

RINGNE PROJEKTEERIMINE JA EHITAMINE
KRULLI KVARTALI NÄITEL

Ingrid Viskus

Tallinna Tehnikaülikool, Ehituse ja arhitektuuri instituut

Teadmistepõhine ehitus | 29.10.2026 | Paralleelsessioon II B – Ringne ehitus

KOKO KRULLI KASVUHOONE

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

KRULLI POSTINDUSTRIAALNE KONTEKST
NELI PÕHISTRATEEGIAT

10,2 ha Franz Krulli masinatehase ala | **Pilootprojekt Kasvuhoone:** 3 liidetud ajaloolist halli (A, B, C)

1 LINNAPLANEERIMINE

Urban Playbook

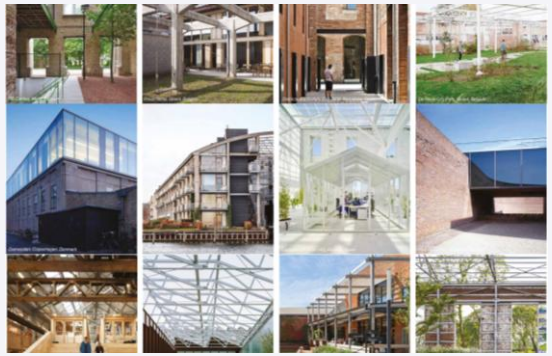
- Põhja-Tallinna uus süda, seotud rohevõrgustiku ja Putukaväilaga
- Krulli Spine – jalakäijasõbralik selgroog
- ~50% elamu- ja 50% äripinda
- 24/7 avalike väljakute võrgustik



2 ARHITEKTUUR

City of Shells

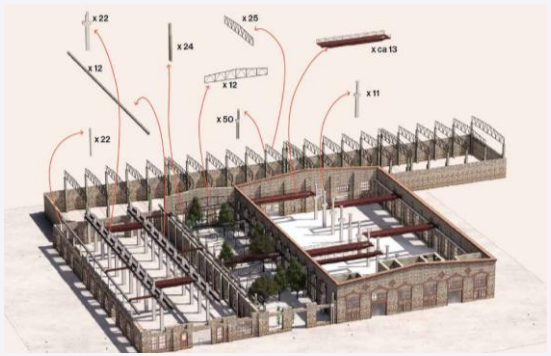
- Paekivikestad uue arhitektuuri alusena
- Interior Layering – puidust ruum-ruumis mahud
- Shell Cap ja Shell Match
- Let the Gable be the Icon



3 RINGMAJANDUS

Metabolism & Harvest

- Elav materjalipank skaalas XL – XS
- Form Follows Availability
- Taaskasutuse hierarhia Tier 1–4



4 KLIIMAKOHANEMINE

Performative Landscapes

- Linnatihnik: „nii palju kui vaja, nii vähe kui võimalik“
- SUDS: vihmapeenrad, imbnõvad, vertikaalhaljastus
- Bioremediatsioon ja elurikkus

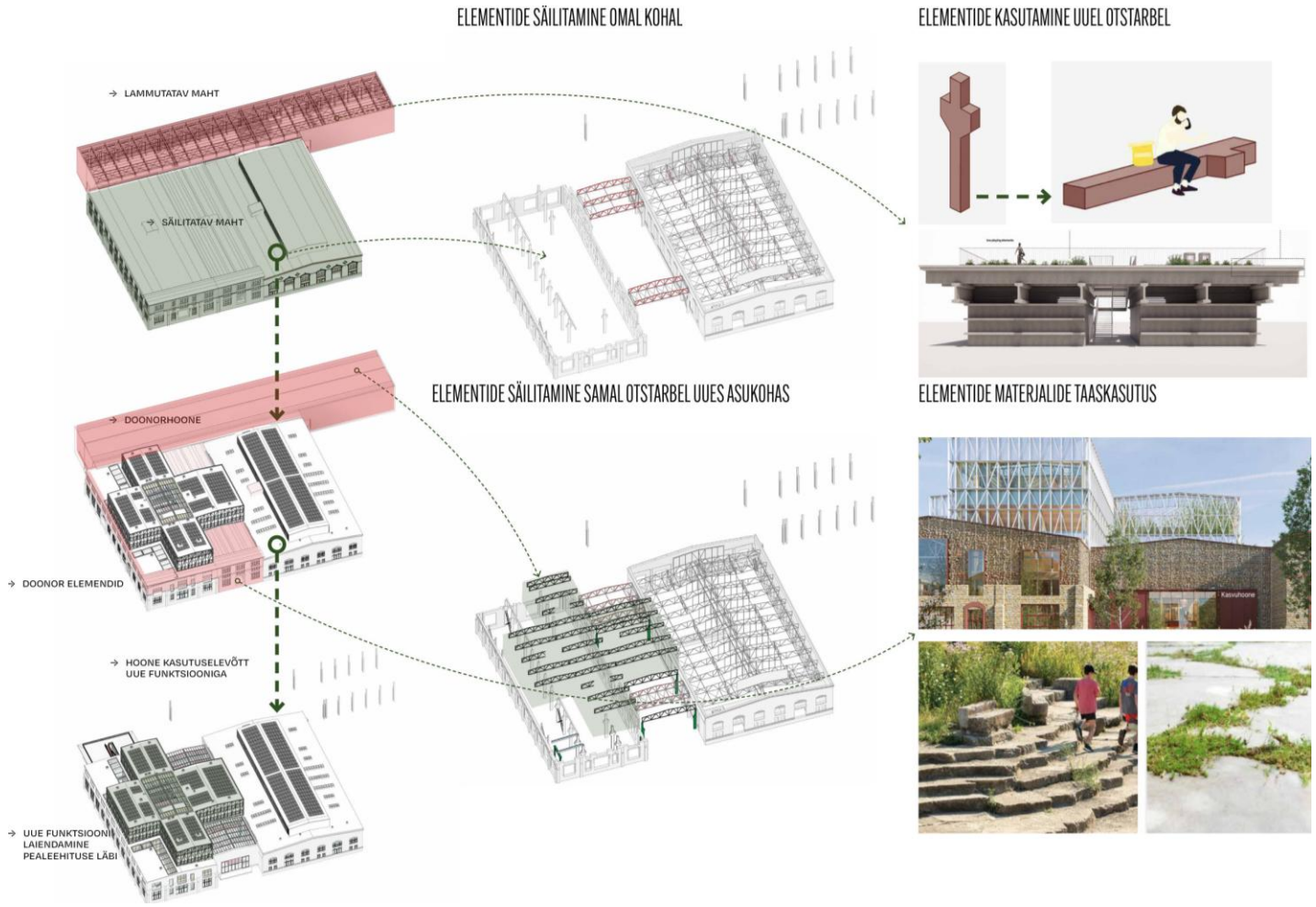


Raamistik: Cobe: Krulli Urban Playbook; KINO: Välisala kontseptsioon

KASVUHOONE KUI ELAV MATERJALIPANK
DONOR BUILDING INVENTORY

Kaardistatud materjalivaru:

- **107 betoonposti** (sh 38 D-hallist)
- **48 ajaloolist terasfermi** (sh 26 D-hallist)
- **190 kraanatala** (sh 34 D-hallist)
- **3385 ribipaneeli** katuselt (sh 308 D-hallist)
- **377 tööstusvalgustit** ja **19 ajaloolist kraanat**



