



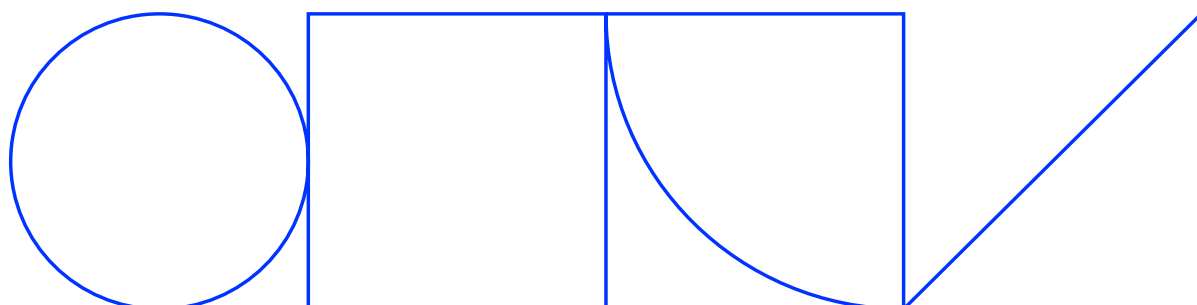
PROJEKTNR. 14340

Nygammal byggteknik för att sänka CO2-avtrycket

Louise Johansson
Skanska Sverige AB

2025-09-26

SKANSKA



Förord

Denna studie har finansierats av SBUF och genomförts av Skanska Sverige AB. Vi vill rikta ett stort tack till SBUF, referensgruppen och andra aktörer i branschen som bidragit med sin erfarenhet och kunskap kring obränd lera som byggnadsmaterial. Under projektet var det tydligt att obränd lera som byggnadsmaterial väcker stort intresse och engagemang då tiden sällan räcker till när en diskussion är i gång. Det är tydligt att viljan att bygga hållbart är stark och att detta engagemang är nyckeln för en mer klimatsmart byggbransch.

En medlem i den tyska paraplyorganisationen Dachverband LEHM sa en mening som fastnade. *"Once you touch clay you can never go back"* och jag kan inte annat än att hålla med. Leran har haft en självklar plats som byggnadsmaterial tidigare och det är dags att den kommer tillbaka igen - i modernare form.

Rapportens har skrivits av Louise Johansson med hjälp av Nicolas Jacquier och Emma Rehnström.

Louise Johansson

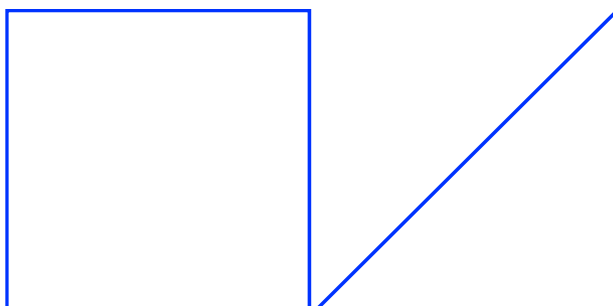
Göteborg september 2025

Projektgrupp:

Louise Johansson, Skanska Teknik, Projektledare
 Malin Norin, Skanska Teknik, Gruppchef Support och Utveckling
 Nicolas Jacquier, Skanska Teknik, Huskonstruktör
 Emma Rehnström, Skanska Teknik, Geolog

Referensgrupp

Andrea Pap de Pesteny/ Niklas Levau, Skanska Sverige AB Klimat och hållbarhet Hus
 Johan Jönsson, White arkitekter
 Emil Junelind, NCC
 Claes Dalman, PEAB, FoU ansvarig
 Emma Sarin, HSB
 Stephanie Lenngren, SSEA
 Johan Karlsson, Byggpartner
 Angelica Karlsson, Göteborg statsfastighetsförvaltning
 Emma Zhang, Ragn – Sells
 Susanna Bondesson, Bara mineraler



Sammanfattning

Obränd lera är ett material som använts i alla tider, men som i Norden numera är ett ganska ovanligt byggnadsmaterial. Världens klimatutsläpp behöver minska och höga mål är satta. För att uppnå dessa mål är det viktigt att de material som används har en låg klimatpåverkan. Obränd lera är ett material som har mycket låga utsläpp, nästintill 0 kg CO₂/kg. Materialet behöver varken tillsatser eller brännas och på så vis bildas det mycket låga utsläpp under tillverkningen.

Förutom låg klimatpåverkan har lermaterial en bra ljud-, värme- och brandisolerande förmåga samtidigt som det har bra egenskaper sett ur fuktperspektiv. Om inga tillsatsämnen används är det även ett helt cirkulärt material. Trots alla fördelar är lera ett material som ofta hanteras och schaktas bort mot en kostnad på byggarbetsplatser.

I Tyskland och Österrike har leran integrerats i moderna byggprocesser och flera standarder för att bygga med lera har formats. I Sverige har svenska institutet för standarder (SIS) börjat arbetet med att ta fram nationella standarder för obränd lera som ett byggmaterial.

