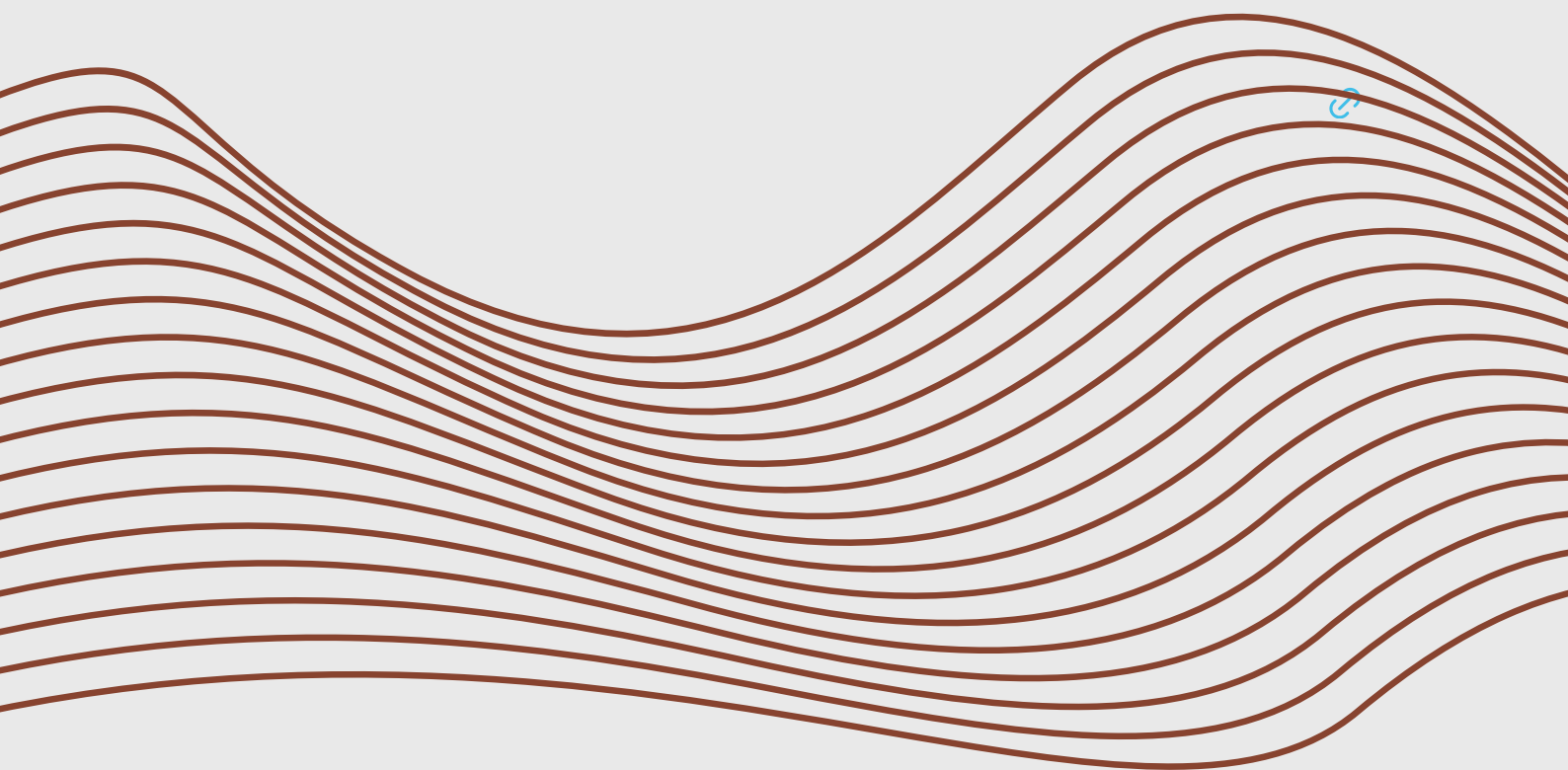




2025-1-PL01-KA210 VET000355378

# Parimate Tavade Juhend



Kaasrahanud  
Euroopa Liit



## Table of Contents

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| Fluid-2-Clay .....              | 01 |
| ESA Mars Habitat .....          | 03 |
| InnovA58 Acoustic Barrier ..... | 05 |
| Hope Village Center .....       | 07 |
| Lib Earth House Model B .....   | 09 |
| To Grow a Building .....        | 11 |
| Intrusion Earth AM .....        | 13 |
| Living Soil Wall .....          | 15 |
| TOVA .....                      | 17 |
| Skylos .....                    | 19 |
| Urban Reef Bio-Composites ..... | 21 |
| TECLA .....                     | 23 |
| Muddy Robots .....              | 25 |
| Casa Covida .....               | 27 |
| Terramia .....                  | 29 |
| Wall with Staircase .....       | 31 |
| Hearth (Mud Frontiers) .....    | 33 |
| Clay Rotunda .....              | 35 |
| B. Impact Printed Earth .....   | 37 |





## Fluid-2-Clay



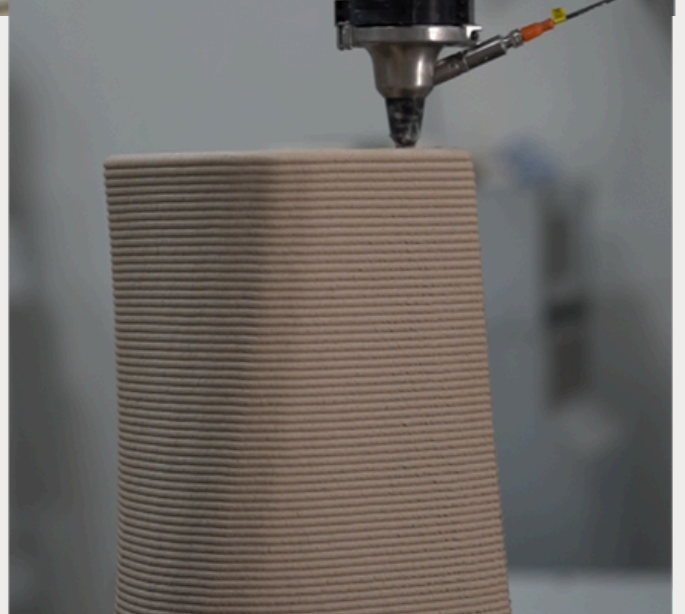
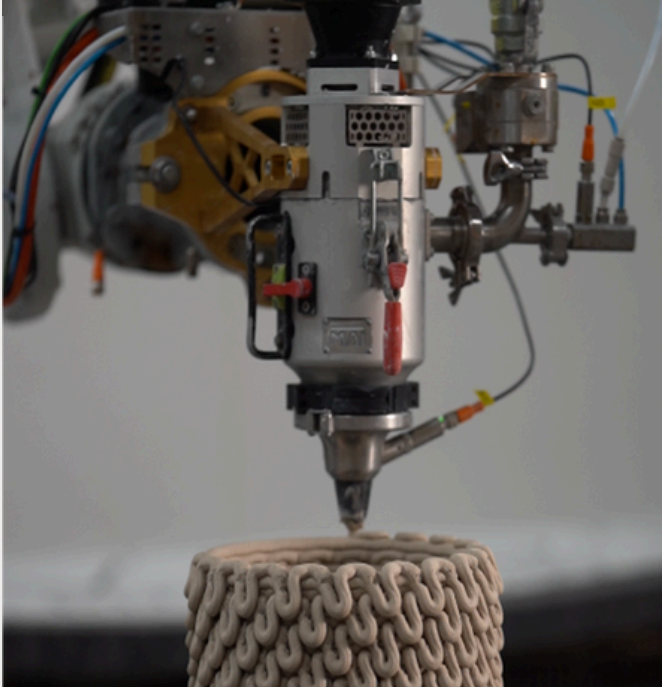
|              |                                             |
|--------------|---------------------------------------------|
| Aasta:       | 2025                                        |
| Partnerid:   | Vertico / EKWC (NL)                         |
| Kategooria:  | Ambitsioon                                  |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Robootiline)   Pump (loon-aktiivne) |
| Materjal:    | Klass A (Põletamata savi)                   |
| Geomeetria:  | Mittetasapinnaline                          |

Fluid-2-Clay projekt, Vertico (3D-betoonprintimise eksperdid) ja EKWC (European Ceramic Workcentre) koostöö, tähistab olulist sammu edasi materjaliteaduses. Kui traditsiooniline saviprintimine tugineb viskoosse pastamaterjali ekstrudeerimiseks suurele mehaanilisele jõule, siis see projekt tutvustab keemilist lähenemist: ioon-aktiveeritud savi ladestamist (Ion Activated Clay Deposition).

