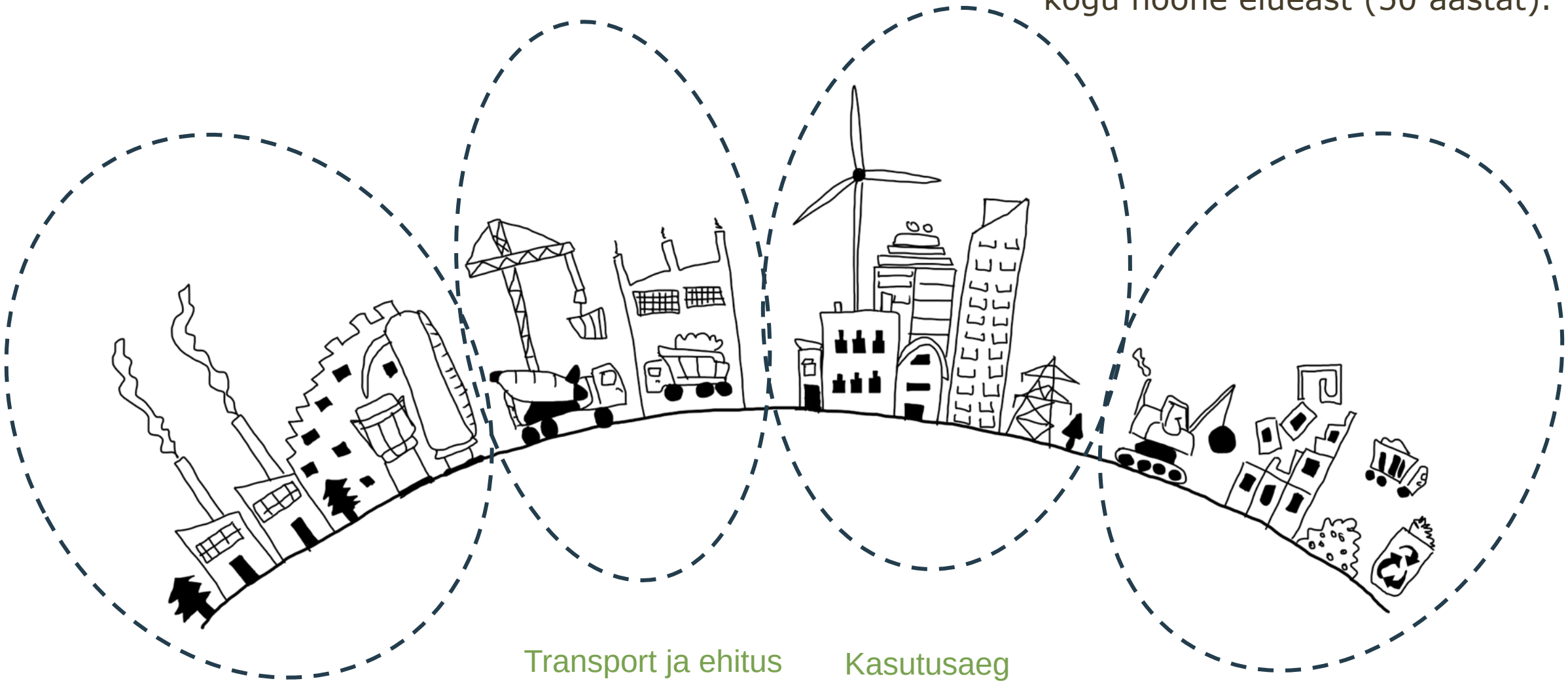
ESG – jätkusuutlikku ja vastutustundlikku lähenemine äri majandamisele

Keskkonna mõjufaktorid	Sotsiaalsed mõjufaktorid	Juhtimisalased mõjufaktorid
KHG heited	Inimõigused ja kogukonna suhted	**Ärieetika**
Õhukvaliteet	Klientide heaolu	Konkureeriv käitumine
Energiakasutuse juhtimine	Tootekvaliteet ja -ohutus	Õigus- ja regulatiivkeskkonna juhtimine
Vesi ja reovesi	Klientide privaatsus	Kriitiliste intsidentide riskijuhtimine
Jäätmete ja ohtlike materjalide käitlemine	Andmete turvalisus	Süsteemne riskijuhtimine
Ökoloogilised mõjud	Töötavad	Tarneahela juhtimine
Kliimamuutuste füüsiline mõju	Töötajate tervis ja ohutus	Ärimudeli vastupidavus
Tootedisain ja elutsükli juhtimine	Töötajate kaasatus ja mitmekesisus	
Materjalide hankimine ja tõhusus	Juurdepääs ja taskukohasus	
	Müügitavad ja tootemärgistus	

Swedbank ESG hub / https://blog.swedbank.ee/jatkusuutlikkuse-hub

HOONE SÜSINIKU JALAJÄLJE KUJUNEMINE

Näitab kasvuhoonegaaside emisioonide summat, mis tulenek kogu hoone elueast (50 aastat).