PARADIGMA MUUTUS
REVERSED DESIGN PARADIGM

Tavapärane mudel
Design-First

Funktsioon → **Vorm** → **Materjalide hankimine tarnijatelt**

kõrge kehastunud süsinik

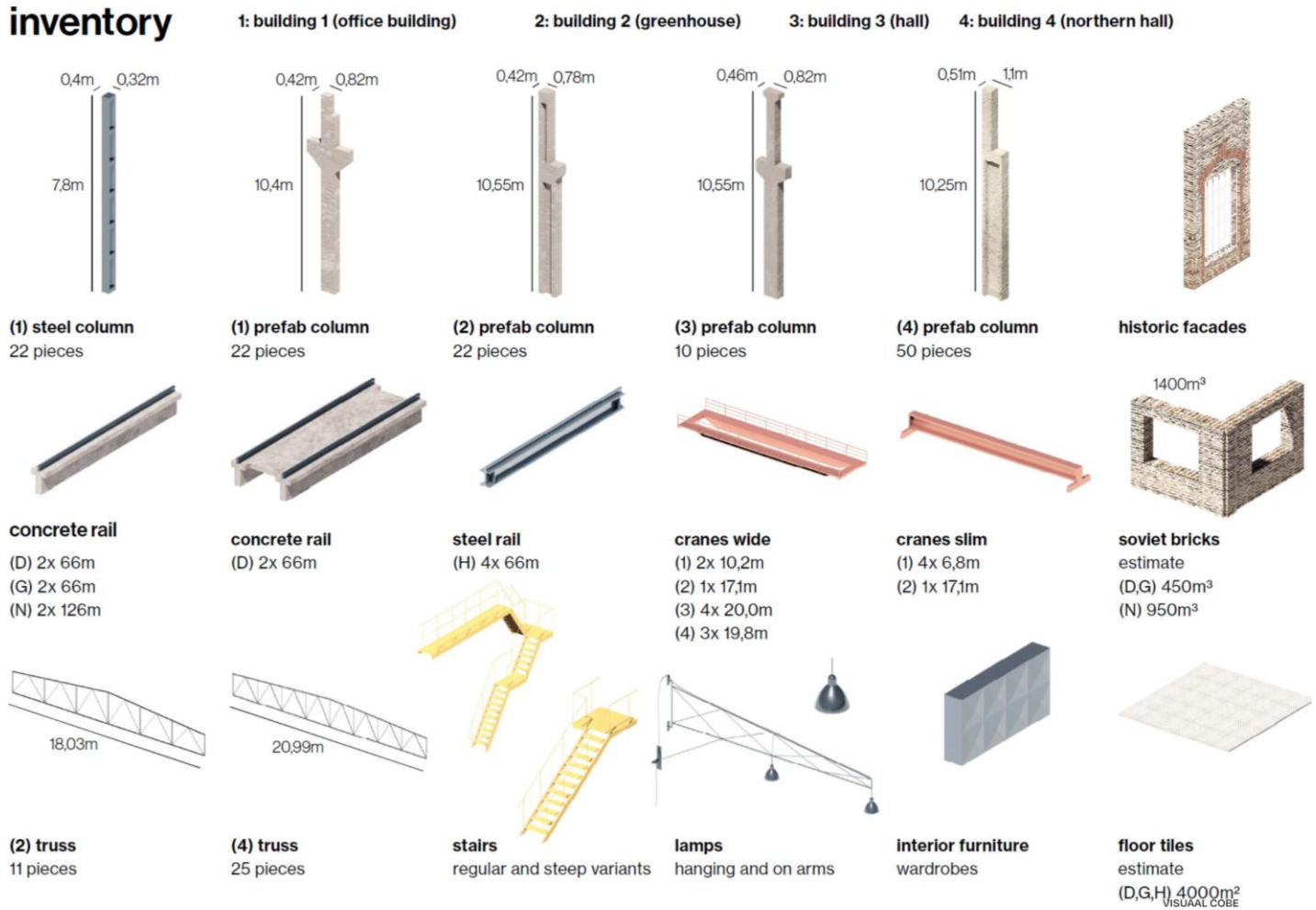
Tagurpidi projekteerimine
Material-First

Materjalide audit → **Tehniline kontroll** → **Ruumiline geomeetria laoseisust**

Põhimõte: **Form Follows Availability** – vorm järgib materjali kättesaadavust

ARHITEKTI UUENENUD ROLL
MATERJALI-NAVIGAATOR

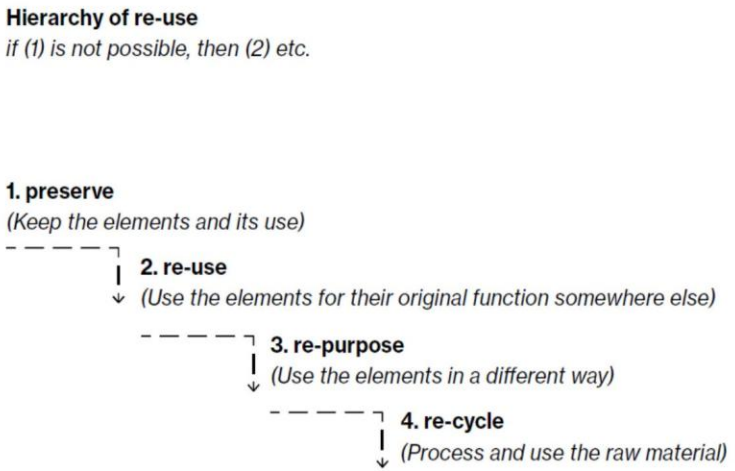
- **Rolli muutus:** „valge lehe“ vormiloojast loovaks materjali-navigaatoriks
- **Protsessi eripära:** paralleelne kavandamine eri materjalistsenaariumitega
- **Paindlikkus:** geomeetria kohandamine vastavalt sertifitseerimistulemustele