Kasutades Tüüp V: liigendatud süsteemi (6-teljeline robot), rakendab seadistus spetsiaalset kahekomponendilist (2K) etteandesüsteemi. Jäiga pasta asemel pumpab masin pidevat vedelat savisuspensiooni. Peamine innovatsioon seisneb düüsis, kus suspensioon segatakse in situ elektrolüütidega. See vastastikmõju põhineb elektrilise kaksikkihi (Electric Double Layer – EDL) teoorial, käivitades kiire tiksotroopse reaktsiooni, mis muudab pumbatava vedeliku ladestamise hetkel struktuurselt stabiilseks geeliks.

Oluline on, et see innovatsioon keskendub prinditavusele, mitte põletamisele. Selle faasimuutuse keemiline, mitte termiline kontrollimine võimaldab projektil vastata Klass A (toormaterjal) standarditele. Lahendus tagab keerukate mittetasapinnaliste geomeetria jaoks vajaliku tugevuse, kahjustamata materjali pöörduvust ja taaskasutatavust. Kuigi printimisprotsess säilitab täieliku ringluspõhisuse (põletamata materjal), vajaksid reaalsed väliskeskkonnas kasutatavad rakendused konstruktsiooni säilitamiseks täiendavat ilmastikukaitset või pinna stabiliseerimist.









# ESA Mars Habitat

|              |                                             |
|--------------|---------------------------------------------|
| Aasta:       | 2024                                        |
| Partnerid:   | Vertico / TU Delft (NL)                     |
| Kategooria:  | Ambitsioon                                  |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Robootiline)   Pump (loon-aktiivne) |
| Materjal:    | Klass B (Regoliit)                          |
| Geomeetria:  | Mittetasapinnaline                          |

TESA Marsi elupaiga projekt, Vertico, TU Delfti ja Euroopa Kosmoseagentuuri koostöö, uurib 3D-printimist Marsi toormaterjaliga otse Marsil. Projekti eesmärk on minimeerida Marsile materjalide transportimise vajadust, maksimeerides In-Situ Resource Utilisation (ISRU) põhimõtte kasutamist ning printides otse kohalikust Marsi pinnasest.

Projektis kasutati 6-teljelist robotit (Tüüp V: liigendatud süsteem) koos pideva pumbasüsteemiga. Eesmärk oli määrata, kui suure osa Vertico baasest (3D-betoonprintimise materjal) saab asendada Marsi pinnasega, säilitades samal ajal prinditavuse. Uuring näitas, et võimalik oli saavutada muljetavaldav 70% asendusmäär. Selle edu põhjuseks on osakeste jaotus: Marsi pinnas sisaldab äärmiselt peeneid osakesi ja suurt eripinda (Specific Surface Area – SSA), mis loob kleepuva ja sidusa segu, mis püsib pumbatav, kui veesisaldus on õigesti reguleeritud.

Määrares kindlaks õige veedoosi, saavutas meeskond selle 70% asenduse MGS-1-ga (Marsi pinnase simulaator), hoides samal ajal hüdraulilise sideaine sisalduse rangelt alla 8% piiri, mis võimaldab materjali klassifitseerida Klass B (Stabiliseeritud) kategooriasse. See pakub olulist õppetundi ka Maa peal printimiseks: see näitab, et osakeste jaotus on printimistulemuse peamine määrav tegur ning et kohalikud pinnased võivad saavutada konstruktsioonilise tugevuse minimaalse keemilise stabiliseerimisega.





# ESA Mars Habitat







# InnovA58 Acoustic Barrier



|              |                                             |
|--------------|---------------------------------------------|
| Aasta:       | 2024                                        |
| Partnerid:   | Terrestrial (Netherlands)                   |
| Kategooria:  | Aspiration                                  |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Robootiline)   Jetting (Shot-Earth) |
| Materjal:    | Klass B (Stabiliseeritud)                   |
| Geomeetria:  | 3D (Wall)                                   |

InnovA58 müratõkke projekt on koostöö Terrestriali (protsessiarendaja), Vertico (robootika) ja Summum Engineeringu (konstruktsiooniprojekt) vahel, mille tellis ProRail, et arendada jätkusuutlikku infrastruktuuri. Projekt viib tootmise staatilisest eeltootmisest autonoomse kohapealse valmistamiseni, kasutades Vertico poolt arendatud rööbastel liikuvat mobiilset robotit, mis prindib konstruktsiooni pidevalt mööda maanteed liikudes.

Valmistamisprotsess kasutab Shot-Earth 3D-printimist (SE3DP) — suure kiirusega ladestusmeetodit, mis erineb ekstrusioonist. Viskoosse pasta ladestamise asemel pihustab süsteem pneumaatiliselt pinnase, kruusa ja bio-kiudude (kanep või miskantus) segu. See kineetiline energia tagab kohese tihendamise ja suure tiheduse, saavutades konstruktsioonilise terviklikkuse ilma raketise või tsemendipõhiste sideaineteta.

Summum Engineering optimeeris disaini kahekordselt kumeraks „crinkle-crinkle“ geomeetriaks. See sinusoidne vorm on kavandatud töötama täielikult surve all, võimaldades seinal taluda äärmuslikke tuule- ja rongikoormusi ilma terasarmatuurita. Kohalike pinnaste osakeste jaotust kohandades ning seda mobiilset kinemaatilist süsteemi kasutades kinnitab projekt pinnaseehituse skaleeritavust, saavutades 90% CO<sub>2</sub>-heite vähenemise võrreldes tavapäraste betoonist müratõketega.





# InnovA58 Acoustic Barrier







# Hope Village Center

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| Aasta:       | 2025                           |
| Partnerid:   | Hassell / IAAC (Tanzania)      |
| Kategooria:  | Rakendatavus                   |
| Tehnoloogia: | Tüüp IV (SCARA)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass A (Kohalik pinnas)       |
| Geomeetria:  | 3D (Sõlm)                      |

Hope Village'i kogukonnahoone on Hasselli projekt, mis on arendatud koostöös heategevusorganisatsiooniga One Heart. Projekti kavandas ClarkeHopkinsClarke osana laiemast üldplaneeringust, mille eesmärk on pakkuda eluaset, haridust, lastehoidu ja oskuste koolitust, et aidata Tansaania haavatavatel noortel vaesusest välja tulla.

Hoonele on iseloomulikud poolläbilaskvad seinad, mis on 3D-prinditud kohalikust savist, ning Eckersley O'Callaghani projekteeritud gofreeritud metallkatus. Seinad valmistati WASP Crane 3D-printimissüsteemiga, kasutades savi, mis on hangitud 25 miili raadiuses ehitusplatsist. 3D-printimine valiti seinte keeruka geomeetria tõttu, mis võimaldab kontrollitud päikesevalguse ja õhu liikumist, toetades passiivset kliimaregulatsiooni.

Materjalide valikul rakendas projektimeeskond terviklikku jätkusuutlikkuse lähenemist, hinnates keskkonna- ja sotsiaalseid mõjusid enne ehitust ja selle ajal, kasutades madala keskkonnamõjuga kohalikku savi ning planeerides hoone elutsükli lõppu nii, et materjal oleks 100% taaskasutatav. Tulemuseks on väga jätkusuutlik hoone, mis peegeldab ümbritsevat keskkonda, vastab kohaliku kogukonna vajadustele ja nihutab savipõhise 3D-printimise piire globaalses mastaabis.





# Hope Village Center







## Lib Earth House Model B

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| Aasta:       | 2025                           |
| Partnerid:   | Lib Work / WASP (Jaapan)       |
| Kategooria:  | Rakendatavus                   |
| Tehnoloogia: | Tüüp IV (SCARA)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass B (Pinnas + Lubi)        |
| Geomeetria:  | 2.5D (Tasapinnaline)           |

Lib Worki Lib Earth House on ehituslik eksperiment, mis ühendab suuremõõtmelise 3D-printimise ja puitkarkassi, et luua pinnasepõhine elamu. Protsess algab tavapärase vundamendi rajamisega. Seejärel paigaldatakse vundamendile portaaltüüpi 3D-printer, mis prindib välisseina kesta kiht-kihilt. Kuna printer liigub programmeeritud trajektoori järgi, suudab see toota nii sirgeid seinu kui ka kaarduvaid vorme ühtlase paksusega.

Pärast printimist eemaldatakse seade ning prinditud kesta sisse ehitatakse puidust kandekarkass. See hübriidne lähenemine on oluline: puitkarkass kannab peamised konstruktsioonilised koormused, samal ajal kui prinditud pinnaseseinad toimivad hoone väliskestana ja vormi kujundava elemendina.

Printimismaterjal koosneb pinnase, lubja ja taimsete kiudude segust ilma tsemendita, mis on kavandatud vähendama kehastunud süsiniku hulka võrreldes raudbetooniga. Lib Work esitleb projekti vastusena tööjõupuudusele ning teena kiirema ja standardiseerituma kohapealse elamuehituse suunas.