TAL TECH

SÜSINIKU JALAJÄLG

- **Materjalidega seotud heide**

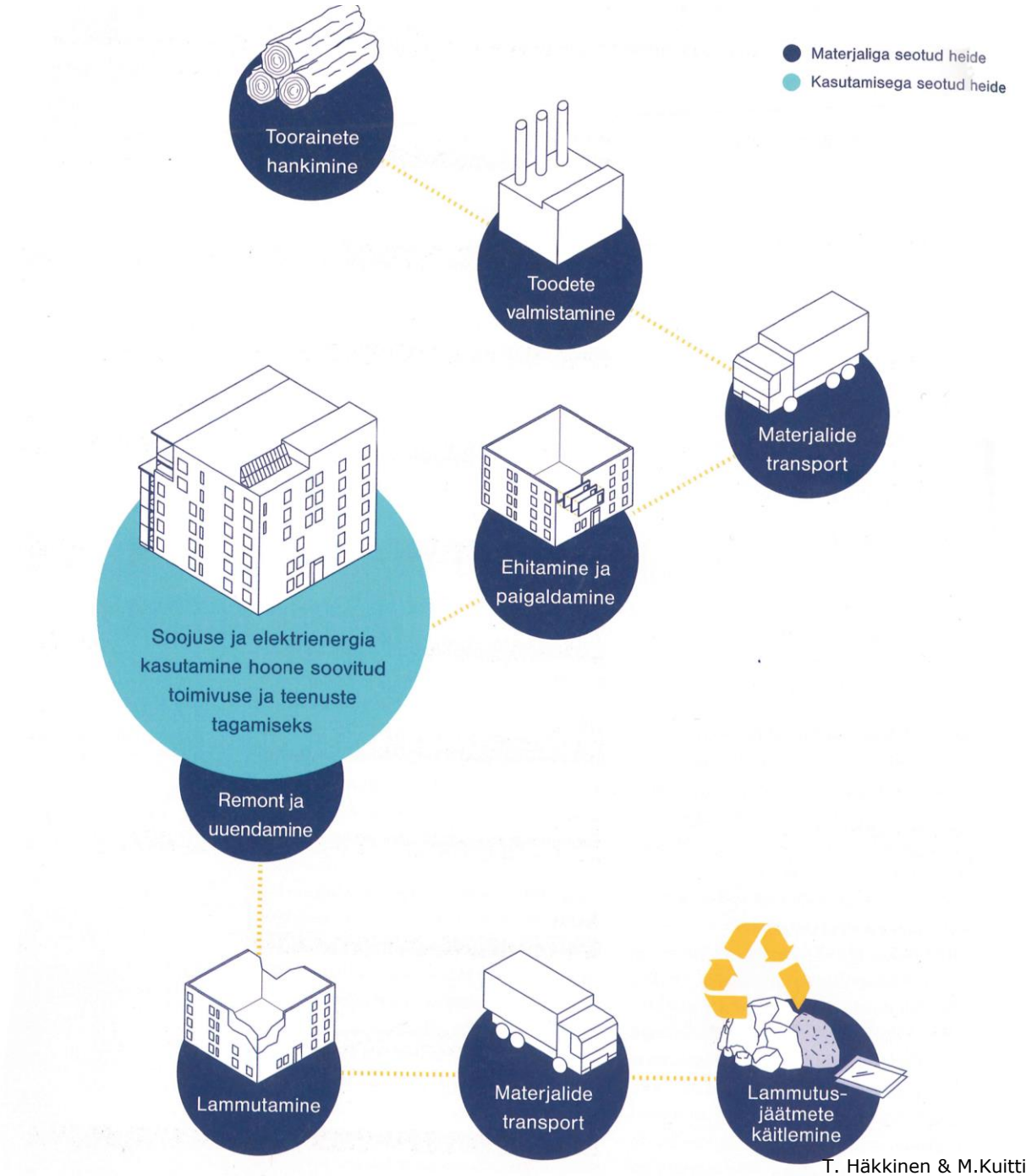
  KEHASTUNUD SÜSINIK

  otsused enne hoone kasutust

- **Kasutusega seotud heide**

  OPERATIIVNE SÜSINIK

  otsused hoone kasutuse ajal



T. Häkkinen & M.Kuittinen 2021

LIFE-CYCLE ASSESSMENT OLELUSRINGI HINDAMINE

STANDARD EN15978

TEAVE EHITISE OLELUSRINGI KOHTA																
A1-A3			A4-A5		B1-B7							C1-C4				D
TOOTMISETAPP			EHITAMISETAPP		KASUTUSETAPP							LÕPPKÄITLUSETAPP				TULUD JA KOORMUSED VÄLJASPOOL SÜSTEEMI PIIRE
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
toormaterjali tarnimine	transport	valmistamisprotsess	transport	jäätmed ehitusplatsil	kasutamine	hooldamine	asendamine	remont, korrashoid	renoveerimine	energiavajadus kasutamisel	veevajadus kasutamisel	demonteerimine, lammutamine	transport	jäätmetöötlus	kõrvaldamine	korduskasutus-taaskasutus-, ringlussevõtu potentsiaal
			stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium

KASUTATAVAD ARVUTUSVALEMID

Kuidas süsinikujalajälge arvutatakse?

Süsinikujalajälje arvutamine on matemaatiliselt väga lihtne: inventuuri kaudu saadud tulemused korrutatakse heitekoefitsientidega. Suurim töö ongi tavaliselt seotud inventuuriga.

1. valem: *Toote süsinikujalajälg = materjalide mass × materjalipõhine heitekoefitsient*

2. valem: *Energia süsinikujalajälg = tarnitud energia hulk × energialiigipõhine heitekoefitsient*

3. valem: *Transpordi süsinikujalajälg = veokaugus × transpordiliigi kilomeetripõhine heitekoefitsient*

4. valem: *Ehitustöö süsinikujalajälg = tarbitud energia × energialiigipõhine heitekoefitsient*