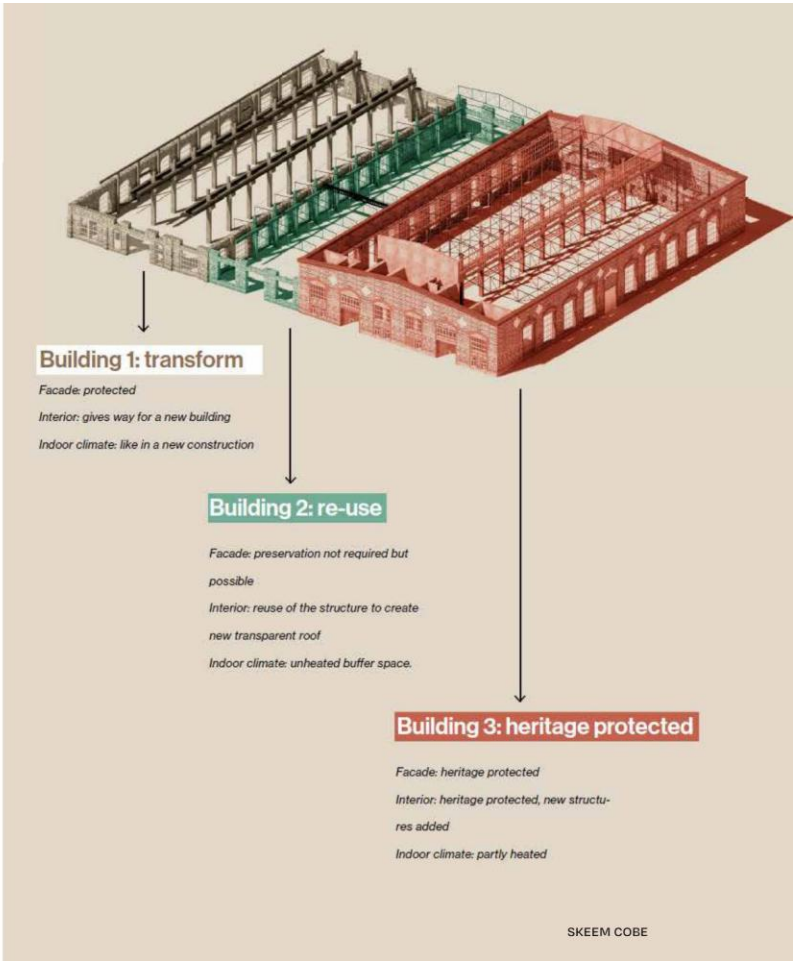


RAAMISTIK 1
HIERARCHY OF RE-USE

Kuhu suunata olemasolev materjal?

- **1. Säilita paigal** – A-, B- ja C-halli paekivimüürid
- **2. Otsene korduskasutus** – terasfermid ja betoonpostid uues kandeskeemis
- **3. Väärindav otstarbe muutmine** – sildkraanad aatriumi käigusildadeks
- **4. Ringlusse suunamine** – purustatud betoon ja kivi gabioonide ja teekatete täiteks



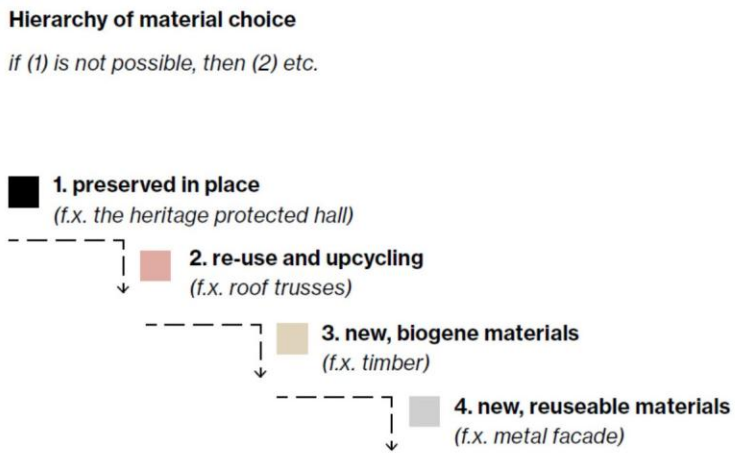


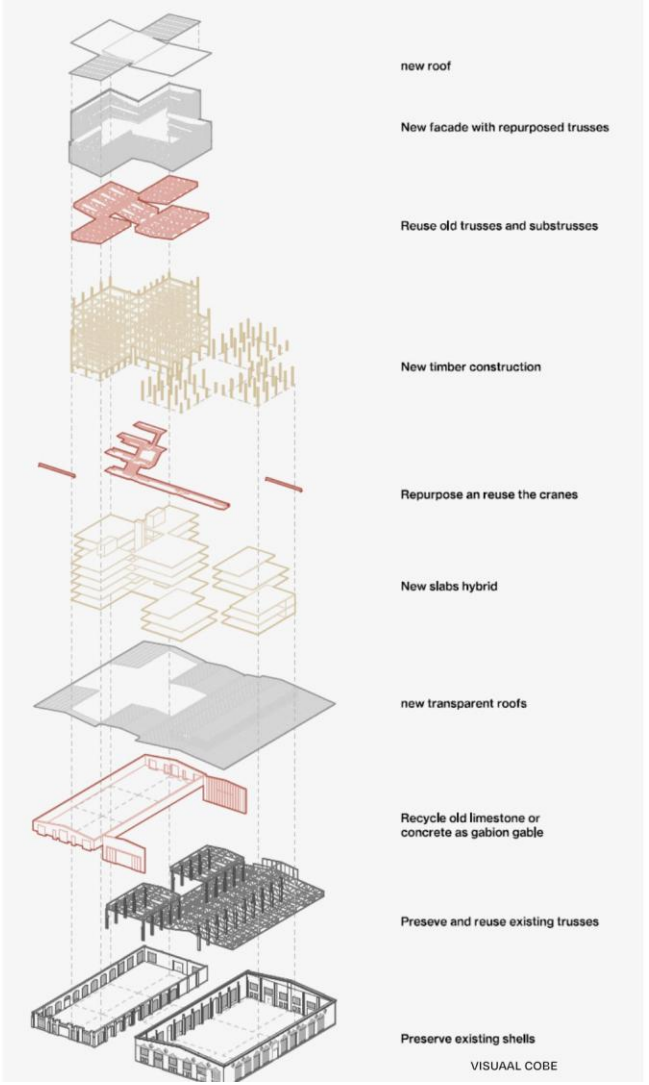
Toimib paaris materjalivaliku hierarhiaga (Hierarchy of Material Choice)

RAAMISTIK 2
HIERARCHY OF MATERIAL CHOICE

Mida kasutada, kui materjalipangast jääb puudu?

- **1. Säilitamine kohapeal** – tsaariaegsed ja Eesti Vabariigi aegsed paekivi- ja tellisfassaadid
- **2. Korduskasutus ja väärindamine** – D-halli terasfermid ja betoonpostid uues kandeskeemis
- **3. Uued biogeensed materjalid** – CLT/GLT „ruum-ruumis" mahud paekivimüüride vahel
- **4. Uued ringlussevõetavad materjalid** – metallist fassaadikatted ja klaas demonteeritavate liidetega