Syftet med SBUF- projektet är att kartlägga vilka möjligheter obränd lera har som byggmaterial i Sverige och i vilka former det är användbart för byggande i större skala. Projektet kan bli en möjliggörare för att bygga med koldioxidneutralt byggmaterial som obränd lera i Sverige.

Projektet är en omvärldsbevakning som görs genom litteraturstudier samt studiebesök följt av en workshop.

Resultatet visade att obränd lera är ett byggnadsmaterial med stor potential att användas i modernt storskaligt byggande i Sverige. På grund av att materialet blivit bortglömt de senaste 100 åren behöver kunskapen byggas upp på nytt och anpassas efter dagens sätt att bygga.

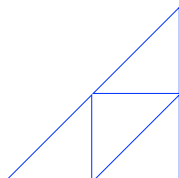
I studien erhöles forskningsresultat gällande obränd leras förmåga att isolera mot ljud, värme och brand samtidigt som det har bra fuktbuffrande egenskaper.

En lämplig start är att börja med lätta applikationer där det finns produkter och standarder. Exempel på det är lerputs, lerskivor och estetiska installationer. När marknaden är redo är ytterligare användningsområden icke bärande innerväggar, bärande innerväggar samt som en del i bjälklag.

Det är viktigt att materialet används i säkra applikationer för att skapa en god spiral av referensobjekt, kunskap och bekantskap till materialet.

I samband med projektet skapades en SharePoint-sida i syfte att sprida kunskap och nås via länken.

[General | SBUF - Nygammal byggteknik för att minska CO₂-avtrycket | Microsoft Teams](#)



Innehåll

1	Bakgrund	1
1.1	Syfte	2
2	Introduktion till lera som material	3
2.1	Vad är lera?	3
2.2	Obränd lera som byggnadsmaterial	4
3	Omvärldsbevakning	5
3.1	Lerbyggnadstekniker	5
3.2	Obränd leras potential	11
3.3	Internationella exempel på standardisering av byggande med obränd lera	13
3.4	Svenska regelverk	18
4	Studiebesök	21
4.1	Konferens i Weimar	21
4.2	Studiebesök kontorshus Göteborg	37
5	Workshop	39
5.1	Hoppets förskola	39
5.2	Sveriges plan för standarder	41
5.3	Reflektioner under workshop	42
6	Diskussion	43
6.1	Kunskap	43
6.2	Acceptans	44
6.3	Regleringar, certifikat och påvisad kvalitet	44
6.4	Arbetsmiljö	45
6.5	Hållfasthet	45
6.6	Väderbeständighet	45
6.7	Hantering och lagring	46
7	Slutsats	47
8	Vidare studier	48
	Litteraturlista	49
	Bilagor	i
	B1 Agenda workshop	i
	B2 Emma Rehnström – <i>Lera och lermineral</i>	ii
	B3 Angelica Ekberg – <i>Lera som byggmaterial Erfarenheter från Innovationsprogrammet Hoppet</i>	iv
	B4 Mikael Åberg – <i>Framtida projekt av Pisé i Sverige</i>	vi
	B5 Johan Jönsson – <i>Lera som byggmaterial Storskalig modern produktion</i>	x

1 Bakgrund

Lera är ett material som använts i tusentals år, långt innan någon bygglagstiftning existerade. Genom historien har människor över hela världen uppfört bostäder och andra byggnadsverk med hjälp av lokala lerjordar, ofta baserat på erfarenhetsbaserad kunskap som förts vidare genom generationer. Det finns exempel på riktigt gamla byggnader med obränd lera som vittnar om materialets potential – inte minst ur ett hållbarhetsperspektiv.

Industrialiseringen och användningen av nya energikällor, naturresurser och processer har lett till utvecklingen av nya byggmaterial och byggmetoder. Användningen av lera som byggmaterial har därför minskat, särskilt i länder som Sverige där moderna byggnormer, tekniska krav och branschpraxis dominerar. Samtidigt ökar intresset idag för lera som är ett naturligt, cirkulärt och klimatvänligt alternativ till konventionella byggmaterial världen över. Detta väcker frågan om implementering i Sverige i praktiken: hur ser regelverket ut för att bygga med obränd lera i Sverige?

Världens klimatutsläpp behöver minska och höga mål är satta. För att uppnå dessa mål är det viktigt att de material som används har en låg klimatpåverkan. Obränd lera är ett material som har mycket låga utsläpp, nästintill 0 kg CO₂/kg beroende på vilka energislag som väljs vid tillverkning. Materialet behöver varken tillsatser eller brännas och på så vis finns förutsättningar för att minimera utsläpp under tillverkningen. Betong har betydligt högre koldioxidutsläpp och skulle, i de fall där hållfasthetskraven är lägre, kunna ersättas av obränd lera. Likaså är även tegel, gipsskivor och färg material med högre klimatpåverkan som skulle kunna ersättas. Byte till material som är gjorda på obränd lera hade således minskat klimatpåverkan genom både utsläpp av växthusgaser och energianvändning.