HOONE SÜSINIKU JALAJÄLJE ARVUTUS EESTIS

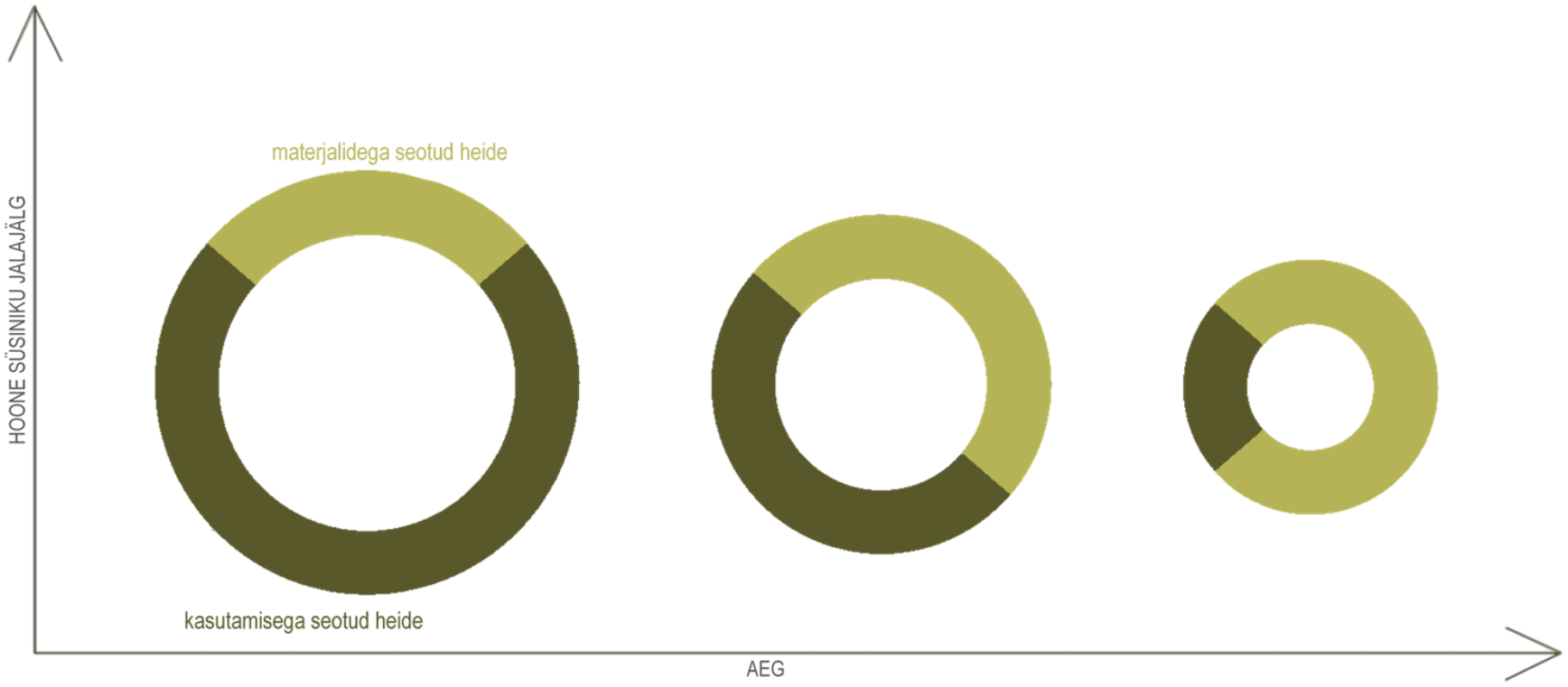
EESTI SÜSINIKU JALAJÄLJE HINDAMISMEETOD

LIFE-CYCLE ASSESSMENT OLELUSRINGI HINDAMINE

STANDARD EN15978

TEAVE EHITISE OLELUSRINGI KOHTA																
A1-A3			A4-A5		B1-B7							C1-C4				D
TOOTMISETAPP			EHITAMISETAPP		KASUTUSETAPP							LÕPPKÄITLUSETAPP				TULUD JA KOORMUSED VÄLJASPOOL SÜSTEEMI PIIRE
A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	C1	C2	C3	C4	D
toormaterjali tarnimine	transport	valmistamisprotsess	transport	jäätmed ehitusplatsil	kasutamine	hooldamine	asendamine	remont, korrashoid	renoveerimine	energiavajadus kasutamisel	veevajadus kasutamisel	demonteerimine, lammutamine	transport	jäätmetöötlus	kõrvaldamine	korduskasutus-taaskasutus-, ringlussevõtu potentsiaal
			stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium	stsenaarium
●	●	●	●	●				●		●		●	●	●	●	●

TOOTMIS- JA EHITAMISETAPP A1-A5



A1-A3 – materjalide tootmine
Konkreetne maht projektist
GWP/EPD

A4 – transport ehitusplatsile
Eesti materjal 500* km
Ülemaailmne 3000* km

A5 – jäätmed ehitusplatsil
Keskmised väärtused andmebaasi põhjal

KASUTUSEA ETAPP B – KAASATAVAD MOODULID

B4 - asendamine
Kasutusiga
Kasutusviis
Nt. Akna eluiga 40 a

B6 – kasutusaegne energia
Kasutusaegne elekter (sh. jahutus)
Kasutusaegne küte
Kasutatakse eriheitegureid (50 a keskmine)

LÕPPKÄITLUSETAPI VAIKEVÄÄRTUSED C-ETAPP

C-etapp	Lõppkäitluse stsenaariumid
C1	Dekonstrueerimine, väärtus hoonetüübist m²
C2	Transport jäätmejaama, vaikeväärtus 50km
C3	Korduskasutus, ringlussevõtt, taaskasutamine Metall 100% Puit 75% Mineraalid 0%
C4	Jäätmete kõrvaldamine Metall 0% Puit 25% Mineraalid 100%

TULUD JA KASUD D-ETAPP

- Näiteks kui element taas-kasutatakse ja seeläbi välditakse uue tootega kaasnevaid kulusid keskkonnale, siis see on kasulik uuele hoonele (uue hoone A1-A3 materjalidest tulenev jalajälg väheneb).

Etapp	Reguleerimis-ala	Määratlus	Selgitus
D Eelised – teave väljaspool olelusringi	**X**	Keskkonnale loodav kasu või koormus materjali ringlussevõtust, korduvkasutamisest ja energia taaskasutamisest.	Toetab ringmajandust ja korduvkasutust

RAKENDAMINE EESTI SEADUSANDLUSES

KOGU HOONE ELUTSÜKLI TABEL

- **Alates jaanuar 2025 kohustuslik kõigile uutele hoonetele**
- Tagavad LCA arvutuste hea kvaliteedi ja võrreldavuse;
- MKM-i määrusesse nr 36 (RT I, 06.05.2015, 2) lisada uus aruande leht.
- Väärtused köetava pinna kohta

Elutsükli etapp	C, tCO_2e	c, $kgCO_2e/(m^2a)$
A1–A3 Tootmine		
A4 Transport ehitusele		
A5 Ehitamine		
B4 Asendamine		
B6 Kasutusaegne energia		
C1–C4 Lõppkäitlus		

MKM, 2022

Tabel 10. Hoone elutsükli jooksul tekkivate kasvuhoonegaaside heitkoguste tulemused.