## Lib Earth House Model B







## To Grow a Building

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| Aasta:       | 2025                           |
| Partnerid:   | MIT / WASP (Itaalia)           |
| Kategooria:  | Ambitsioon                     |
| Tehnoloogia: | Tüüp IV (SCARA)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass A (Elav pinnas)          |
| Geomeetria:  | Mittetasapinnaline             |

WASP ja arhitekt Nof Nathasohn tegid koostööd, et luua uus kokkupuutepunkt mehaanilise täpsuse ja looduse ettearvamatus vahel, pealkirjaga „To Grow a Building“. WASP Residency Programme'i raames Veneetsia biennaalil arendatud projekt uurib elava arhitektuuri kontseptsiooni.

Projekt ühendab uue 3D-prinditud materjali, mis on valmistatud 100% Massa Lombarda kohalikust pinnasest ning sisaldab 14 erineva taimeliigi valitud seemneid, liikudes seeläbi traditsioonilise „steriilse“ ehituse piiridest kaugemale. Aja jooksul seemned idanevad ning nende võrsed ja juured levivad materjalis, moodustades loomuliku armeerimissüsteemi, mis seob ja tugevdab konstruktsiooni.

Disain põhineb botaanilistel andmetel, tagades, et iga element pakub taimede kasvamiseks vajalikke täpseid niiskus- ja valgusolusid. Valmides muutub struktuur elavaks ja hingavaks ökosüsteemiks, mis meelitab putukaid, pakkudes neile toitu ja elupaika, ning toetab bioloogilist mitmekesisust. Koostöös loodusega, mitte seda domineerides, võtab disain omaks aja kulgemise, võimaldades arhitektuuril areneda ja kohaneda koos aastaaegade muutumisega.





## To Grow a Building







# Intrusion Earth AM

|              |                                          |
|--------------|------------------------------------------|
| Aasta:       | 2024                                     |
| Partnerid:   | TU Munich (Saksamaa)                     |
| Kategooria:  | Ligipääsetavus                           |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Robootiline)   Batch (Intrusion) |
| Materjal:    | Klass A (Pinnasepasta)                   |
| Geomeetria:  | 3D (Mahuline)                            |

Intrusion Earth AM (IEAM) projekt, mis on osa TU Müncheni A10 uurimisraamistikust, loob lisandtootmise valdkonnas eristuva valmistamisloogika. Uurides materjali ja protsessi vastastikmõjusid, tutvustab see uurimistöö osakeste-voodi strateegiat, mis erineb tavapärastest ladestusmeetoditest, kombineerituna ekstrusioonipõhiste tehnikatega.

Kasutades 6-teljelist robotkätt (Tüüp V: liigendatud süsteem), ekstrudeerib seadistus Klass A (pinnasepasta) materjali, mis koosneb savisest, liivast ja põhukiududest. Valmistamisprotsess järgib tsüklilist viieetapilist töövoogu: esmalt ladestab Earth printing savikihi, millele järgneb kohe taaskasutatud tellisest valmistatud agregaadil ladestamine (Aggregate deposition). Seejärel toimub tihendamise etapp (Compacting), kus mehaaniline surve sunnib pasta tungima agregaadil tühimikesse. Pärast tasandamist kordub tsükel uuesti.

Oluline on, et see mehaanilise intrusiooni strateegia püüab lahutada pumbatavuse ja ehitatavuse (buildability). Tuginemine tihendamisele voolamise asemel võimaldab vähendada segamisvee hulka, mis vähendab oluliselt kahanemist ja kuivamisega ning suurendab materjali „rohelist“ tugevust (green strength). 1 : 4 mõõtkavas demonstratsioonide kaudu valideeritud projekt näitab, et pinnasepasta reoloogia ja agregaadil terasuuruse jaotuse vastastikuste sõltuvuste valdamine võimaldab saavutada suure konstruktsioonilise täpsuse ilma keemilise stabiliseerimiseta.





# Intrusion Earth AM

1:20 Model

(a)



(b)



(c)



1:4 Prototype







## Living Soil Wall

|              |                                     |
|--------------|-------------------------------------|
| Aasta:       | 2022                                |
| Partnerid:   | Univ. Virginia (USA)                |
| Kategooria:  | Ambitsioon                          |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Robootiline)   Pump (Pasta) |
| Materjal:    | Klass A (Pinnas + Seemned)          |
| Geomeetria:  | 3D (Anum)                           |

Virginia Ülikooli (UVA) teadlased uurivad uut ideed: pinnase 3D-printimist konstruktsioonideks, mis toimivad samal ajal elavate istutussüsteemidena. Selle asemel, et lisada haljastus hiljem (näiteks istutuskastide või rohekatusena), püüab nende lähenemine ehitada koos maastikuga, printides pinnasepõhise vormi, mis toetab taimede kasvu juba algusest peale.

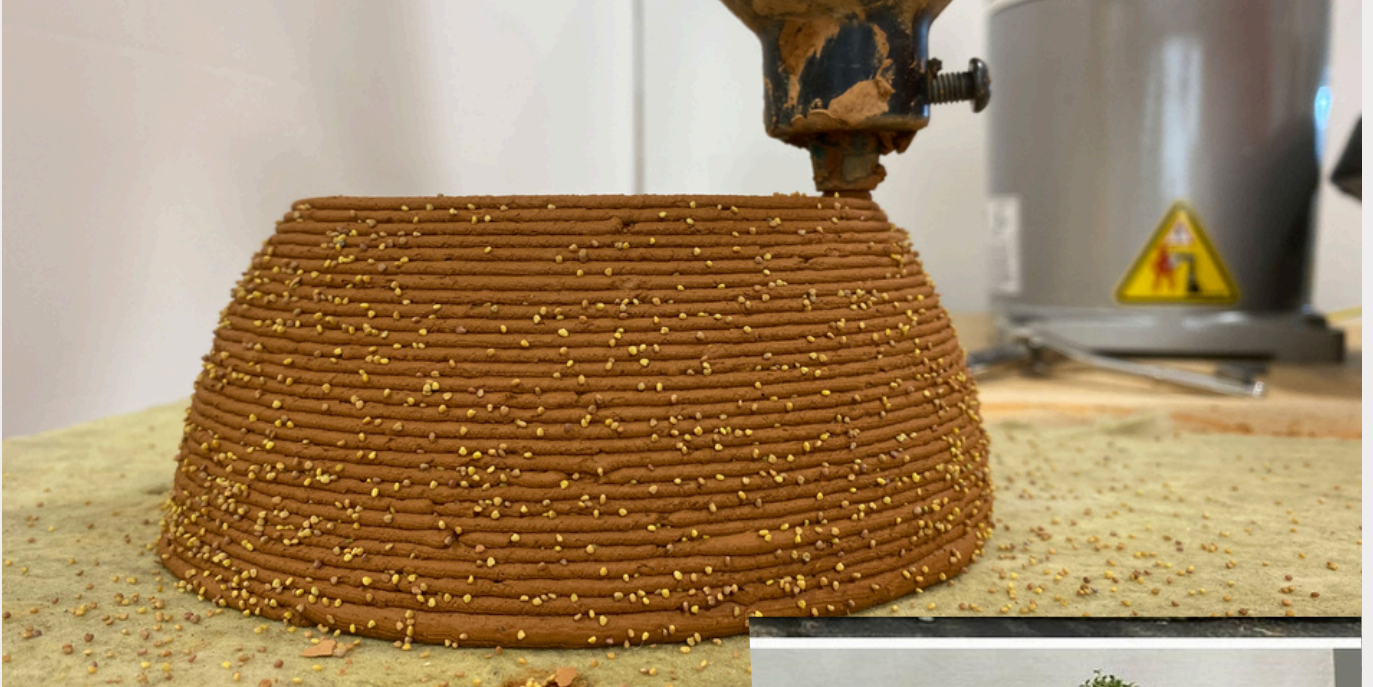
Nad loovad prinditava „pinnasetindi“, segades kohaliku pinnase veega, ning ekstrudeerivad selle läbi düüsi, et ehitada vorme kiht-kihilt — sarnaselt betooni 3D-printimisele, kuid kasutades peamise materjalina pinnast. Selle meetodi hariduslik eelis seisneb selles, et see on potentsiaalselt madala energiakuluga ja ringluspõhine: printer vajab peamiselt energiat liikumiseks ja pumpamiseks, ning ebaõnnestunud prindid saab purustada, uuesti segada ja uuesti printida.

Et muuta konstruktsioonid bioloogiliselt aktiivseks, katsetas uurimisrühm kahte strateegiat: pinnase ja seemnete printimist eraldi kihtidena ning seemnete segamist pinnasesse enne printimist. Mõlemad lähenemised andsid prototüübid, millest taimed tõukasid. Oluline tehniline väljakutse on vee haldamine: ekstrusioon tihendab pinnast ja vähendab õhuvahesid, mis põhjustab prinditud pinnase kiiremat kuivamist ning piirab sobivad taimeliigid põuakindlate liikidega.