Förutom låg klimatpåverkan har lermaterial en bra ljud-, värme- och brandisolerande förmåga samtidigt som det har bra egenskaper sett ur fuktperspektiv. Om inga tillsatser används är det även ett helt cirkulärt material. Trots alla fördelar är lera ett material som ofta hanteras och schaktas bort mot en kostnad på byggarbetsplatser. Ju mer man lär sig om lera desto större blir frågan varför vi slutade bygga med det.

I Tyskland och Österrike har leran integrerats i moderna byggprocesser och flera standarder för att bygga med lera har formats. I Sverige har svenska institutet för standarder (SIS) börjat arbetet med att ta fram nationella standarder för obränd lera som ett byggmaterial. SIS första steg är att ta fram standarder för lera som putsmaterial och den publicerades 2025. De har även planer på att standardisera fler användningsområden (SIS 2022).

I Österrike finns exempel på både villor och sjukhus vars väggar byggts av lera med hjälp av stampeteknik (Dabaieh Marwa, 2023) och enligt de tyska DIN – standarderna finns det lerblock som är godkända för bärande stomme i hus upp till 13 m, vilket motsvarar 4-5 våningar (Jönsson 2023). Det visar på att det utöver byggande av småhus är möjligt att bygga med lera som en del av stommen i större skala.

Svenska beställare som ligger i framkant av byggande med lägre klimatavtryck är intresserade av att utforska och använda lerbyggnadstekniker i uppförande av nya byggnader.

1.1 Syfte

Syftet med detta SBUF-projekt är att kartlägga de möjligheter obränd lera har som byggnadsmaterial för storskaligt byggande i Sverige och i vilka former det är lämpligt att bygga med i större skala.

Vidare syftar projektet till att informera och öka intresse och kompetens hos den svenska byggbranschen om materialets möjligheter och blir således en möjliggörare för koldioxidneutralt byggande. Förhoppningen är att projektet bidrar till att öka takten för att där det ämnar sig ersätta material med en högre klimatpåverkan för att minska byggbranschens totala klimatpåverkan och uppnå gemensamma klimatmål.

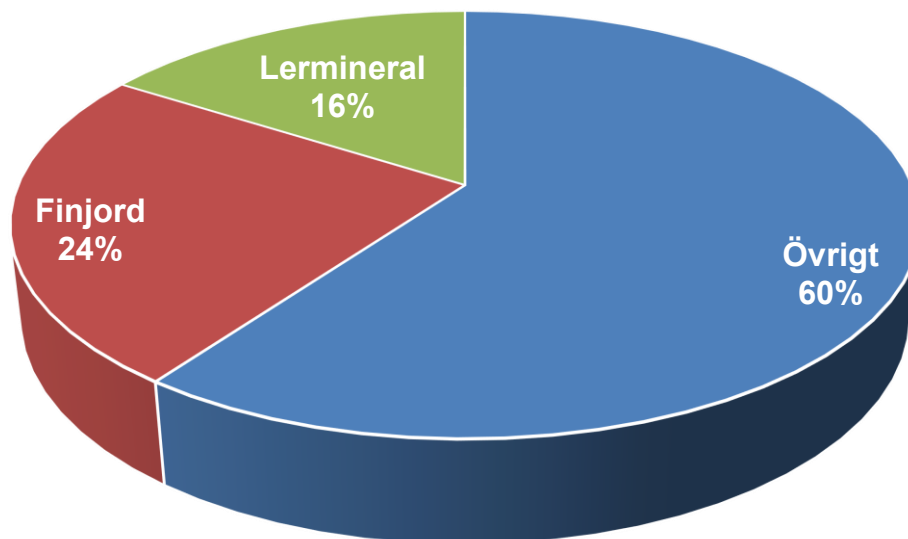
2 Introduktion till lera som material

2.1 Vad är lera?

Lera är ett begrepp som kan syfta på flera olika sammanhang. Lera är en jordart, ler är partikel eller mineral och i detta kapitel redogörs de geologiska skillnader begreppen emellan. Vidare tydliggörs vad som menas när det i byggsammanhang talas om lera som byggnadsmaterial.

2.1.1 Jordart

Jordarten lera är ett löst, icke-konsoliderat, naturligt bildat sediment. Det som utmärker jordarten lera är att den innehåller mer än 40 vikt% finjord, där minst 40 % av finjorden utgörs av lerpartiklar. Finjord är jord med partikelstorlek $<0,06$ mm. Lera betar sig plastiskt när den blandas med en mindre mängd vatten (Lindström m.fl. 1991).



Figur 1. Sammansättning av den lägsta halt lerpartiklar jordarten lera kan ha.

2.1.2 Lerpartiklar

Lerpartiklar är partiklar vars diameter är mindre än $2\text{ }\mu\text{m}$. Dessa partiklar kan bestå av alla de olika mineral som vanligtvis bildar berggrund. Men lerpartiklar kan också utgöras av specifika lermineral.