SÜSINIKU JALAJÄLJE RAKENDAMINE

- **Alates jaanuar 2025 kohustuslik kõigile uutele hoonetele**
- Tagavad LCA arvutuste võrreldavuse;
- MKM-i määrusesse nr 58 (RT I, 09.06.2015, 21) tuleks lisada uue materjali kogus ja CO2e andmetabel, mis ühendab sisend- ja väljundandmed
- Väärtused köetava pinna kohta

Ehitustööd	Süsiniku jalajälg C, tCO_2e	Spetsiifiline süsiniku jalajälg c, $kgCO_2e/(m^2a)$
Vundamendid, alused ja keldriseinad		
Postid ja kandvad vertikaalsed tarindid		
Põrandaplaadid, vahelaed, talad, katuslaed ja katused		
Välisseinad ja fassaad		
Avatäited		
Vaheseinad ja mittekandvad tarindid		
Muud tarindid		
Viimistlus- ja kattematerjalid		
Tehnosüsteemid		
Kokku		
Kuupäev	Nimi	/allkirjastatud digitaalselt/

MKM, 2022

Tabel 9. Ehitusmaterjalide ja -toodete süsiniku jalajälg elutsükli etapis A1–A3

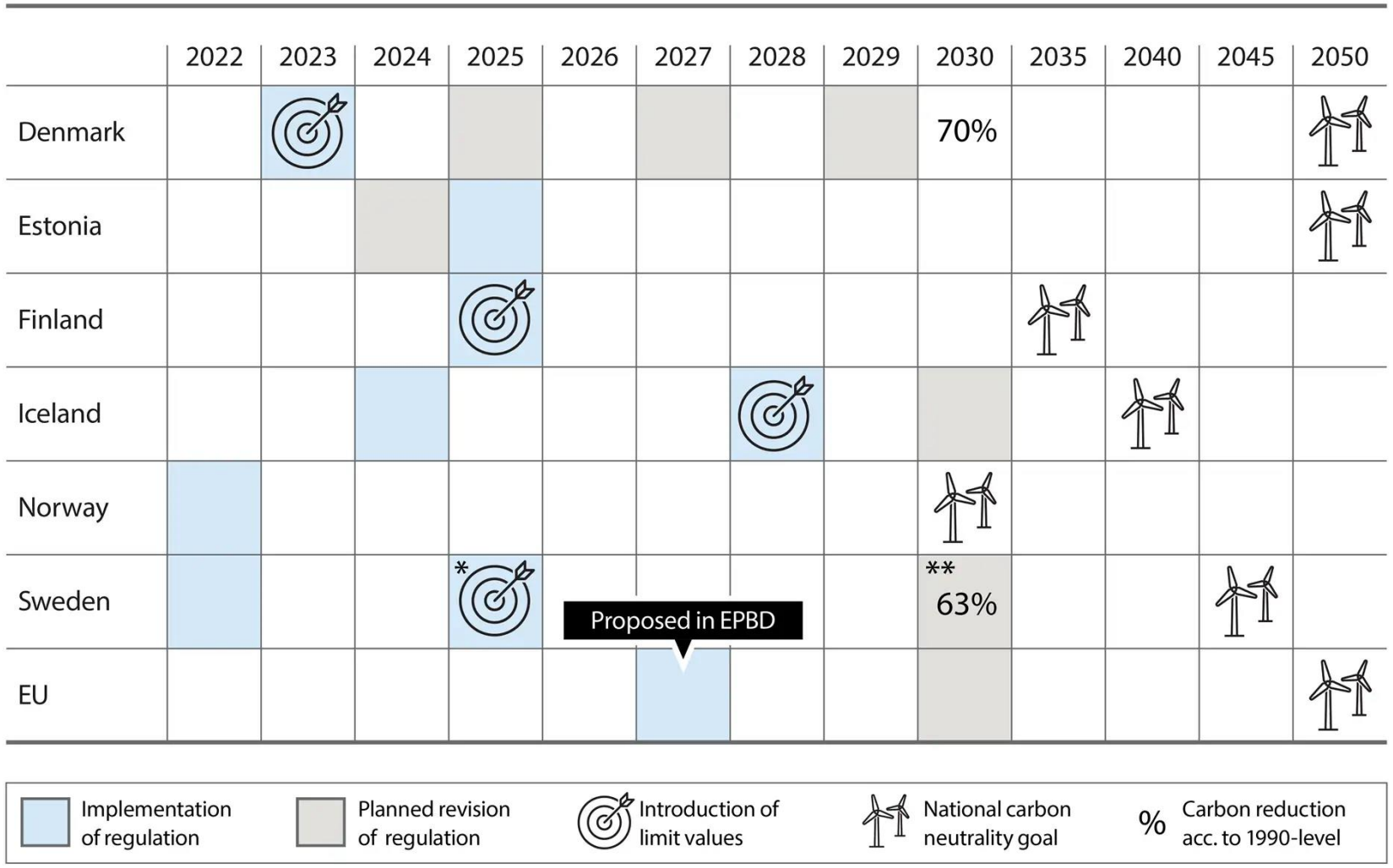
KÄIMASOLEVAD PROJEKTID HOONE SÜSINIU JALAJÄLE ARENDAMISEKS EESTIS

- TalTech - BuildEST WP 5 – **Hoone süsiniku jalajälje metoodika uuendamine**
  - Tähtaeg detsember 2023

- TalTech & Ehituse E-hüpe – **Hoone süsiniku jalajälje arvutamise kalkulaator** (Revit, Archicad liidesed) ja uuendatud **ehitusmaterjalide andmebaas**
  - Tähtaeg aprill 2024

HOONE SÜSINIKU JALAJÄLG PÕHJAMAADES

SÜSINIKU JALAJÄLJE RAKENDAMINE PÕHJAMAADES



*Limit values may be introduced on 1 July 2025 at the earliest according to a proposal from the Swedish National Board of Housing, Building and Planning in May 2023 to the government.