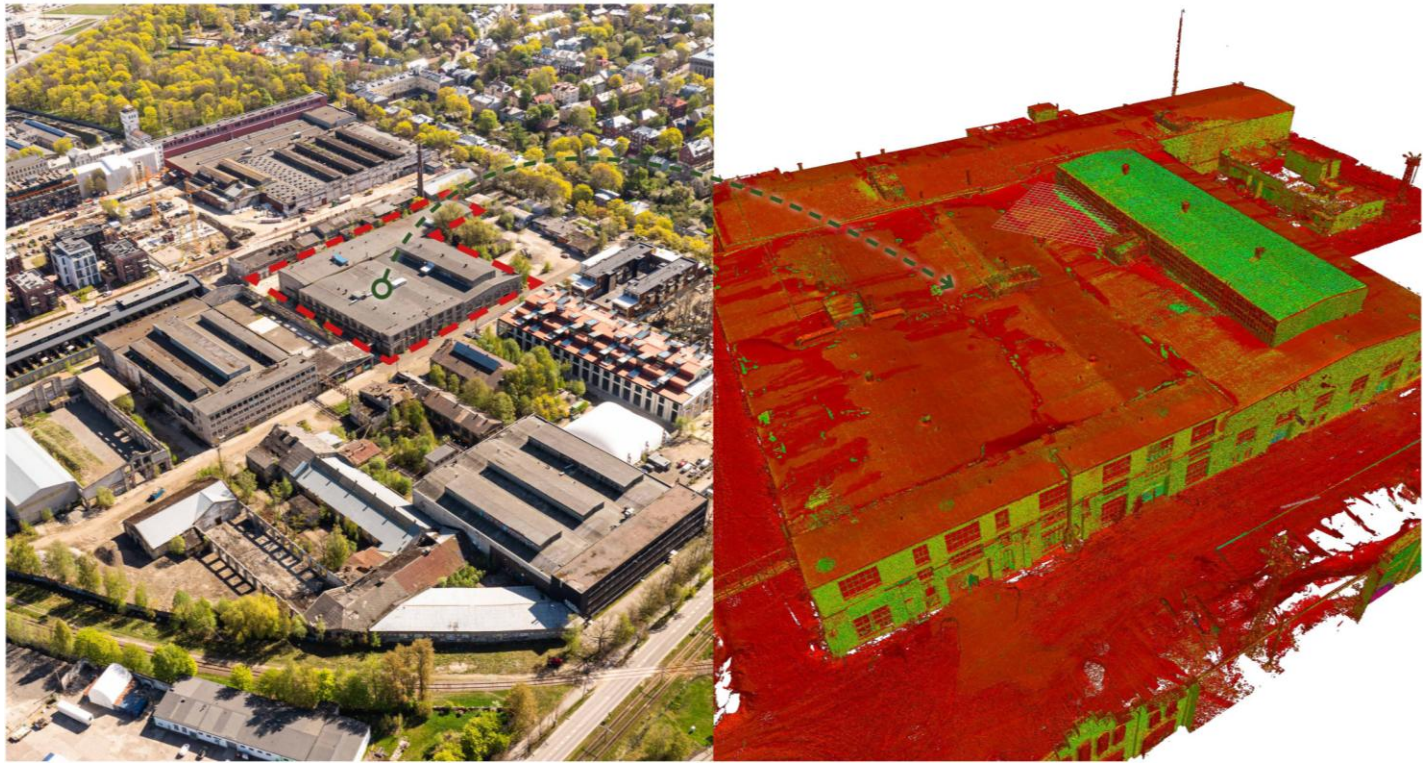


Aktiveerub, kui materjalipangast jääb puudu või detail ei läbi tehnilist kontrolli

DIGITAALNE AUDIT
3D LASERSEIRE JA HBIM-MATERJALIPASSID

HBIM (Heritage Building Information Modeling):

- Demonteeritavate elementide 3D-laserskaneerimine ja fotogrammeetria
- Digitaalsed materjalipassid: geomeetria, kulumine, asukoht
- Otsene sisselugemine projekteerimismudelisse



TEHNILISED UURINGUD
PURUSTAMATA JA LABORIKATSED

Purustamata katsed (NDT):

- **Betoonpostid ja katusepaneelid:** Schmidti haamer, ultraheli impulsskiirus
- **Kraanatalad ja kraanad:** ülevaatus, läbipainde hindamine ajutise koormuse all
- **Terasfermid:** 3D-laserskaneerimine, visuaalne ja NDT-kontroll

Laborikatsed:

- **Betoon:** puursüdamike survekatsed; katusepaneelide purustav koormuskatse TalTechi laboris
- **Teras:** kõvadus- ja tõmbetugevuskatsed, keemiline analüüs ja mikrostruktuur
- **Silikaattellis:** saasteainete analüüs



AJALINE LIITMINE
TEMPORAL COUPLING

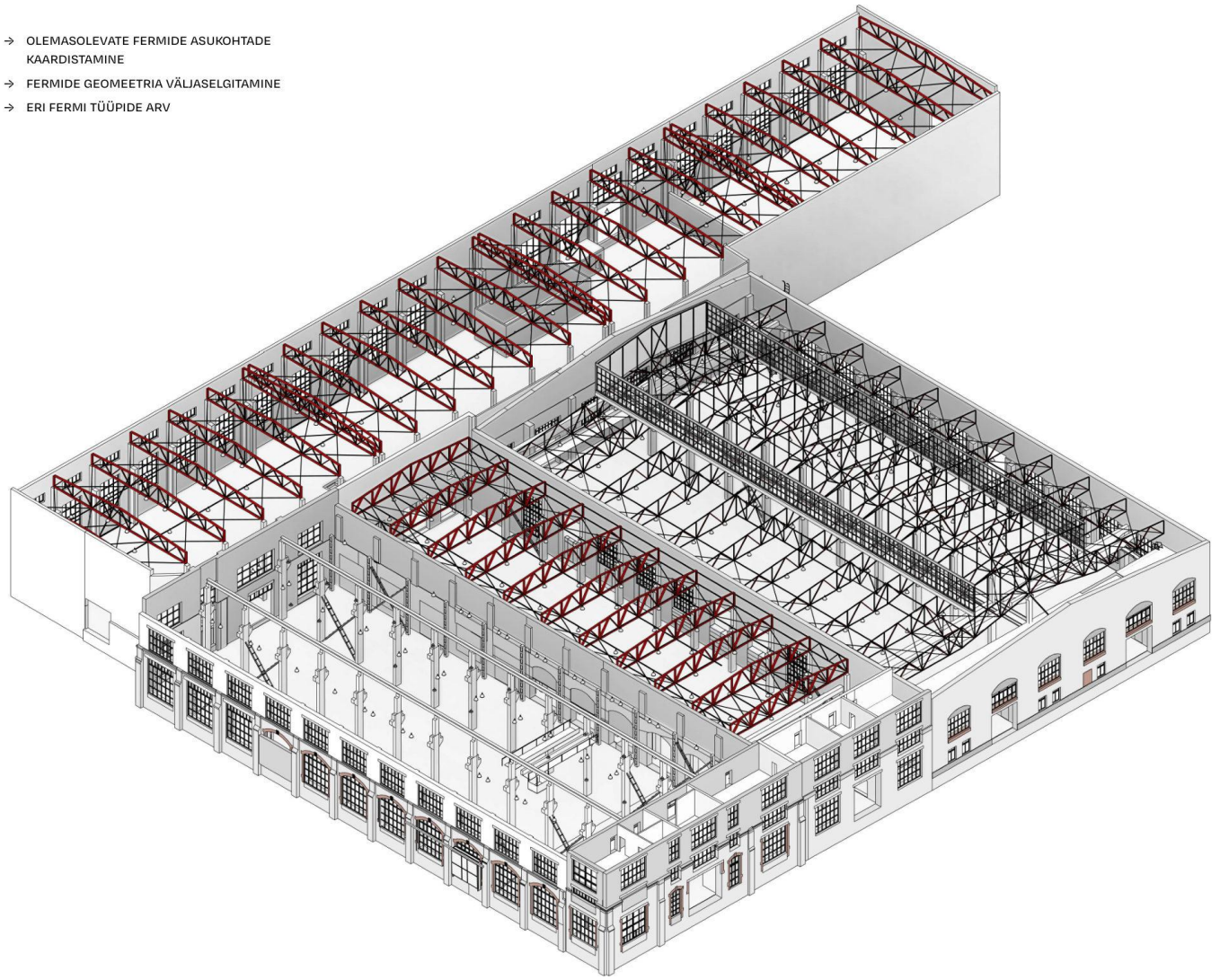
Komponendi tüüp määrab töövõtte ja lukustamise aja

projekteerimise ajatelg →

VARAJANE FAAS	KESKNE FAAS	HILINE FAAS
Proaktiivne liitmine (Proactive Integration) **Struktuursed elemendid** • Laoseis dikteerib kandeskeemi • Lukustatakse eelprojekti algul	**Iteratiivne liitmine** (Iterative Integration) **Fassaadid ja vaheseinad** • Puhvertsoonid neelavad mõõtude kõikumise • Kohandatakse inventuuri järgi	**Reaktiivne liitmine** (Reactive Integration) **Sisearhitektuur ja viimistlus** • Kohandused hilises faasis • Kasutab ülejääva materjali