2.1.3 Lermineral

Lermineral är en grupp mineral som karakteriseras av en skiktstruktur, som uppkommer genom de oändliga silikatskikt som bygger upp mineralen (Klein & Hurlbut 1993). De har negativt laddade ytor dit positiva joner kan bindas. Lermineral bildas genom kemisk djupvittring av fältspatik berggrund, till exempel graniter och gnejser, i tropiskt klimat

eller genom hydrotermala processer (Deer m.fl. 1991). I Sverige finns förekomster av vittringsleror som stammar från en tid när Sverige befann sig närmre ekvatorn, för ca. 200-150 miljoner år sedan (Lindström m. fl. 1991). Olika ursprungsbergarter och olika klimat, exempelvis fukthalt, ger olika lermineral (Deer m.fl. 1991).

Lera kan innehålla ett eller flera lermineral och olika lermineral kan ha olika egenskaper, exempelvis finns lermineralet smektit som tar upp vatten i sitt kristallgitter och därmed ökar i volym, vilket bildar en svällande lera (Klein & Hurlbut 1994).

I Sverige är majoriteten av lerorna bildade under eller efter den senaste nedisningen. Många av lerorna bildades under inlandsisens avsmältningsskede genom sedimentation i sjöar, fjordar och hav som senare torrlades (Fredén 1994).

Detta är en stor skillnad mellan Skandinavien och de södra delarna av kontinentala Europa som inte varit nedisat. Det är inte klarlagt vilka eventuella skillnader detta medför för lera som material.

2.2 Obränd lera som byggnadsmaterial

När det talas om lera som byggnadsmaterial menas en jordart med sammansättning av lerpartiklar och ballast i olika fraktioner enligt beskrivningen ovan. Sammansättningen kan variera beroende på vad materialet ska användas till och de önskade tekniska egenskaper som beständighet, hållfasthet och estetik materialet ska ha.

Den obrända leran härddar genom torkning. En vanlig fukthalt vid formgivning är ca 10% som sedan torkar ut till ca 2%.

Lersten ska enligt standard anta tryckhållfasthetsvärden mellan 2,5 - 7,5 MPa (DIN 2024). Obränd leras densitet och värmeegenskaper liknar egenskaperna för betong (Olsson 2022).

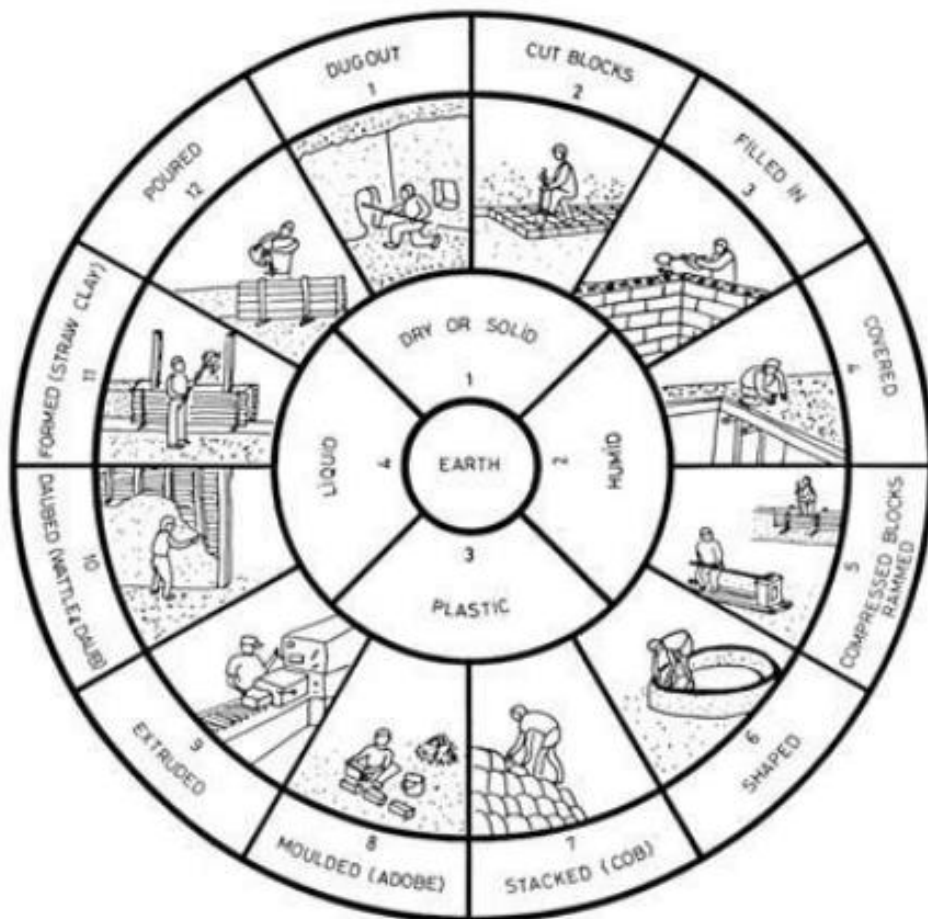
3 Omvärldsbevakning

3.1 Lerbyggnadstekniker

I litteraturstudien undersöktes hur lera används som byggnadsmaterial i Europa. I studien inkluderades lerbyggnadstekniker då och nu och vilka användningsområden och möjligheter lera har som byggnadsmaterial.