** For the sectors not included by EU-ETS

Nordic Harmonization of Life Cycle Assessment 2023

HOONE SÜSINIKU JALAJÄLJE ARVUTUS PRAKTILINE NÄIDE

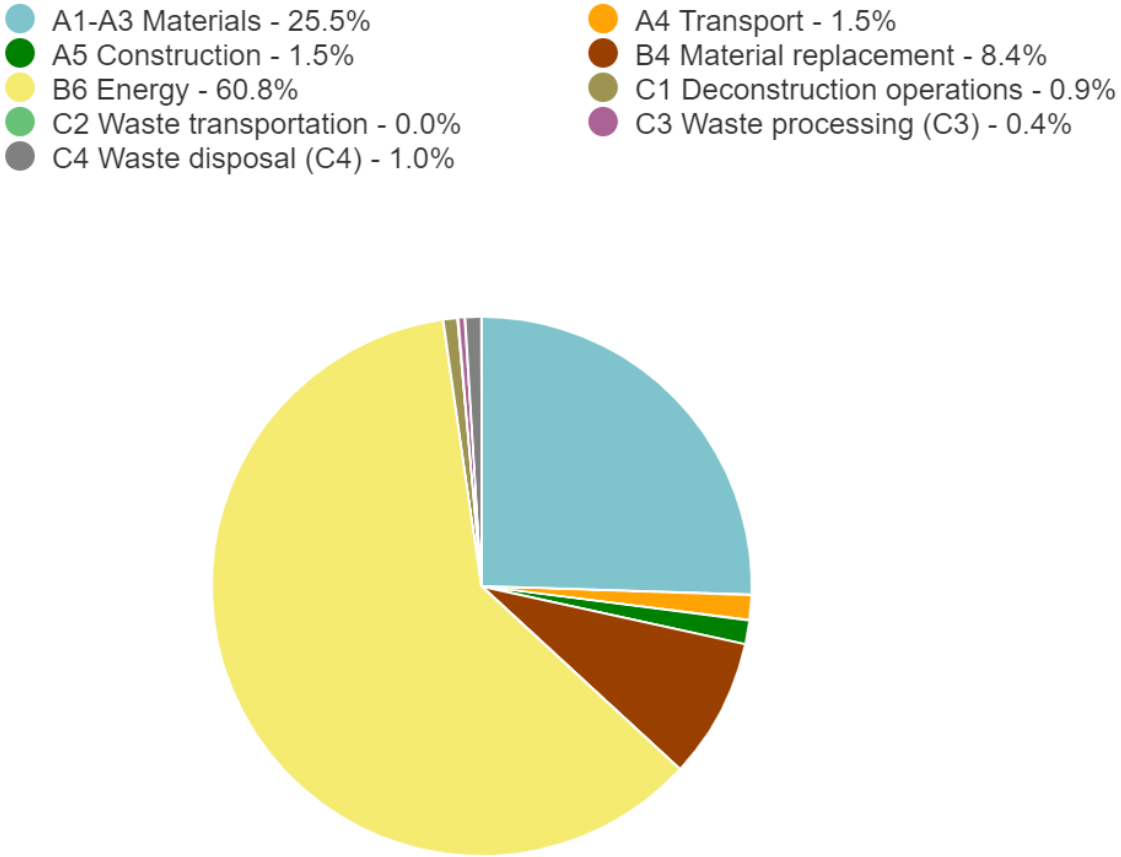
TALTECH EHITUSE MÄEMAJA

SÜSINIKU JALAJÄLJE ARVUTUS

- Millest alustasin arvutamist?
  - Hoone BIM mudel
    - Tabelis esmalt ligi 7000 rida
    - Puhastatud tabelis kokku 717 rida
  - Hoone avatäidete spetsifikatsioonid
    - Kogused
    - Suurused