## Living Soil Wall







# TOVA

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| Aasta:       | 2022                           |
| Partnerid:   | IAAC (Hispaania)               |
| Kategooria:  | Rakendatavus                   |
| Tehnoloogia: | Tüüp IV (SCARA)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass A (Pinnas + Aaloe)       |
| Geomeetria:  | 3D (Maja)                      |

TOVA on koostööprojekt Kataloonia Arhitektuuri Kõrginstituudi (IAAC), WASP-i ja UN-Habitat'i vahel, mis uurib suuremõtmelist lisandtootmist toorpinnasega kui pöörduva ehitussüsteemiga. Hispaania esimese 3D-prinditud hoonena on TOVA eesmärk saavutada peaaegu null-süsinikujalajälg ning toota null jäätmeid.

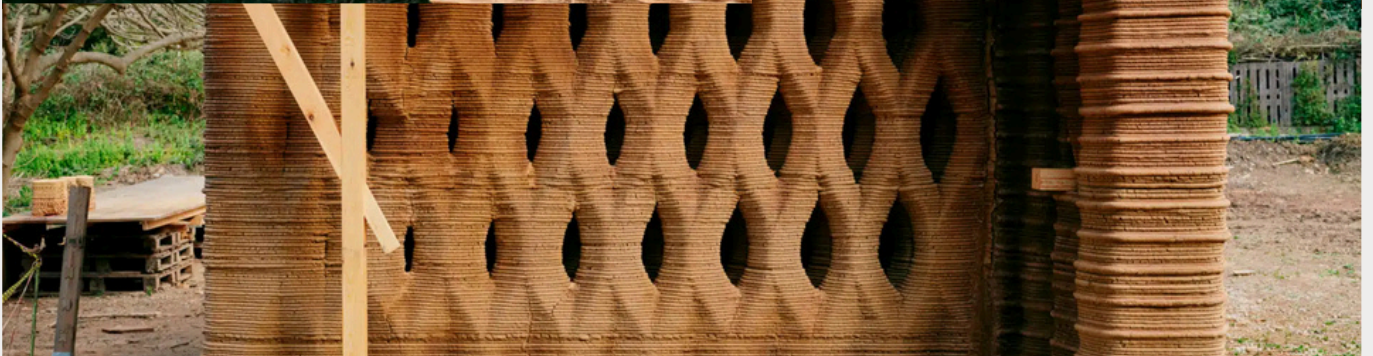
Projekt realiseeriti Tüüp IV: polaarsüsteemi (Crane WASP) abil, mis võimaldab suurt tööulatust ja pidevat ladestust, säilitades samal ajal täpse kontrolli tööriista trajektoori geomeetria üle. Materjali vaatenurgast tegutseb TOVA Klass A: Toores / Pöörduv standardite raames. Prinditud segu põhineb kohapeal väljakaevatud pinnasel, mida töödeldi ja kalibreeriti ehitusplatsil looduslike stabilisaatoritega, sealhulgas tselluloosi ja aaloeaga. Kuna hoone on vihmale avatud, lisati puidust katus ning munavalgest valmistatud looduslik kaitsekiht.

Arhitektuurne geomeetria on teadlikult kontuurne, kasutades kõverusi, seinapaksendusi ja sisemisi õõnsusi, et saavutada konstruktsiooniline stabiilsus vormi, mitte armeerimise kaudu. Oluline on, et TOVA demonstreerib jäätmevaba ehitustsüklit: elutsükli lõpus saab konstruktsiooni purustada, uuesti niisutada ja pinnasesse tagasi viia, positsioneerides pinnase lisandtootmise elujõuliseks ringluspõhiseks alternatiiviks tavapärastele ehitussüsteemidele.





TOVA



[www.earth3d.eu](http://www.earth3d.eu)





# Skylos

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| Aasta:       | 2022                           |
| Partnerid:   | Emerging Objects (USA)         |
| Kategooria:  | Rakendatavus                   |
| Tehnoloogia: | Tüüp IV (SCARA)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass A (Adobe)                |
| Geomeetria:  | 3D (Kest)                      |

Skylos projekt, Emerging Objectsi ja Frontier Drive-Inn'i koostöö, uurib lisandtootmise võimalusi jätkusuutliku ja vernakulaarse varjualuse loomiseks. Loobudes sõltuvusest raskest tööstuslikust infrastruktuurist, seab projekt esikohale liikuvuse ja kiire kasutuselevõtu, võimaldades kohapealset tootmist ka kaugetes keskkondades.

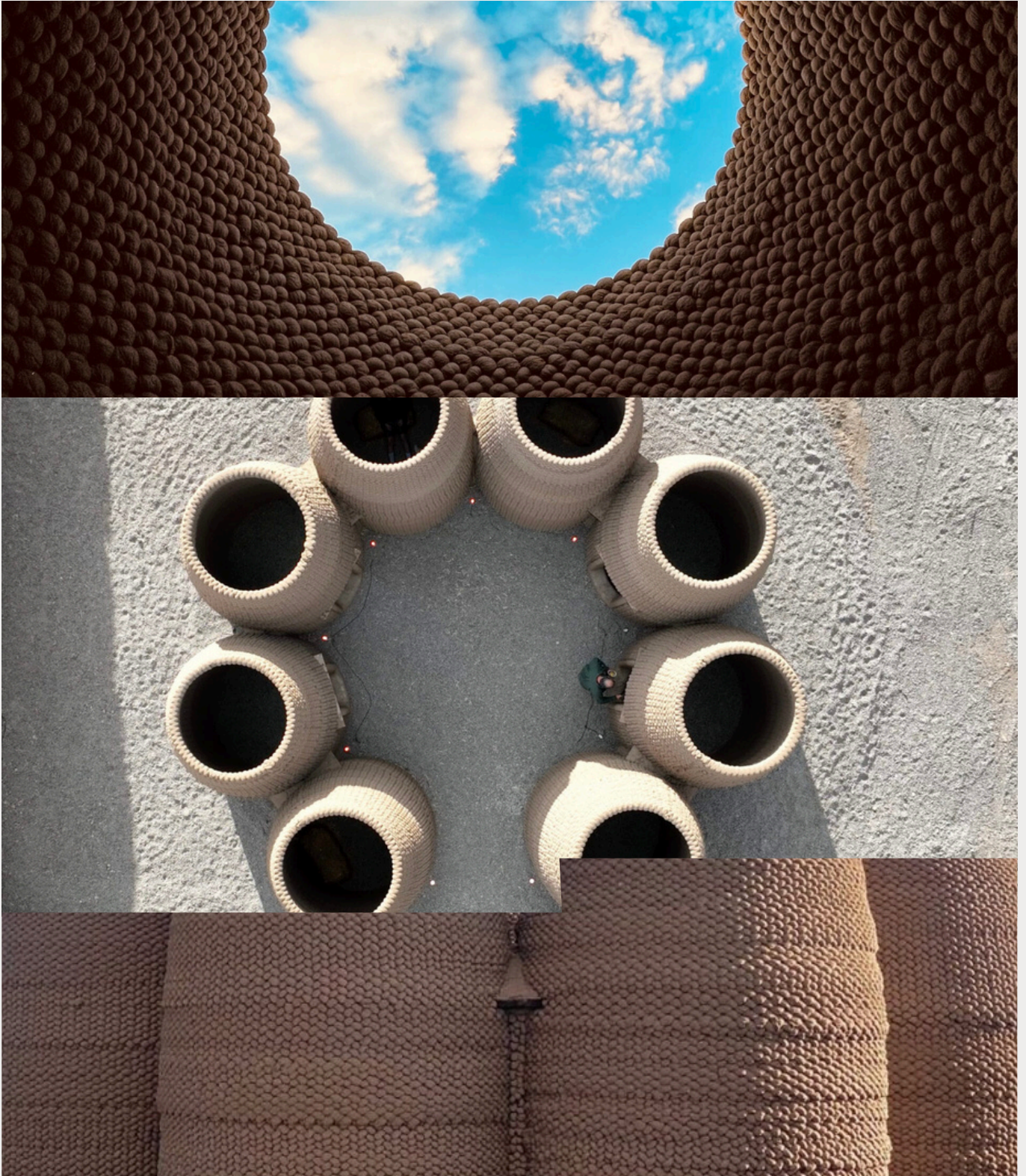
Uurimistöös kasutatakse Tüüp IV SCARA süsteemi, mis on ühendatud pumba- ja krüvimehhanismiga. See kerge kinemaatiline seadistus on loodud ekstrudeerima traditsioonilist Klass A (Adobe) segu. Kasutades kohalikku muda, setet ja põhku ilma tsemendipõhiste stabilisaatoriteta, saavutab projekt täielikult pöörduva ja madala süsinikujäljega ehitustsükli. Ekstrusiooniprotsess tugineb märja pinnase tiksotroopsetele omadustele, mis võimaldavad materjalil säilitada kuju kohe pärast ladestamist, välistades keemiliste kiirendite vajaduse.