3.1.1 Översikt lerbyggnadstekniker

Genom tiderna har det använts flera olika tekniker för att bygga hus med obränd lera. Figur 22 visar en sammanfattande bild med 12 olika metoder som beror på vilken vattenhalten leran har. Gemensamt för alla dessa tekniker är att de är obränd lera som torkat naturligt genom konvektion och med hjälp av solen. Det behövs inga tillsatser utan ingredienserna är helt enkelt lera som bindemedel, ballast i olika fraktioner och vatten.



Figur 2. Möjliga lerbyggnadsmetoder beroende lerans vattenhalt. (Bildkälla: Terra versa 2024)

Några av de vanligaste teknikerna som hus byggs med i Europa är stampad lera där materialet packas i lager ("rammed earth"), komprimerade block ("CEB"), staplade lerklot ("cob") och trästrävor fyllda och klädda med lera ("wattle and daubed"). Som ytskikt är en vanlig metod att putsa med lerputs.

En modern tolkning på dessa tekniker som ökar blockens hållfasthet är genom att tillsätta cement. Förutom ökad hållfasthet blir materialet också mer väderbeständig. Tillsätts cement försvinner dock materialets cirkularitet och klimatpåverkan höjs, vilket är två fördelarna med obränd lera som byggmaterial. Av den anledningen kommer metoden med tillsatser av kalk och cement inte att studeras i detta projekt.

3.1.2 Komprimerade lera

Den stampade tekniken kan utföras i flera olika former. Hela husväggar eller golv stampas och går då under namnet "rammed earth" på engelska, "pisé" på franska och "stampad jord" på svenska. Det går även att dela upp en vägg i moduler som kan prefabriceras. Figur 3 visar en vägg med en stampad jordvägg. En annan variant är komprimerade block, "compressed earth blocks" och brukar förkortas CEB. På svenska går de ofta under namnet lersten, Figur 4 visar en vägg med denna teknik (Terra versa 2024).

Principen i teknikerna är samma och går ut på att leran komprimeras men det är hur de komprimeras och materialsammansättningen som skiljer teknikerna åt. Stampade jordväggar komprimeras genom att det fuktiga jordmaterialet läggs ner i en form och stampas med ett verktyg. När det första lagret är tillräckligt komprimerat läggs nästa lager på och processen upprepas. Det är denna upprepning ger upphov till de ränder som visas. Ballasten i stampade element har generellt en större kornfördelning jämfört med lerstenarna. Lerstenarna komprimeras i formar och liknar således tegel men med skillnaden att lerstenar är obrända.



Figur 3. Husvägg av stamp-tekniken "rammed earth". (Bildkälla: Terra versa 2024)



Figur 4. Husvägg av komprimerade lerblock. (Bildkälla: Terra versa 2024)

3.1.3 Soltorkat tegel "adobe"

Soltorkat tegel, "adobe", är en annan variant av byggande med block eller hela väggar. Tekniken är vanlig i Nord- och Sydamerika och mellanöstern och bygger på att leran hålls i formar för att sedan torka (Solid earth 2024). Skillnaden mellan denna variant och de två tidigare nämnda är att adobe- tekniken kan innehålla fibrer exempelvis i form av halm. Fibrerna ökar draghållfastheten och bidrar även till en högre isoleringsförmåga, lägre egenvikt och minskar risken för sprickbildning (Terra Versa 2024). Elementens material kan bestå en bredare sammansättning av jord och högre lerhalt. De torkar innan det monteras i huset, vilket medför att materialet krymper innan det är på plats i konstruktionen (Solid earth 2024). Figur 55 och Figur 66 visar exempel på hur adobe-tekniken kan användas för att producera element samt färdiga element.



Figur 5. Tillverkningsmetod adobe-tekniken. (Bildkälla: Solid earth 2024)



Figur 6. Klara byggelement skapade med adobe-tekniken. (Bildkälla: Solid earth 2024)

3.1.4 Staplade lerklot "cob"

Stapeltekniken, även kallat cob, innebär att lera blandas med sand och halm, formas till klot med vatten för att skapa en lite blötare konsistens. Kloten placeras sedan på varandra och formas till de former som önskas. Tekniken är vanlig i delar av Afrika och Indien (Terra versa 2024). Ett exempel på ett hus som byggts med denna teknik visas i Figur 7. Fördelen med denna teknik är lerans geometri kan bestämmas helt och är inte beroende av formar.