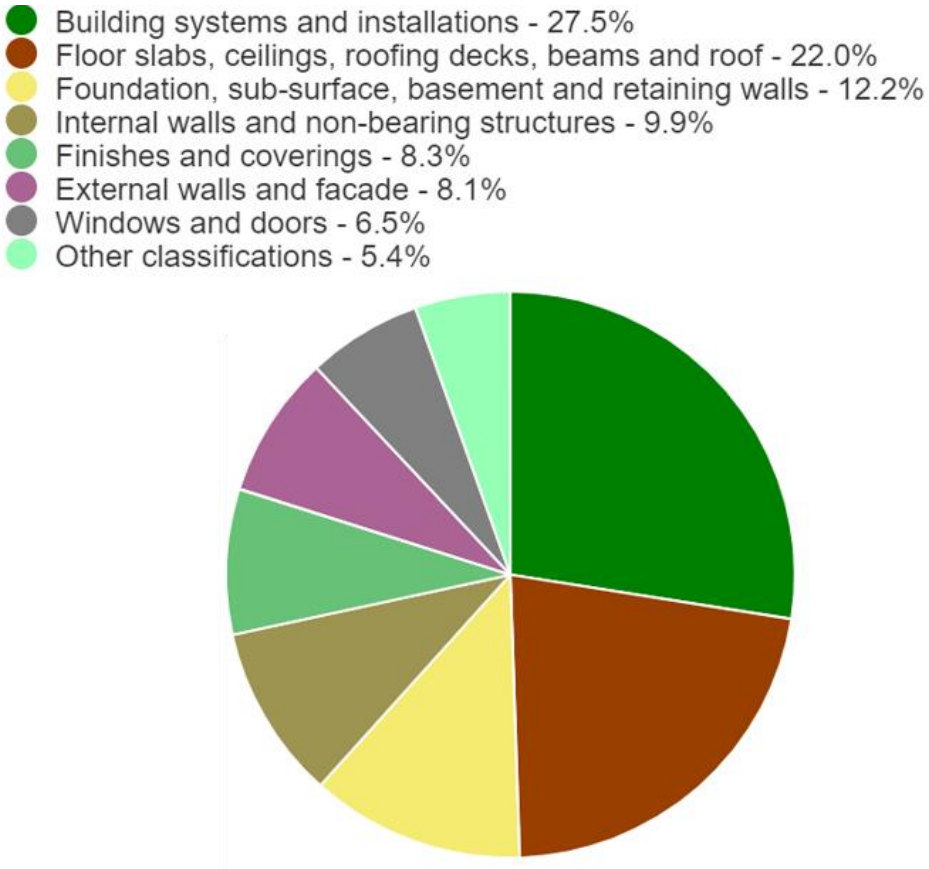
	A	B	C	D	E	F	G
1	Component	Bounding	Bounding	Type	Volume	Count	Color
2	Beam	0.26	13.3	PV1	0.215	1	
3	Beam	0.4	4.19	_KANDETARIND - liimpuit 240 x 400	0.402	1	
4	Beam	0.4	5.5	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.321	1	
5	Beam	0.4	5.5	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.321	1	
6	Beam	0.4	5.5	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.321	1	
7	Beam	0.4	5.5	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.321	1	
8	Beam	0.4	5.65	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.33	1	
9	Beam	0.4	7.1	_KANDETARIND - liimpuit 240 x 400	0.682	1	
10	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.556	1	
11	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.556	1	
12	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.583	1	
13	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.583	1	
14	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.583	1	
15	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.583	1	
16	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.583	1	
17	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.583	1	
18	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.587	1	
19	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.587	1	
20	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.587	1	
21	Beam	0.4	10.02	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.587	1	
22	Beam	0.4	10.16	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	0.605	1	
23	Beam	0.4	11.21	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.673	1	
24	Beam	0.4	11.31	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.67	1	
25	Beam	0.4	11.34	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.672	1	
26	Beam	0.4	11.44	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.687	1	
27	Beam	0.4	11.52	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.691	1	
28	Beam	0.4	11.6	_GENEERILINE MATERJAL 150 x 400	0.651	1	
29	Beam	0.4	16.19	_KANDETARIND - liimpuit 240 x 400	1.39	1	
30	Beam	0.4	23.65	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	1.31	1	
31	Beam	0.4	23.65	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	1.31	1	
32	Beam	0.4	23.65	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	1.31	1	
33	Beam	0.4	23.65	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	1.37	1	
34	Beam	0.4	23.65	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	1.37	1	
35	Beam	0.4	23.8	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	1.42	1	
36	Beam	0.4	24	_KANDETARIND - liimpuit 150 x 400	1.44	1	
37	Beam	0.48	12.86	_KANDETARIND - CLT ristkihtliimpuit 150 x 480	0.683	1	
38	Beam	0.48	12.86	_KANDETARIND - CLT ristkihtliimpuit 150 x 480	0.771	1	
39	Beam	0.48	12.86	KANDETARIND - CLT ristkihtliimpuit 150 x 480	0.771	1	

KOGU HOONE OLELUSRING



Elutsükli etapp	C, tCO_2e/hoone	c, $kgCO_2e/(m^2a)$
A1–A3 Tootmine	1192.11	5.86
A4 Transport ehitusele	69.28	0.34
A5 Ehitamine	68.35	0.34
B4 Asendamine	393.4	1,93
B6 Kasutusaegne energia	2840.54	13.97
C1-C4 Lõppkäitlus	117.58	0.58
Kokku (A–C)	4681.26	23.02
D Täiendav teave väljaspool elutsüklit	-2.48	-0.01

KOMPONENTIDE JAOTUMINE A1-A3 MOODULIS



Ehitustööd	Süsinikdioksiidi jalajälg C, tCO_2e	Spetsiifiline süsiniku jalajälg c, $kgCO_2e/(m^2a)$
Vundamendid, alused ja keldriseinad	176.03	0.87
Postid ja kandvad vertikaalsed tarindid	13.73	0.07
Põrandaplaadid, vahelaed, talad, katuslaed ja katused	313.98	1.54
Välisseinad ja fassaad	126.06	0,.2
Avatäited	83.39	0.41
Vaheseinad ja mittekandvad konstruktsioonid	141.53	0.7
Muud tarindid	31.69	0.16
Viimistlus- ja kattematerjalid	54.24	0.27
Tehnosüsteemid	251.46	1.24
Kokku	1192.11	5.86

SÜSINIKU JALAJÄLJE VÄHENDAMINE

“Rohelisem” betoon,nt. kõrgahjuräbu kasutamine

Suurem taaskasutus% terase toormes

Fassaadikatte valik, alternatiivne tootja?

Kasutatud Accoya puidu transport?

Nr.	Ressurss	Mõju toormest kliendini (A1–A3) tCO_2e	% toormest kliendini (A1–A3)
1.	Ehitusteenused, õppehoone (väärtus m^2 kohta)	250	20.8 %
2.	Valmisbetoon, C30/37	130	10.5 %
3.	Valmisbetoon, siseseinte element	99	8.3 %
4.	Ristkihtpuit	85	7.1 %
5.	Tugevdusteras	80	6.7 %
6.	Konstruktsiooniteras	79	6.7 %
7.	Valmisbetoon, õõnespaneelid	75	6.3 %
8.	Alumiiniumprofiilid või -plaadid	51	4.3 %
9.	Klaasvill	50	4.2 %
10.	Lamineeritud spoonist saematerjal	42	3.5 %