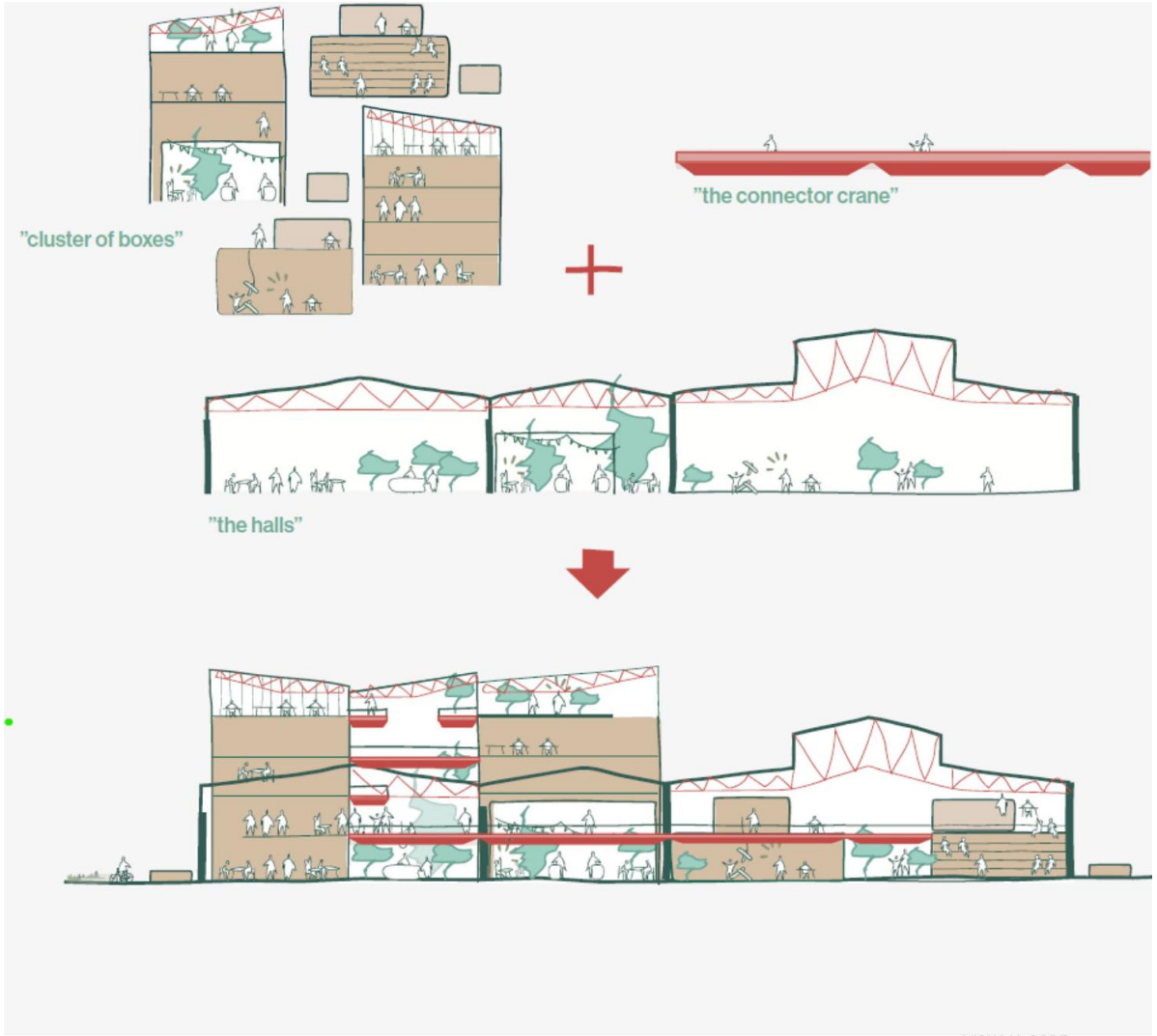
PROAKTIIVNE LIITMINE
KANDEKONSTRUKTSIOONID JA RUUDUSTIK

- Kandeelementide laoseis dikteerib hoone struktuurse ruudustiku
- Sildeavade ja korrusekõrguste lukustamine eelprojekti algetapis
- Varajane kokkulepe tellija ja inseneridega eesmärkide osas
- Kõikide osapoolte varajane kaasamine



A-HOONE
PUIDUST „RUUM-RUUMIS“ LAHENDUS

- Iseseisvad CLT/GLT puitkarkassiga büroomahud paekivimüüride vahel
- Koormuste eraldi ülekanne vundamendile
- Biogeense puidu ja ajaloolise paekivi sünergia



VISUAAL COBE

REAKTIIVNE LIITMINE
PUHVERTSOONID JA LADUSTAMISE LOOGIKA

Mõõtuliste tolerantside ja platsilogistika juhtimine:

1. **Arhitektuursed puhvertsoonid**
   Liitesõlmed neelavad 20–50 mm kõrvalekaldeid fassaadil ja vaheseintes

2. **Kohapealne vaheladu**
   Päästetud postid, fermid ja kraanatalad sorteeritakse ja hoitakse Krulli alal – ilma transpordiheiteta

3. **Loendus ja markeerimine**
   Iga element loendatakse ja märgistatakse; tarned ehitusalasse Just-In-Time

4. **Ilmastiku- ja kvaliteedikaitse**
   Teras- ja puitdetailid kaitstakse korrosiooni ja niiskuse eest kuni paigalduseni