Konstruksiooniliselt on Skylos määratletud 3D-kestgeomeetriaga (3D Shell). Disain integreerib sinusoidsed lainestused ja pinnatekstuudid, et suurendada stabiilsust. See geomeetiline jäigastamine kompenseerib materjali väikest tõmbetugevust, võimaldades vertikaalset õhukese kestaga ehitust. Ühendades iidse materjaliteaduse ja kättesaadava robotika, demonstreerib Skylos toorpinnase potentsiaali vastata kaasaegsetele elamuvajadustele automatiseeritud ja vastupidava ehituse kaudu.





Skylos



[www.earth3d.eu](http://www.earth3d.eu)





# Urban Reef Bio-Composites

|              |                                       |
|--------------|---------------------------------------|
| Aasta:       | 2022                                  |
| Partnerid:   | Urban Reef (Madalmaad)                |
| Kategooria:  | Ambitsioon                            |
| Tehnoloogia: | Tüüp III (Delta)   Continuous (Screw) |
| Materjal:    | Klass A (Toores / Bio)                |
| Geomeetria:  | 3D (Kompleksne)                       |

Urban Reef on uurimispõhine algatus, mis käsitleb, kuidas linnad saavad areneda bio-kaasavateks keskkondadeks, mis toetavad mitmesuguseid eluvorme. Vastusena tihedate suurlinnadega kaasnevale bioloogilise mitmekesisuse vähenemisele seab projekt kahtluse alla inimkeskse linnadisaini, tuues esile elavad ja kohanevad struktuurid.

Kasutades suuremõõtmelist LDM-3D-printimist Delta WASP 40100 Clay süsteemiga, valmistab Urban Reef „riffe“ — algoritmiliselt kavandatud mikroelupaiku. Geomeetriad on väga keerukad ja poorsed, projekteeritud vee hoidmiseks, niiskuse reguleerimiseks ja mitmekesiste mikrokliimade loomiseks. Need struktuurid toimivad linna mikrorefugiumidena, pakkudes soodsaid tingimusi taimedele, seentele ja mikroorganismidele.

Materjalikoostis kuulub rangelt Klass A (Toores / Bio) kategooriasse ning koosneb savikomposiitidest, mütseelist, seemnetest ja taaskasutatud orgaanilisest materjalist. Tsemendipõhiseid sideaineid vältides tagab projekt, et struktuurid jäävad keemiliselt sobivaks orgaanilise kasvu jaoks. Digitaalse valmistamise ja ökoloogilise materjaliuuringu ühendamise kaudu pakub Urban Reef skaleeritavat mudelit kliimamuutustele vastupidavate linnade jaoks. Projekt näitab, kuidas lisandtootmine võib liikuda staatilise varjualuse loomisest keskkonda taastava infrastruktuuri suunas, mis vastab kõigi elusolendite, mitte ainult inimeste vajadustele.





# Urban Reef Bio-Composites







# TECLA

|              |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| Aasta:       | 2021                            |
| Partnerid:   | WASP / MCA (Itaalia)            |
| Kategooria:  | Rakendatavus                    |
| Tehnoloogia: | Tüüp III (Delta)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass B (Pinnas + Lubi)         |
| Geomeetria:  | 3D (Kuppel)                     |

TECLA on eksperimentaalne elamuprojekt, mis näitab, kuidas digitaalne valmistamine ja looduslikud materjalid võivad muuta kaasaegset ehitust. Projekti arendas WASP ning selle kavandas Mario Cucinella Architects (MCA), vastates ülemaailmsele taskukohase ja madala keskkonnamõjuga eluaseme nõudlusele ringluspõhise ehitusmudeli kaudu.

Itaalias Massa Lombardas ehitatud TECLA on esimene täielikult 3D-prinditud elamu, mis on samaaegselt valminud mitme koostöös töötava printeri abil (Crane WASP süsteem). Projekti peamine eesmärk oli muuta toorpinna kõrge jõudlusega arhitektuurseks süsteemiks. Disainis kasutatakse kahekordse kupli geomeetriat, mis ühendab konstruktsiooni, katuse ja väliskesta üheks pidevaks vormiks. See morfoloogiline lähenemine optimeerib konstruktsioonilist stabiilsust, pakkudes samal ajal soojusisolatsiooni ja loomulikku ventilatsiooni.

Materjalistrateegia põhineb Klass B (Pinnas + Lubi) segul, kasutades kohalikku pinnast, mis on segatud väikese koguse hüdraulilise lubjaga, et tagada ilmastikukindlus, säilitades samal ajal madala süsinikujalajälje. TECLA tähistab olulist verstaapoli kohapealses digitaalses ehituses, näidates, et modulaarne mitme-printeri tehnoloogia võimaldab valmistada suuremõõtmelisi konstruktsioone kohalikest, taaskasutatavatest ja ümbertöödeldavatest materjalidest. Projekt pakub korratavat mudelit jätkusuutlikuks elamuehituseks, mida saab kohandada erinevatele kliimatingimustele ja sotsiaalsetele kontekstidele.





TECLA

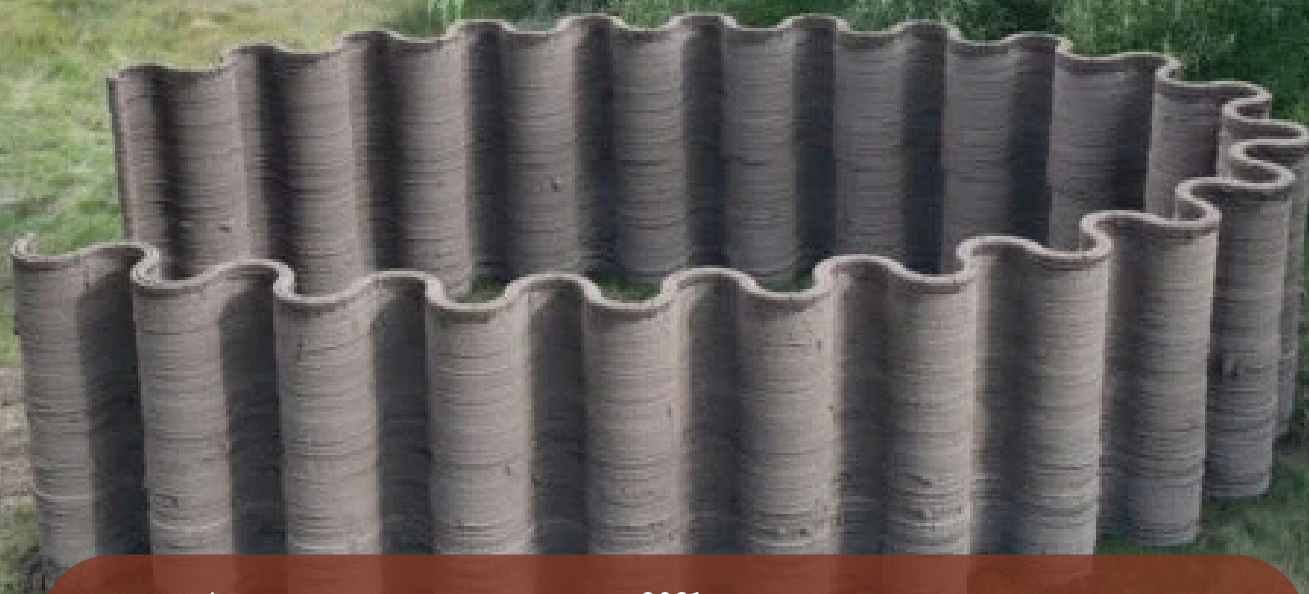


[www.earth3d.eu](http://www.earth3d.eu)





# Muddy Robots



|              |                                     |
|--------------|-------------------------------------|
| Aasta:       | 2021                                |
| Partnerid:   | UC Berkeley (Rael)                  |
| Kategooria:  | Rakendatavus                        |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Robootiline)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass A (Adobe)                     |
| Geomeetria:  | 3D (Kuppel)                         |

Muddy Robots on uurimispõhine arhitektuuriprojekt, mille autor on Ronald Rael UC Berkeleyst, ning mis uurib, kuidas robootiline lisandtootmine võib elavdada pinnaseehitust, et vastata kaasaegsetele eluasemekriisidele. Tuginedes Raeli tööle tehnoloogia ja kultuuri ristumiskohas, kritiseerib projekt industrialiseeritud ehituspraktikaid, pöördudes tagasi esivanemate pinnaseehituse teadmiste juurde.