HOONE SÜSINIKU JALAJÄLJE ARVUTUSE TÄHELEPANEKUD

INFOVÄLJADE OLULISUS

Beam

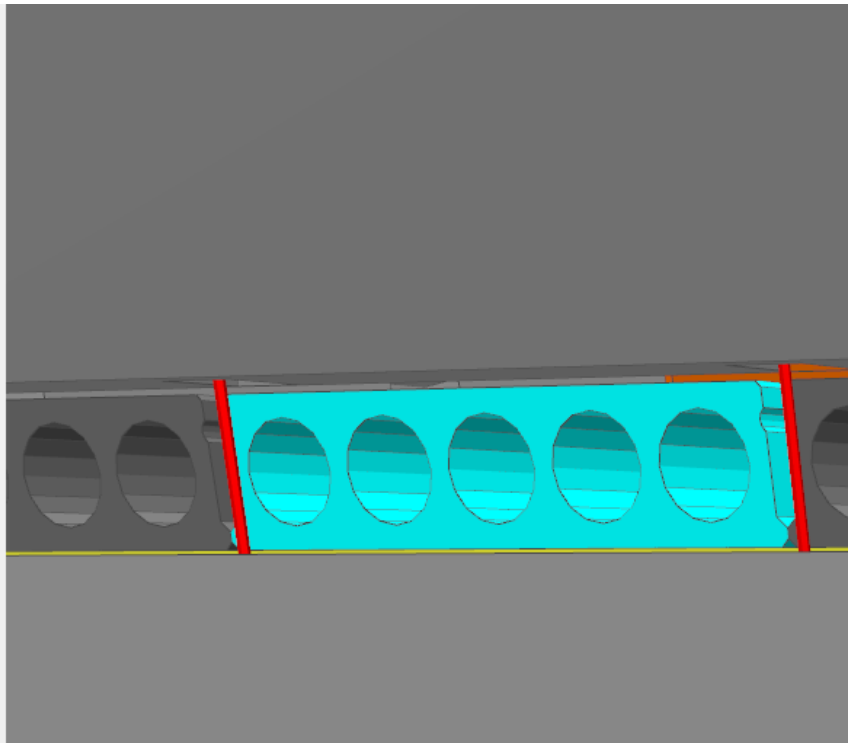
Summary | Location | Material | Tekla Quantity

Property	Value
Area per tons	13.75 m²
AssemblyWeight	2724.521703
Gross area	37.47 m²
Gross footprint area	7.29 m²
Gross volume	1.135 m³
Gross weight	2724.521703
Height	265 mm
Length	6,430 mm
Net surface area	37.47 m²
Net volume	1.135 m³
Net weight	2724.521703
Volume	1.135 m³
Weight	2724.521703
Width	1,200 mm

Beam

Summary | Location | Material | Clashes

Property	Value
Model	S_Apruse33_15.01.22
Prefix	
Name	HCE265
Phase	
Type	EBE_HCE265
Type Name	EBE_HCE265
Description	EBE_HCE265
Material Name	CONCRETE/C50/60
Layer	TS_1 Phase 1
Is External	
Load Bearing	
Fire Rating	
IFC Element	IfcBeam
Predefined Type	NOTDEFINED
Tag	ID546057aa-0000-2673-31...
GUID	1KO5Ug000cSp4qCJKsCZ4u



KANDETARINDID

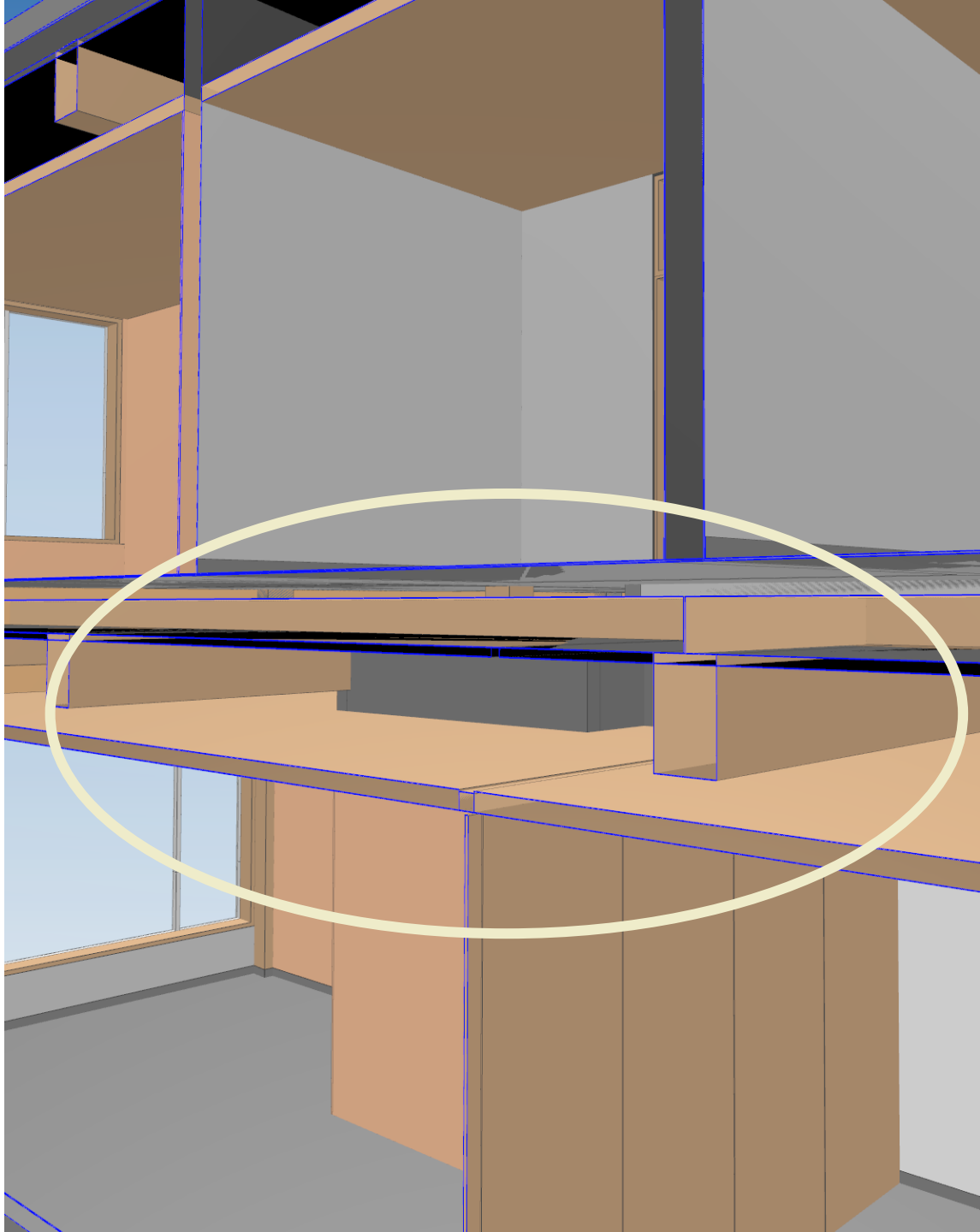
- Topeltelemendid
- Vahelaed AR ja EK mudelis
- Välisseinte kandev osas AR ja EK mudelis