Kohapealne vaheladu: päästetud materjalid Krullis






Platsilogistika: elementide kaskaad

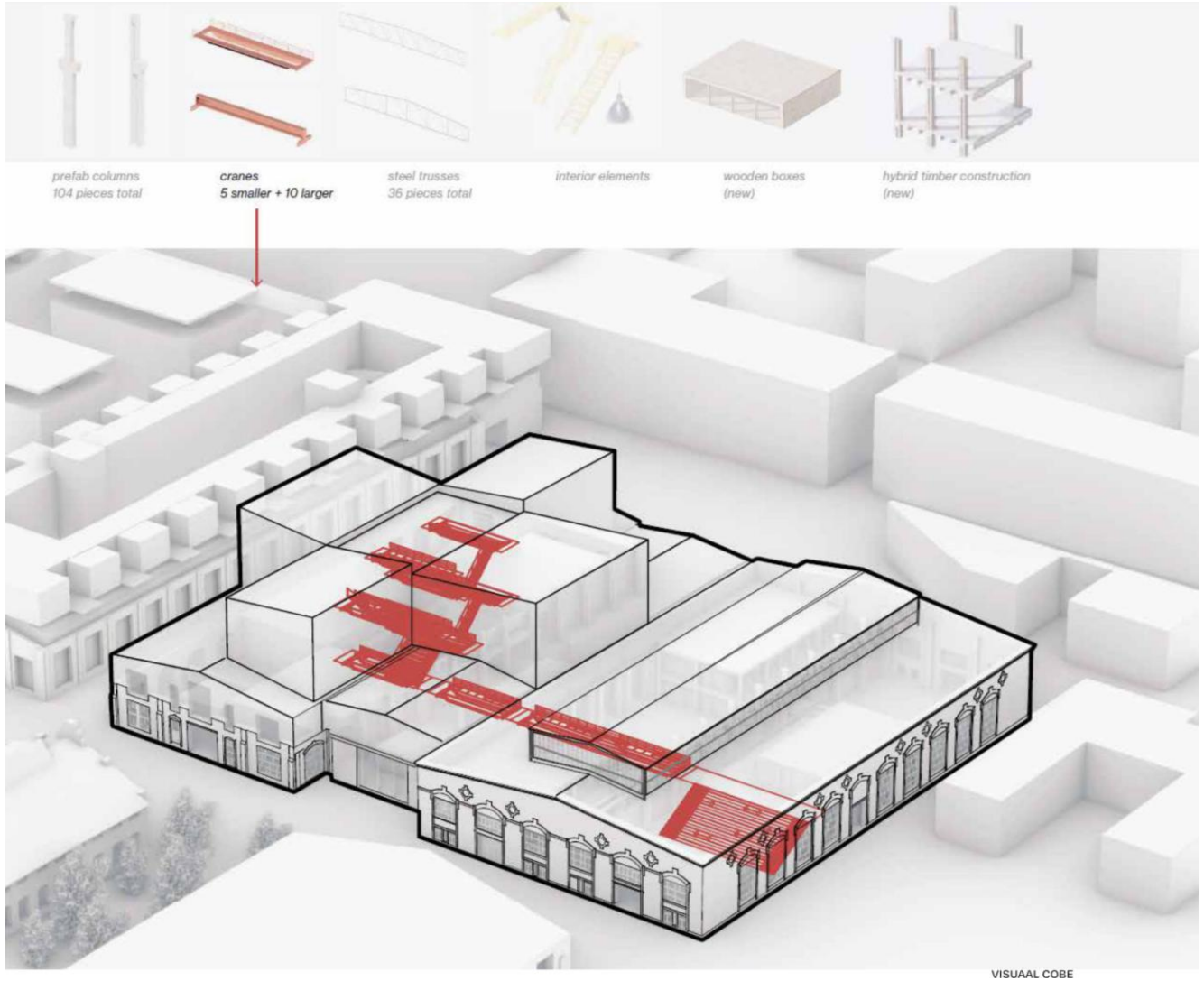
Demontaaž D-hallist etapiviisiliselt → **Loendus ja markeering** iga element märgistatakse → **Vaheladu** kaitse hoiustamisel → **Paigaldus** Just-In-Time, puhvertsooniga

Vahelao laoseis on sünkroniseeritud ehitusjärjekorraga

SILDKRAANAD
AATRIUMI KÄIGUSILDADEKS

Tier 3 – väärindav ümberprojekteerimine:

- C- ja D-halli sildkraanade peatalade otsene korduskasutus
- Aatriumi haljastatud käigusildade ja taimekonsoolide kandeskeem
- Ajaloolise tööstusliku identiteedi säilitamine

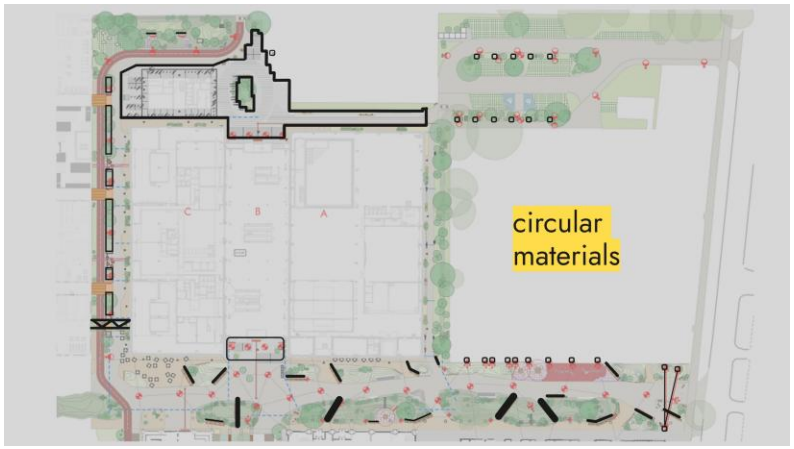


VÄLIRUUM KUI MATERJALIKASKAAD
KINO MAASTIKUARHITEKTID

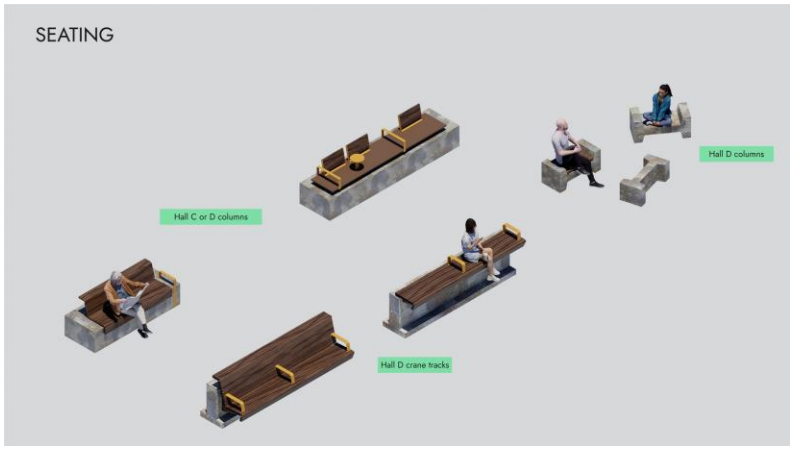
Kohapealne materjaliringlus:

- Betoonplokid → impregneeritud istumismüürid ja piirded
- Betoontalad → rulaelemendid ja tõkised
- Purustatud müüritis → gabioonkorvide täide ja pinnakatted

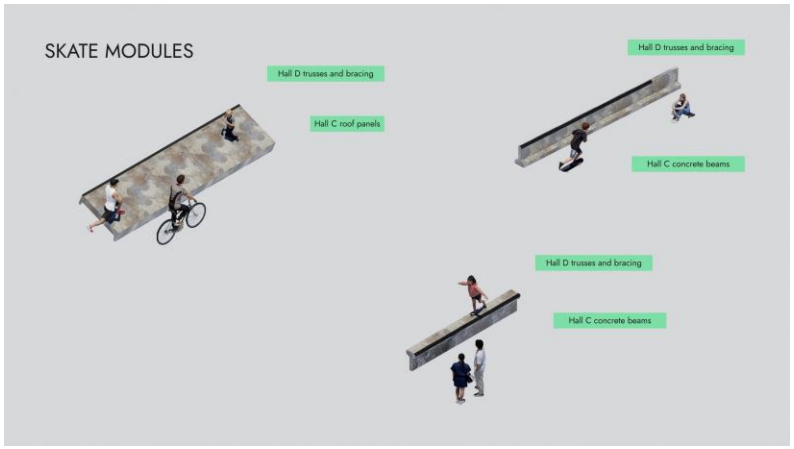
Visuaalid: KINO maastikuarhitektid, 2026