Figur 7. Hus byggt med staplad lera i Devon, England. (Bildkälla: Grand design Magazine 2018)

3.1.5 Trästrävor fyllda och klädda med lera "Daubed earth"

En vanlig byggteknik med lera i Europa är "daubed earth". Det innebär att den bärande stommen består av trärelement. Mellan pelarna flätas tunnare strävor. Tomrummet mellan träet fylls sedan med lera som får torka (Terra versa 2024). En applikation på denna metod är korsvirkeshus. Metoden har använts i länder som England, Frankrike och Sverige där korsvirkeshus kan återfinnas på flera platser. I Figur 8 visas hur en vägg i ett korsvirkeshus är byggt med tekniken.



Figur 8. Vägg i korsvirkeshus under byggnation. (Bildkälla: Lowimpact 2016)

3.1.6 Metoder för att kontrollera lerans sammansättning

Anledningen till att det är viktigt att kontrollera materialet är på grund av att dess egenskaper kan skifta beroende på kornsammansättningen. Är lerhalten för hög riskerar elementen att spricka när de torkar. Är det för hög halt av sand i relation till grus sjunker tryckhållfastheten. Riktvärden för lämplig sammansättning av materialet är någonstans runt 20-30% lera (Åberg 2023).

För att kontrollera om en lera är lämplig att använda som byggmaterial finns det ett par testmetoder att använda sig av ute i fält. Materialets egenskaper kan även genomgå mer moderna tester som trycktester.

3.1.6.1 Släpptestet

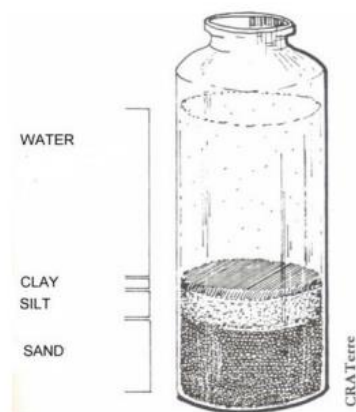
En av metoderna som använts länge är "*Släpptestet*" har även tillämpats i moderna projekt (Åberg 2023, Fuger, Oppe, Santuario 2024). Testmetoden innebär att man släpper en klotformad bit av lera från ca 1 m höjd och ser hur den ser ut när landar. En bra sammansättning har uppnåtts när klotet delar sig i ca 3–6 delar. Om provet bildar en hög är sandhalten för hög eller så är provet för torrt. Om provet knappt delar sig innehåller det antingen för mycket lera eller är för blött (Rustas 2023), se Figur 9.



Figur 9. Guide för testmetod i fält (Rustas 2023)

3.1.6.2 Burktestet

En annan metod för att kontrollera att sammansättningen är "*Burktestet*" som innebär att jorden blandas med vatten i en burk som sedan sedimenterar. Tyngre och större partiklar sjunker fortare och partiklarna delar sig på så vis i lager. Sammansättningen kan sedan enkelt utläsas för att skapa en indikation på om materialet är lämpligt, se Figur 10. Resultatet blir inte helt tillförlitligt då mindre partiklar kan blandas mellan de större kornen, men det ger en ungefärlig bild.



Figur 10. Exempel på hur resultatet av ett burktest kan se ut. (Bildkälla: Rustas 2023)

3.1.6.3 Trycktester

Det kan vara svårt att estimerar exakta värden på hållfastheten för det aktuella provet genom med ovanstående metoder. Av den anledning har en del aktörer en utarbetad metodik som är en kombination av fälttester och där det formade materialet skickas till ett betonglabb för tryckprovning (Coeckelberghs 2024).

3.2 Obränd leras potential

I detta kapitel presenteras obränd leras positiva egenskaper då den avses användas som ett byggnadsmaterial.

3.2.1 Tillgängligt, klimatsmart och cirkulärt

Lera är ett material som finns på flera platser i landet och grävs upp vid byggnation då det är ett oönskat material att ha som underlag. Detta innebär att leran schaktas mot en kostnad och läggs på hög. Här finns därför en möjlighet att återbruka schaktmassor, med fördel direkt på byggarbetsplatsen. Detta är både resurseffektivt och klimativänligt, men det finns vissa hinder som måste lösas. I många fall klassas materialet initialt som avfall, vilket innebär att det inte får användas fritt förrän det uppnått en så kallad "produktstatus". Denna övergång kräver att byggherren kan visa att materialet är tekniskt lämpligt och miljösäkert sitt avsedda ändamål. Detta kan skapa juridiska gråzoner och kräver noggrann dokumentation och anpassning till gällande lagstiftning (Naturvårdsverket, 2024, Naturvårdsverket 2021).

På grund av att det är ett färdigt material i sig är det endast formgivningen, torkning och montering av materialet som kan ge upphov till klimatpåverkan. Väljs energikällorna med omsorg, exempelvis att materialet grävs upp, formas och torkas av maskiner som drivs av fossilfria medel blir klimatpåverkan minimal. Kan transporterna av materialet dessutom minska är den största klimatpåverkan för lermaterialet minimerat, och på köpet minskas buller och vägs slitage.

Om leran inte bränns och om inga tillsatser som cement används är materialet helt cirkulärt och kan vid en byggnads slutskede smulas ned och lämnas på platsen.