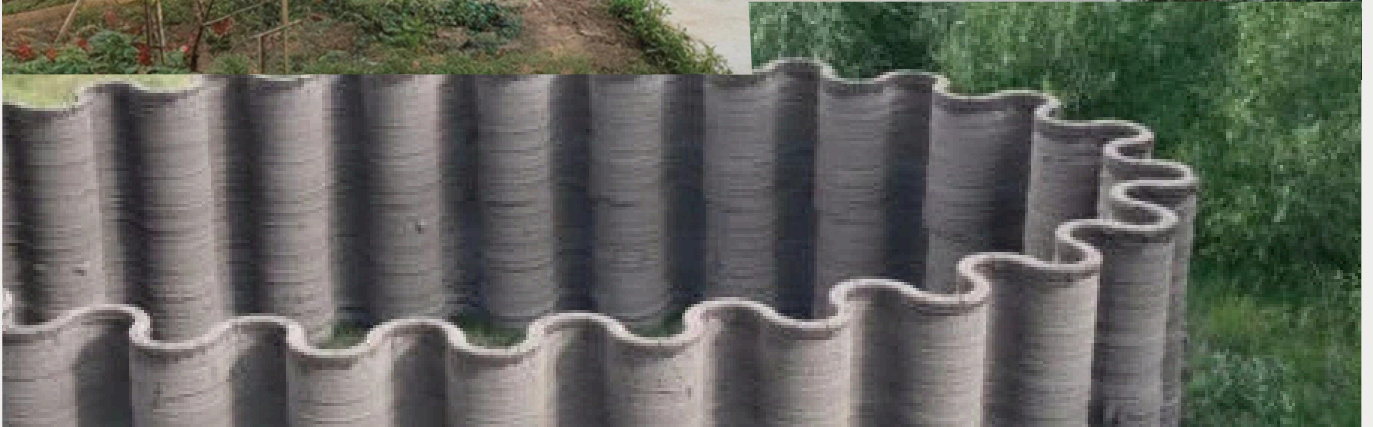
Projekt kasutab Tüüp V (Robootiline) süsteemi, mis ühendab täiustatud digitaalse valmistamise traditsioonilise adobe-ehitusega. Lähtudes Raeli kultuurilisest pärandist, käsitleb projekt pinnast kui tervislikku ja kultuuriliselt olulist materjali suuremahulise tootmise jaoks. Üks peamisi uuendusi on liikuvate ja kergesti kasutatavate ehitussüsteemide arendamine, mis võimaldavad kohapealset printimist ka keerulisel maastikul. See hõlmab maailma esimese kohapeal 3D-prinditud mudakatuse valmistamist, mis on inspireeritud Nubia võlvtehnoloogiast.

Selle asemel, et keskenduda üksikisikute iseehitamisele, pakub Muddy Robots skaleeritavaid ja ehitusnormidele vastavaid lahendusi masselamuehituseks. Looduslike ja bioloogiliste (Klass A) materjalide kasutamisele naasmist propageerides pakub projekt jätkusuutlikku alternatiivi kõrge VOC-sisaldusga ja ressursimahukatele ehitusmeetoditele. See näitab, et täiustatud robootikat saab kasutada mitte traditsioonilise käsitöö asendamiseks, vaid selle laiendamiseks tervislikuma ehitatud keskkonna loomiseks..





# Muddy Robots







## Casa Covida

Aasta:

2020

Partnerid:

Emerging Objects (USA)

Kategooria:

Rakendatavus

Tehnoloogia:

Tüüp IV (SCARA) | Pump + Screw

Materjal:

Klass A (Adobe / Põhk)

Geomeetria:

3D (Spiraalne)

Casa Covida on eksperimentaalne elamuprojekt Colorado San Luis Valley kõrgmäestikulisel kõrges. Projekti arendas Emerging Objects, vastusena pandeemia ajal esile kerkinud sotsiaalsetele ja ruumilistele vajadustele, ning see tõlgendab koduarhitektuuri ümber kollektiivse elamise, vastupidavuse ja paigaga seotuse kaudu.

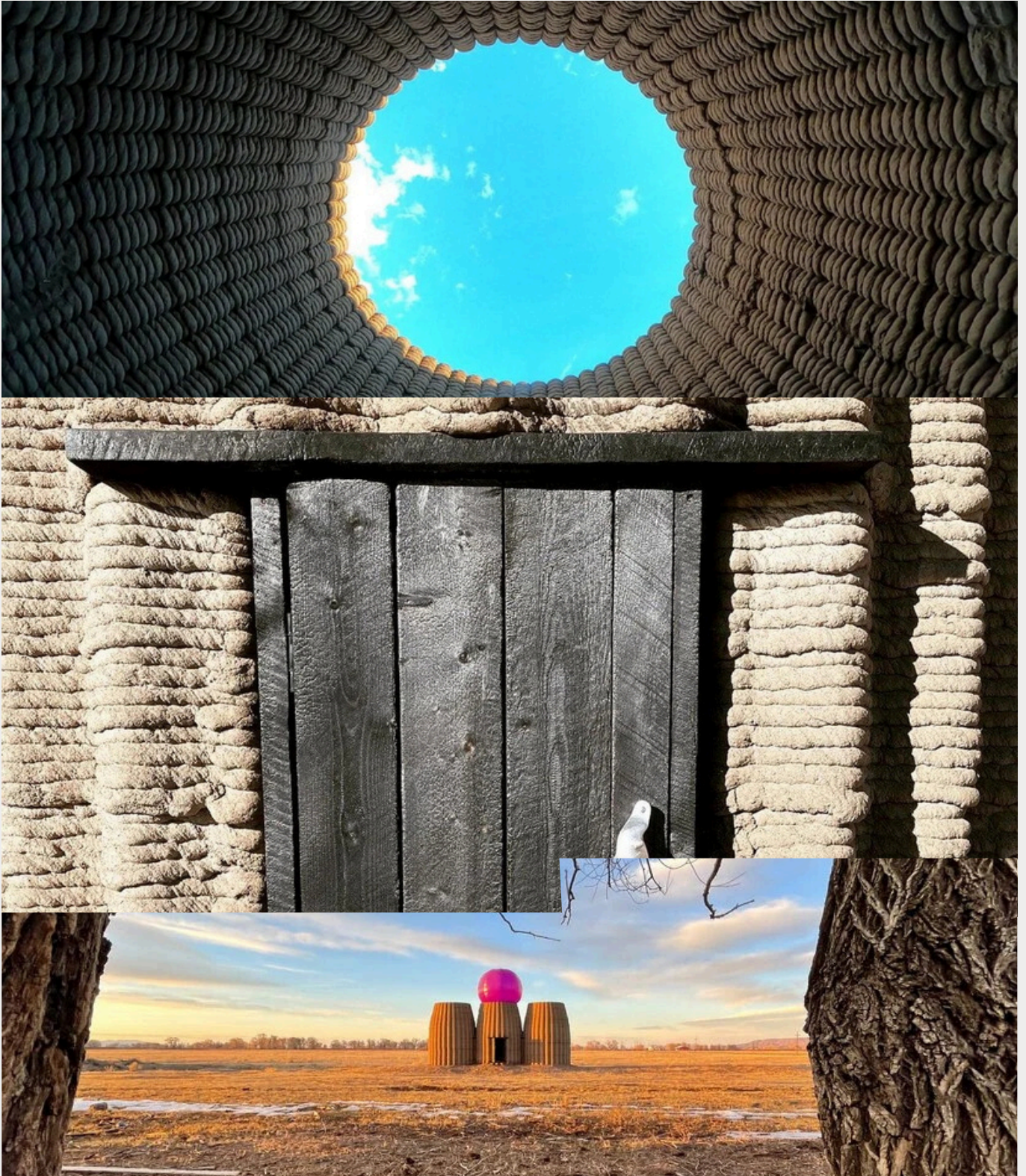
Struktuur on ehitatud kaasaskantava kohapealse 3D-printimissüsteemiga, mis kasutab kerget SCARA robotkätt (Tüüp IV). See seadistus võimaldab pidevat materjali etteannet, võimaldades valmistada konstruktsioone, mis on printerist endast märksa suuremad. Elamu koosneb kolmest omavahel ühendatud elamisüksusest — magamiseks, pesemiseks ja kogunemiseks — ning on ehitatud traditsioonilisest adobe-segust (liiv, sete, savi, vesi, põhk).

Tehniliselt ühendab projekt madaltehnoloogilised käsitsi tehtavad protsessid ja täiustatud digitaalse valmistamise. Klass A (Adobe / Põhk) materjali kasutamine tagab, et hoone säilitab tugeva ruumilise seose maastiku ja pinnasega, jäädes samal ajal täielikult bioloogiliseks. Esivanemate teadmisi ja kaasaegseid ehitustehnoloogiaid ühendades demonstreerib Casa Covida paindlikku, ligipääsetavat ja kohalikku konteksti arvestavat jätkusuutliku elamuehituse mudelit, mille rakendamiseks on vaja minimaalset infrastruktuuri.