- Märkida nt
  - AR_vahelagi
  - EK_vahelagi

Mis on karkassi vahel?

Mis sammuga on puit?

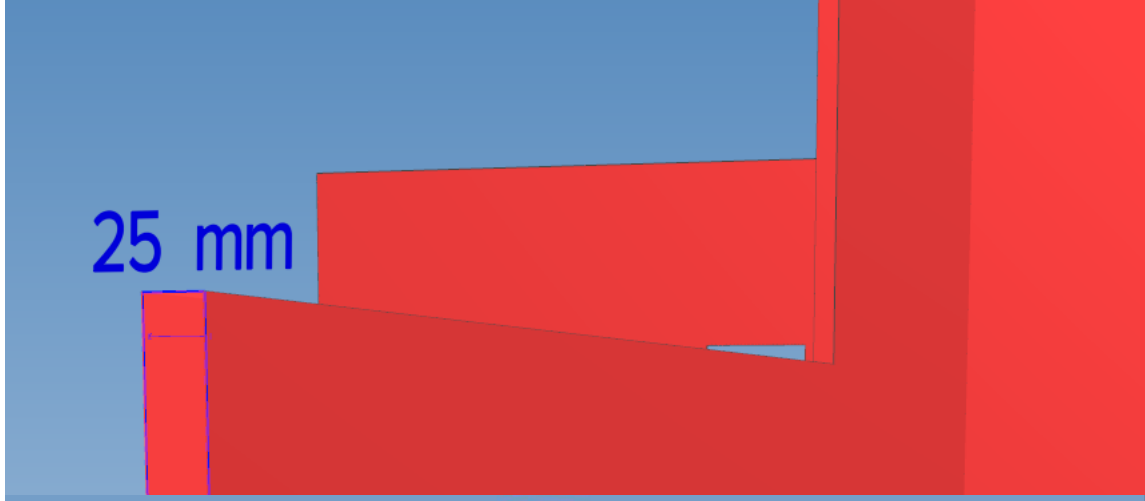
Millises mudelis korrektne paksus?

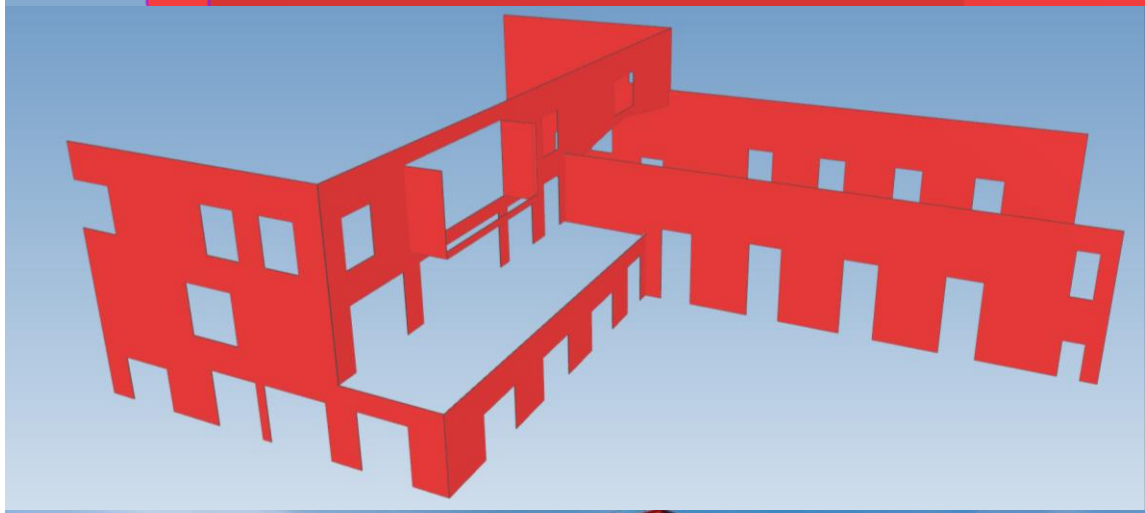


MUDELI TÄPSUS

- Alumiiniumplaat, tegelik paksus 0.5mm
- Mahuna kantud sisse kui 25 mm, sest geomeetriline
- Oluline on märgata selliseid elemente, eriti metall/alumiinium/

- Teada keerukama profiiliga tooteid nt. valtsplekk, peroreeritud materjalid, võrgud, kassetid





PEAMISED KITSASKOHAD

- **Tarindid -** topelt-elementide märkamine
- **Kasutusel „geneeriline materjal“** – mida arvutussüsteemid hindavad objektina, millel pole ei pindala ega ruumala.
- **Avatäited** (sh siseuksed- ja aknad) - Oluline on korrektsed pindalad ning süstematiseerimise viis.
- **Mudelisse kantud info ja materjali paksustega** – nt. värvikiht paksusega >50mm

HOONETE SÜSINIKU JALAJÄLJE VÄHENDAMINE

VÕIMALUS EHITATUD KESKKONDA KESTLIKUMAKS MUUTA

www.ehitatudkeskkond.ee

Kadri-Ann Kertsmik
Kadri-ann.Kertsmik@taltech.ee

29.11.2023