3.2.2 Klimatreglering och termisk tröghet

Lera har en god förmåga att buffra temperaturväxlingar och reglera luftfuktighet, vilket är särskilt värdefullt i energieffektiva byggnader (McGregor m. fl, 2014). Genom att lagra värme på dagen och avge den på natten kan lerväggar bidra till minskat behov av uppvärmning och kylning – ett argument som blir allt viktigare i samband med skärpta krav på energiprestanda i BBR.

Som nämnt i avsnitt 2.2 har material med obränd lera likande värmeegenskaper som betong. Värmekapaciteten beskriver hur mycket energi som krävs för att materialet ska variera en grad (Burström 2018 s.72). Har ett material högre värmekapacitet krävs mer energi för temperaturförändringen. Värmeledningsförmågan beskriver ett materials värmeledningsförmåga. Ett materials värmeledningsförmåga hänger ihop med dess porositet och därmed förmågan att hålla luft stillastående. Porösa material har mer

innestående luft än kompakta material och har därmed ett bättre isoleringsmaterial. Ju lägre värde ett material har på värmekonduktiviteten desto bättre isoleringsförmåga (Burström 2018 s.62).

På grund av lermaterialens värmeegenskaper förklarar det varför det är vanligt att addera organiska material som halm och hampa för att öka isoleringsförmågan. Den höga värmekapaciteten i kombination med en bättre isoleringsförmåga ger således behagliga och jämna inneklimat.

3.2.3 Densitet

Ett materials densitet är intressant då det kan minska en konstruktions egenfrekvens och göra att den får en bättre förmåga att motstå horisontella laster. Ofta väljs betong som en del av bjälklag i en byggnad med trästomme, av anledningen att trä är ett lätt material och behöver kompletteras med tyngd.

Stampad jord har en densitet runt 2250 kg/m³ (Olsson 2022) och CEB har en densitet på 2200 kg/m³ (Oskam 2024), vilket är jämförbart med betong som har en densitet runt 2400 kg/m³ (Heidelberg 2025). Det innebär att obränd lera skulle kunna ersätta betong där betongen väljs med anledning för sin tyngd.

3.2.4 Ljudegenskaper

Enligt plan och bygglagen måste byggnader vara utformade så att buller inte påverkar de boendes hälsa negativt. BBR anger att en byggnad måste reducera ljudnivån med minst 52 dB mätt från ljudnivån utifrån (Boverket 2024b).

På grund av sin densitet och kompakthet har obränd lera bra förutsättningar för att vara ljudreducerande. För en 140 mm tjock CEB-vägg är den ljuddämpande effekten mellan två rum undersökts och mätts till 54 dB, vilket är tillräckligt för att ha som lägenhetsskiljande vägg (Boverket 2024b, Jönsson 2025).

3.2.5 Brandbeständigt

Obränd lera är i sig obrännbart och har god värmetålighet, vilket gör det till ett intressant alternativ som brandsskyddande material. I det europeiska standardiseringsarbetet pågår nu arbete med att inkludera lerputs och lerskivor som brandteknisk beklädnad för träkonstruktioner vilket kan underlätta framtida certifiering och användning (SIS 2023, Liblik M.fl. ,2022)

I en forskningsstudie som RISE gjort på uppdrag av Göteborgs Stad Lokalförvaltningen gjordes ett brandbeständighetstest på en vägguppbyggnad med träregelvägg, biobaserad isolering, råspont och lerskiva. Väggens pelare belastades med 15 kN per pelare och branden angrep sidan som var täckt med lerskivan. Resultatet visade att väggen kunde stå emot branden i 114 minuter innan den uppvisade gränsvärdet för deformation. Enligt detta test fick väggen därmed brandbeständighetsklassifikation REI 90 (RISE 2023). Enligt boverkets regler innebär det att väggen fortfarande har sin bärförmåga, integritet och isoleringsförmåga kvar vid 90 minuter av brandutsatthet (Boverket 2011).

Samma 140 mm tjocka CEB-vägg som reducerade ljudet mellan två rum har brandklasser REI 180 och EI 240 (Jönsson 2025).

3.2.6 Hållfasthet

Ostabiliserad stampad lera har en tryckhållfasthet på 0,5–5 MPa (Olsson 2022) och CEB gjorda enligt tysk standard har en hållfasthet mellan 2,5–7,5 MPa (DIN 2024). Betong har varierande tryckhållfasthet på 10 – 130 MPa (Heidelberg 2025). Av den anledning är det svårt att helt och hållet ersätta betong där den av strukturella skäl behöver en högre hållfasthet. Fokus bör snarare hamna på vilka andra funktioner lera uppfyller och använda materialet i lämpligare applikationer. Men obränd lera kan användas som lasbärande stomme. Exempel på detta finns i DIN 18940:2023-6 där byggnader tillåts att ha en bärande stomme då byggnadens höjd understiger 13 m (DIN 2023).