Casa Covida

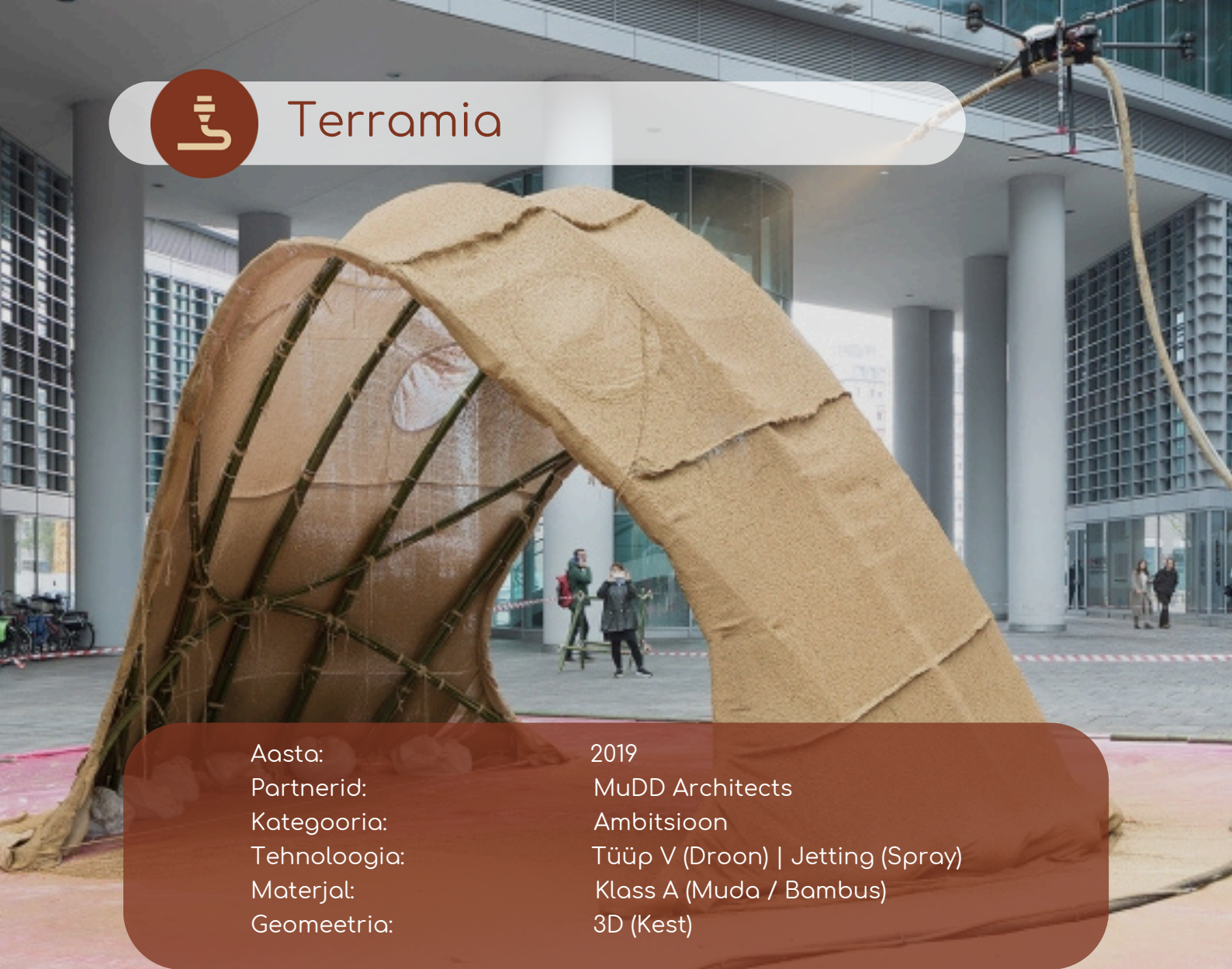


[www.earth3d.eu](http://www.earth3d.eu)





# Terramia



|              |                                  |
|--------------|----------------------------------|
| Aasta:       | 2019                             |
| Partnerid:   | MuDD Architects                  |
| Kategooria:  | Ambitsioon                       |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Droon)   Jetting (Spray) |
| Materjal:    | Klass A (Muda / Bambus)          |
| Geomeetria:  | 3D (Kest)                        |

Terramia on eksperimentaalne paviljon, mis uurib kiireid, taskukohaseid ja jätkusuutlikke ehitusmeetodeid ajutise eluaseme jaoks. Projekti arendas MuDD Architects, ühendades digitaalse valmistamise tehnoloogiad looduslike materjalidega, et pakkuda vastupidavat alternatiivi tavapärastele kergetele hädaolukorra varjualustele.

Konstruksioon koosneb kolmest kahekordselt kumerast pinnasekestast, mis on loodud bambusest painutusaktiivse süsteemi ja CNC-lõigatud džuudikanga abil. Projekti peamine innovatsioon on õhudroonide (Tüüp V) kasutamine, et tõsta kangast raketis ja pihustada sellele savist, liivast ja riisikestadest valmistatud mörti. See „bioshotcrete'i“ lähenemine välistab raskete masinate või keeruka tellingusüsteemi vajaduse. Pihustatud pinnasesegu moodustab vastupidava, biopõhise konstruktsioonilise väliskesta.

Summum Engineeringu toetusel ühendab Terramia shotcrete'i põhimõtted traditsioonilise savi-ja-punutise (wattle-and-daub) ehitustehnikaga, mida toetab robotika. Droonide kasutamine materjali transpordiks ja raketise positsioneerimiseks näitab, kuidas digitaalselt toetatud pinnaseehitus võib pakkuda vastupidavaid, normidele vastavaid ja skaleeritavaid lahendusi ajutiseks eluasemeks, kasutades põllumajanduslikke kõrvalsaadusi ja kohalikke pinnaseid, et saavutada kõrge jõudlusega kestkonstruktsioon.





Terramia



[www.earth3d.eu](http://www.earth3d.eu)





## Wall with Staircase

|              |                                 |
|--------------|---------------------------------|
| Aasta:       | 2019                            |
| Partnerid:   | IAAC / WASP                     |
| Kategooria:  | Rakendatavus                    |
| Tehnoloogia: | Tüüp III (Delta)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass A (Pinnas)                |
| Geomeetria:  | 3D (Trepp)                      |

See eksperimentaalne projekt, mille arendas WASP koostöös Kataloonia Arhitektuuri Kõrginstituudiga (IAAC), uurib kohapealse 3D-printimise konstruktsioonilist potentsiaali kandvate pinnasekonstruktsioonide jaoks. Prototüüp sisaldab 40 cm paksust 3D-prinditud seina, mis integreerib sujuvalt funktsionaalse trepi, näidates, kuidas arhitektuurseid elemente saab otse prinditud struktuuridesse sisse ehitada.

Sein valmistati Crane WASP 3D-printeriga (Tüüp III), kasutades bio-põhist savi- ja riisikiudude segu, mida tarnis RiceHouse (Klass A). Printimisprotsess kestis ligikaudu 40 tundi ning kasutas umbes kaks kuupmeetrit materjali. Oluline disainistrateegia oli sisemise pinna modulatsioon, mis optimeeris konstruktsioonilist toimivust ja stabiilsust, säilitades samal ajal materjalikasutuse efektiivsuse.

Projekt uuris ka hübriidseid ehitussüsteeme, mis võimaldavad puidust elemente loomulikult ankurdada prinditud seina sisse juba valmistamisprotsessi ajal. See kinnitab puusepatöö ja prinditud pinnase ühendamise potentsiaali ilma mehaaniliste kinnititeta. See koostöö panustab laiemasse uurimissuunasse, mille eesmärk on arendada taskukohaseid, skaleeritavaid ja jätkusuutlikke kohapealse 3D-printimise lahendusi humanitaarseteks rakendusteks ja tuleviku arhitektuurimudeliteks.





## Wall with Staircase







## Hearth (Mud Frontiers)



|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| Aasta:       | 2019                           |
| Partnerid:   | Emerging Objects               |
| Kategooria:  | Rakendatavus                   |
| Tehnoloogia: | Tüüp IV (SCARA)   Pump + Screw |
| Materjal:    | Klass A (Adobe / Puit)         |
| Geomeetria:  | 2.5D (Sein)                    |

Emerging Objectsi uurimisprojekti "Mud Frontiers" osana käsitleb Hearth, kuidas traditsioonilisi pinnaseehituse praktikaid saab ümber mõtestada täiustatud digitaalse valmistamise abil. Rio Grande vesikonna ajaloolistel piirialadel arendatud projekt tugineb tugevalt Ancestral Pueblo ja Indo-Hispano kultuuride pinnasearhitektuuri ja keraamikatraditsioonidele.

Kasutades kaasaskantavat robotilist 3D-printimissüsteemi (Tüüp IV: SCARA), muundati kohapeal kogutud pinnased otse arhitektuurseteks elementideks. Hearth on üks neljast eksperimentaalsest installatsioonist — koos Beacon'i, Lookout'i ja Kiln'iga —, mis uurivad 3D-prinditud muda konstruktsioonilist toimivust, termilist käitumist ja kultuurilist väljendust.