Ringsete materjalide paiknemine väliruumis



Istumiselemendid: C- ja D-halli postid, D-halli kraanaröövpad



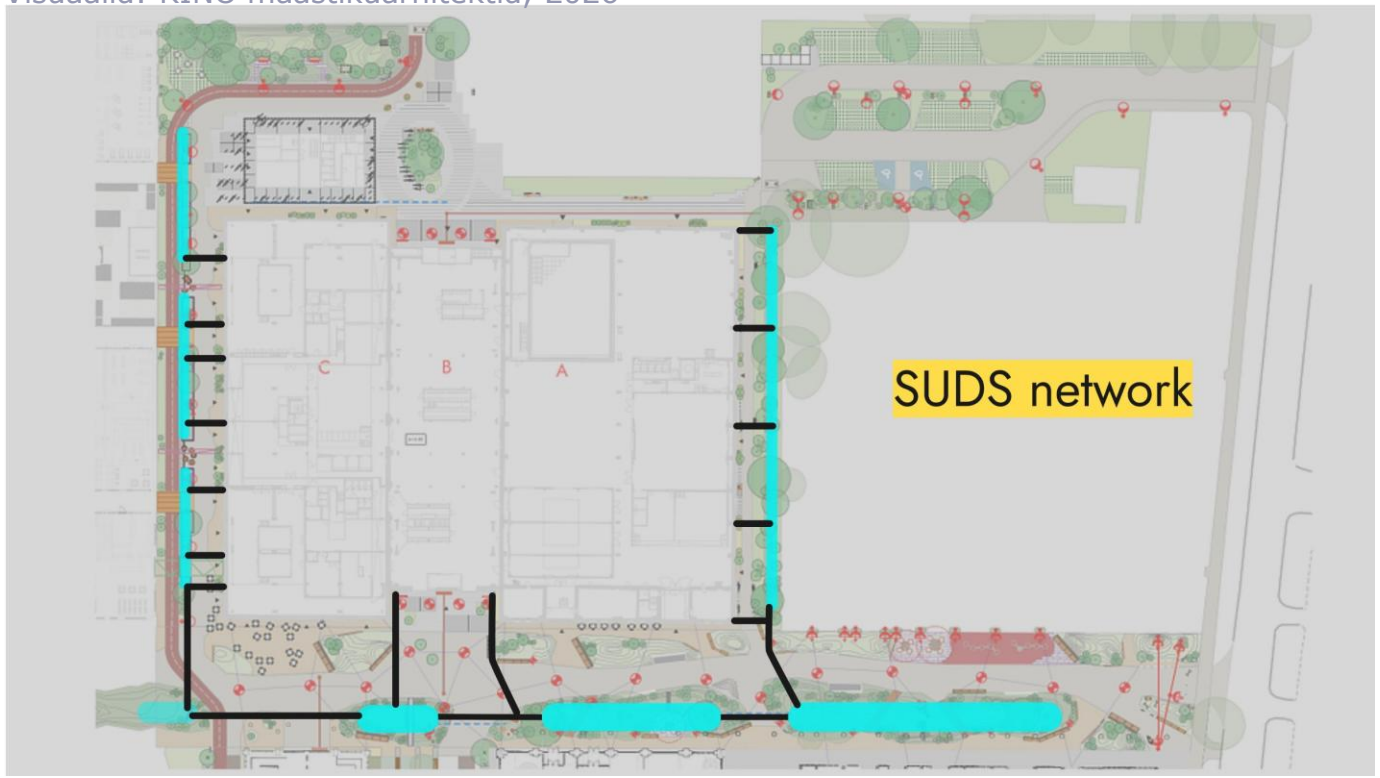
Rulaelemendid: D-halli fermid, C-halli betoontalad ja katusepaneelid

SÄÄSTLIK SADEMEVEESÜSTEEM
SUDS

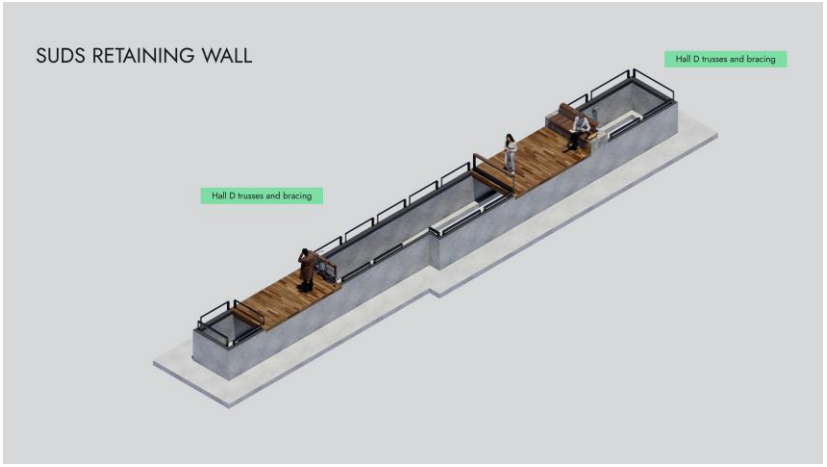
Looduslähedased sademeveelahendused:

- Vihmapeenrad ja imbnõvad sademevee kohapealseks käitlemiseks
- Saastunud pinnase bioremediatsioon ja elurikkuse taastamine

Visuaalid: KINO maastikuarhitektid, 2026



SUDS-võrgustik: vihmapeenrad ja imbnõvad



SUDS-tugisein D-halli fermidest ja sidemetest



Niidu- ja vihmapeenrad väliruumis

REGULATIIVSED TÕKKED JA VÕIMALUSED
EHITUSTOODETE MÄÄRUS (CPR)

Kitsaskoht:

- Kasutatud detailidel puudub tehaseline CE-märgis ja toimivusdeklaratsioon

Uus CPR (EL) 2024/3110:

- Mõisted **„kasutatud toode"** ja **„taastoodetud toode"**
- Võrdsustatud uue tootega: kasutamisele ja turustamisele EL-is kehtivad samad reeglid

Lahendus Kasvuhoones:

- Kohapealsed ekspertiisid ja ülikooli katsekeskuse sertifikaadid
- Vastutuse jagamine osapoolte vahel



TOIMIVUSPÕHINE TULEOHUTUS
PBD JA CFD

- **IGNIS-e analüüs** ja CFD-simulatsioonid kõrge laega A-hoones (~8,8 m puhaskõrgus)
- Tõestati, et lokaalse tulekahju korral ei ületa terasfermid kriitilist temperatuuri
- **Tulemus:** ajaloolised terasfermid säilitati ilma tuletõkkevärvita



KEHASTUNUD SÜSINIKU SÄÄST
A1–A3 POTENTSIAAL KUNI −90%

Eskiisifaasi elutsükli hinnang (WBLCA, EN 15978) – kandekonstruktsioonid, A1–A3:

- **Kandeskeem kokku: ideaalis kuni −90%** võrreldes samaväärse uusehitusega (uus betoonkarkass)
- **Terasfermid** (Buro Happold): uued ~200 t → taaskasutatud ~70 t CO_2e (~30 → ~10 kg CO_2e/m^2), **ligi −65%**
- **Betoonpostid ja kraanatalad:** otsene korduskasutus väldib uue tsemendi ja betooni tootmist
- **Uued mahud:** CLT/GLT puit tavabetooni asemel seob süsinikku

SKEEMID BURO HAPPOLD

→ FERMIDE TUGEVNDUS / LISAKOORMUSE EEMALDAMINE

→ FERMIDE TAASKASUTUS VÕIMALIKUS SOOVITUD KOHAS

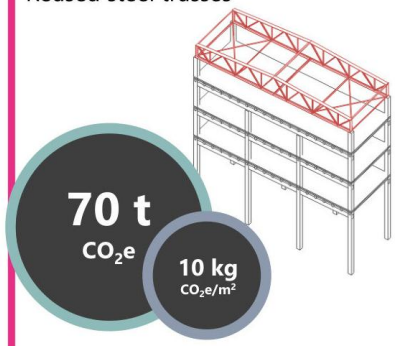
Embodied Carbon

Reused steel trusses vs new steel trusses

Recommended

Option 1

Reused steel trusses



Notes

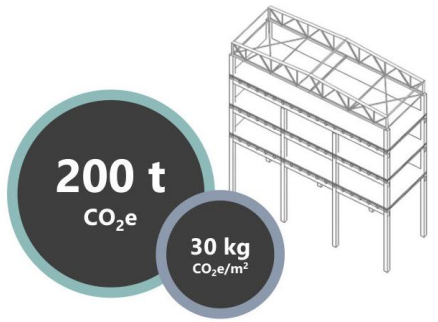
Assumes:

10% strengthening

-20kg/m2 additional secondary steel

Option 2

New steel trusses



Notes

Assumes:

-120kg/m weight of truss

-50kg/m2 additional secondary steel +connections

Eskiisifaasi hinnang: suurusjärgud, mida hilisemates etappides ei ole uuendatud

UUED OSKUSED JA PÄDEVUSED
INSENERI- JA ARHITEKTUURIHARIDUSES

Uus paradigma nõuab uut kompetentsimudelit:

1. **Pöördprojekteerimine ja materjali-navigatsioon**
   Geomeetria tuletatakse olemasolevast varust – *Form Follows Availability*

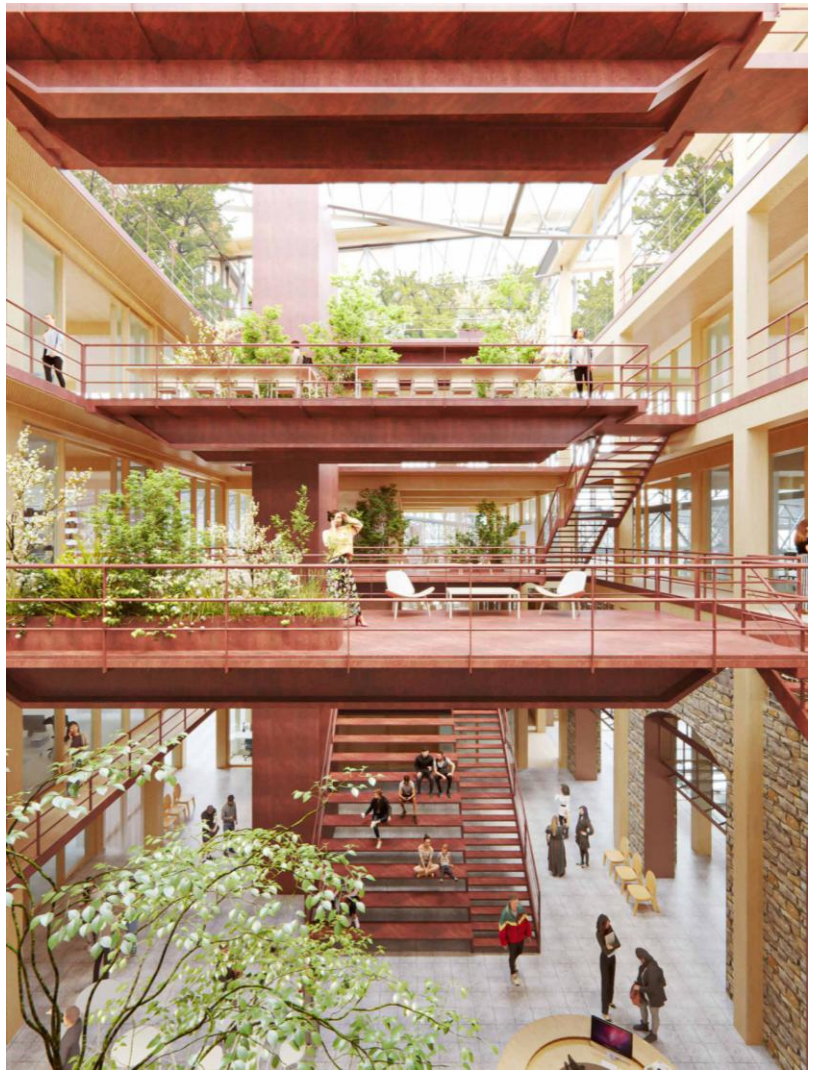
2. **Digitaalne diagnostika ja HBIM**
   3D-laserseire, materjalipassid ja NDT-katsed projekteerimismudelis

3. **Toimivuspõhine projekteerimine (PBD)**
   Arvutuslik tõendamine (nt CFD) normipõhise lahenduse asemel – CE-märgiseta detailide ohutus

4. **Tolerantside ja puhvertsoonide projekteerimine**
   Nihutatavad liitesõlmed, mis taluvad 20–50 mm mõõtulisi kõrvalekaldeid

5. **Koguelutsükli süsinikuanalüüs (WBLCA)**
   Materjalikaskaadide ja kehastunud süsiniku (A1–A3) hindamine projekteerimisotsustes

6. **Lahtivõetavus (Design for Disassembly)**
   Demonteeritavad liited ja moodulsus nii uusehitistes kui rekonstrueerimisel



TÄNAN TÄHELEPANU EEST!

Ingrid Viskus | Tallinna Tehnikaülikool, Ehituse ja arhitektuuri instituut

Reusing Old Buildings (Re-X)

- FinEst Centre for Smart Cities pilootprojekt: olemasolevate hoonete auditeerimise metoodika, ehitusosade taaskasutuspotentsiaali hindamine, digitaalne tööriist ja ärimudel
- **Projektijuht:** Simo Ilomets, TalTech
- **Partnerid:** Tallinna linn, Valga linn, Cēsise linn (Läti), Hundipea, Tallinna Sadam
- **Projekti leht:** finestcentre.eu/project-pilot/re-x-building-scan
- **Koduleht:** www.rexbuildings.com

The setup of the FinEst Centre for Smart Cities is funded by the European Union´s Horizon 2020 Research and Innovation Programme, under the grant agreement No. 856602, by the European Regional Development Fund and the Estonian Ministry of Education and Research.