Projekt uurib muda, savi, vee ja põhu kasutamise potentsiaali kaasaegsete täismahus konstruktsioonide ehitamisel. Esivanemate käsitööteadmiste ja robotilise lisandtootmise ühendamise kaudu näitab Hearth, et ligipääsetav, vähese tööjõuvajadusega ja keskkonnateadlik ehitus on teostatav. Projekt pakub skaleeritavat mudelit tuleviku pinnasepõhisele arhitektuurile, mis austab asukoha kultuuripärandit, kasutades samal ajal kergesti kättesaadavaid ja jätkusuutlikke materjale.





## Hearth (Mud Frontiers)







## A. Clay Rotunda

|              |                                      |
|--------------|--------------------------------------|
| Aasta:       | 2021                                 |
| Partnerid:   | ETH Zurich                           |
| Kategooria:  | Ambitsioon                           |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Robootiline)   Batch (Place) |
| Materjal:    | Klass A (Põletamata savi)            |
| Geomeetria:  | 3D (Silinder)                        |

Clay Rotunda on eksperimentaalne pinnasestruktuur, mis moodustab Bernis asuva SE MusicLab'i helikindla väliskesta. Projekti arendas ETH Zurich, vastates madala keskkonnamõjuga ehituse kiireloomulisele vajadusele, ühendades traditsioonilise saviehituse teadmised täiustatud arvutusliku projekteerimise ja robootilise valmistamisega.

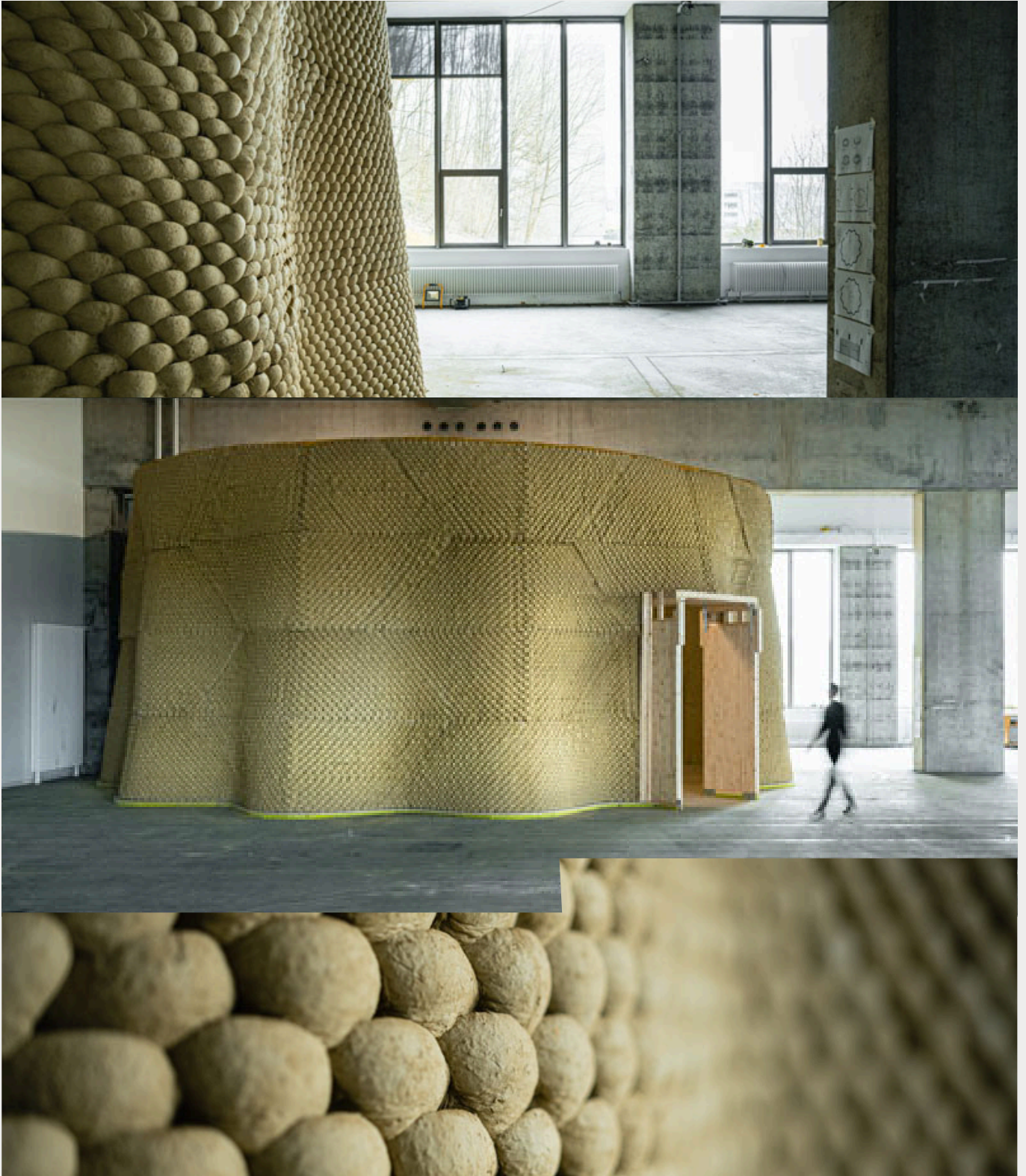
Erinevalt ekstrusioonipõhistest projektidest kasutab see struktuur „Batch (Place)” meetodit. Mobiilne robootiline süsteem (Tüüp V) paigutas kohapeal täpselt üle 30 000 pehme savitellise. Andmepõhine valmistamisprotsess integreeris konstruktsioonianalüüsi ja materjalikäitumise, et suunata iga üksiku elemendi paigutust. Tulemuseks on iseseisev silindriline vorm, mis on 5 meetrit kõrge ja ligi 11-meetrise läbimõõduga, kusjuures seina paksus on vaid 15 cm.

Stabiilsus saavutatakse lainelise geomeetria, mitte armeerimise abil. Projekt demonstreerib armeerimata savi (Klass A) akustilisi ja kliimaregulatsiooni omadusi ning selle jäätmevaba elutsükli. Käsitledes savitellist digitaalse pikslina, pakub Clay Rotunda skaleeritavat mudelit jätkusuutlikuks ja emissioonivabaks arhitektuuriks, mis ühendab kõrgtehnoloogilise uurimistöö ja käsitööpõhised ehituspraktikad.





## A. Clay Rotunda







## B. Impact Printed Earth

|              |                                           |
|--------------|-------------------------------------------|
| Aasta:       | 2024                                      |
| Partnerid:   | ETH Zurich (Šveits)                       |
| Kategooria:  | Ambitsioon                                |
| Tehnoloogia: | Tüüp V (Robootiline)   Jetting (Shooting) |
| Materjal:    | Klass A (Väljakaevatud pinnas)            |
| Geomeetria:  | Mittetasapinnaline                        |

ETH Zurichi Gramazio Kohler Researchi poolt arendatud „Impact Printed Earth“ tutvustab uut valmistamisloogikat, mis põhineb keemilise tardumise asemel kineetilisel energial. Projekt kasutab mitut robootilist platvormi ning on klassifitseeritud kui Tüüp V: liigendatud süsteem, mis on arenenud laboratoorsest portaalprinterist autonoomse mobiilse ekskavaatorini, et võimaldada üleminekut eeltootmiselt otsesele kohapealsele ehitusele.

Peamine innovatsioon seisneb tiheda materjali suure kiirusega ladestamises. Spetsiaalne tööriistaotsik (end-effector) ekstrudeerib ja doseerib pinnasepelletteid, paisates need kiirusega kuni 10 meetrit sekundis. See kineetiline löök tekitab kohese sidususe, võimaldades süsteemil töödelda jäika ja suure voolavuspiiriga segu (75% kaevandamisjäägid) ilma pumbatavuse piirangute või vedeldumisriskideta, mis on iseloomulikud tavapärasele ekstrusioonile.

Klass A (toormaterjal) materjalide jaoks — mis erinevad tsemendipõhistest sideainetest — optimeeritud protsess saavutab kohese konsolideerumise, mis sobib 1-2-korruseliste konstruktsioonide ehitamiseks. Ühendades selle „shooting“-mehhanismi võimaliku armeerimise integreerimisega, näitab projekt, kuidas ballistiline ladestamine võib avada geomeetrilise keerukuse võimalusi ringluspõhistes materjalitsüklites. Oluline on, et kuigi robootiline süsteem võimaldab välitingimustes valmistamist, jääb toorpinna hüdrofiilseks materjaliks; seetõttu vajavad avatud konstruktsioonid erosiooni vältimiseks kaitsvat pinnaviimistlust.





## B. Impact Printed Earth







2025-1-PL01-KA210 VET000355378

# Parimate Tavade Juhend

Partnerid



COMMUNE  
STUDIO



UNIVERSIDADE  
BEIRA INTERIOR

VERTICO



Vidipost



Kaasrahanud  
Euroopa Liit