Just nu utvecklas patenterade metoder för hur obrända lerblock gjord på lokala leror utan stabiliseringsämnen kan uppnå högre hållfasthetsvärden. Hittills har värdet 10 MPa uppnåtts, men förhoppningen och målbilden är att obränd lera ska kunna uppnå värden på 20 MPa (Sandin 2024).

3.3 Internationella exempel på standardisering av byggande med obränd lera

Eftersom Sverige befinner sig i en uppbyggnadsfas vad gäller nationella standarder för obränd lera, är det relevant att titta på hur andra länder har etablerat formella regelverk. Länder med längre tradition av att bygga med lera har ofta kommit längre, både vad gäller teknisk utveckling och integration av materialet i normsystemet.

3.3.1 Tyskland

Tyskland har en relativt lång tradition av att använda lera i byggande och ett omfattande regelverk genom DIN-standarder. DIN är det tyska institutet för standarder, motsvarande Sveriges institut för standarder, SIS. Att DIN släppte standarder för det nygamla materialet möjliggör för byggindustrin att bygga klimatsmart samtidigt som de har kunskap som grund att luta sig mot. Dessa används både som teknisk grund vid projektering och som stöd för myndighetsbeslut vid bygglovsprövning.

De mest centrala normerna är:

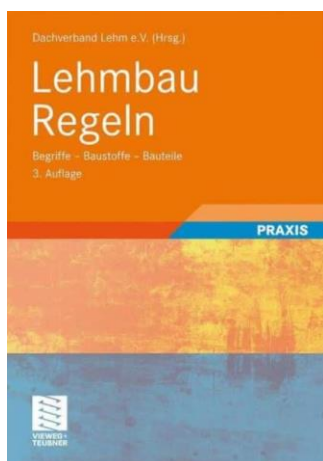
- Lehmbau Regeln
- DIN 18940
Lerstensmurverk – Allmänna krav, dimensionering och utförande av bärande väggar (möjliggör flervåningshus med bärande lerväggar)
- DIN 18945
Lersten – Egenskaper och provning
- DIN 18946
Obränd lera som murbruk – Egenskaper och provning
- DIN 18947
Obränd lera som puts – Egenskaper och provning

- DIN 18948
Lerskivor – Egenskaper och provning

Tysklands erfarenheter visar att tydliga tekniska riktlinjer och tillgång till testmetoder bidrar till att byggherrar, försäkringsbolag och kommunala myndigheter får större förtroende för materialet. Normerna har banat väg för professionellt byggande med obränd lera på både landsbygden och i urbana miljöer.

3.3.1.1 Lehmbauregeln

Lehmbau Regeln publicerades för första gången 1999 och är den tyska paraplyorganisationens *Lehm EV* handbok för hur jord och lera kan användas som byggnadsmaterial (Dachverband Lehm e.V., 2002), se Figur 11. Lehmbau Regeln är en central handbok man refererar till i Tyskland. Handboken beskriver och dokumenterar nuvarande praxis med jord- och lerkonstruktioner i Tyskland. Boken täcker olika områden som tekniska materialegenskaper, konstruktionsdetaljer, utförandet för olika typer av applikationer bärande och icke bärande applikationer, samt applikationer med lera som ytskiktmaterial. Lehmbau Regeln lagt grunden till de DIN-standarder som senare togs fram.



Figur 11: Lehmbau Regeln - Praxis (2002) - Tysk Handbok

3.3.1.2 DIN – standarderna

2013 släpptes den första DIN-standarderna om lera som ett byggnadsmaterial och sedan dess har flera standarder släppts som behandlar krav och provmetoder, bärande element, murbruk och murverk av lera (Dachverband Lehm 2024).

3.3.1.2.1 DIN 18945:2024-03 "Lerstenar – Krav, testning och märkning"

DIN 18945:2024-03 beskriver de krav, testning och märkning som lerstenarna i ett bärande eller ickebärande lerstensmurverk behöver ha. Den tredje och senaste upplagan, som släpptes i mars 2024, har studerats i detta kapitel.

I standarden står att materialet som lerstenarna får bestå av är bygglera och får innehålla tillsatser om dessa tydligt deklarerats. Tillsatsämnena som menas är mineraltillsatser

samt organiska tillsatser. Salter får finnas i leran, men till en begränsad mängd på totalt 0,12 viktprocent (DIN 2024).

Vad gäller form måste lerstenen vara kubisk. Stenens sidor kan anta mått mellan 90 – 365 mm och höjd mellan 52–238 mm. Det är tillåtet att profilera sidorna för en bättre vidhäftning. Det är även tillåtet att ha hål i lerstenarna. (DIN 2024).

Om lerstenen är avsedd att bära last ska de klara av en tryckbelastning på minst 2,5 MPa i genomsnitt. Standarden anger värden på tryckhållfasthet upp till 7,5 MPa (DIN 2024).

Standarden beskriver också att lerstenarna ska ha en beständighet mot frost och fukt. Där beskrivs att lerstenens materialförlust inte får vara högre än 5% vid nedsänkning i vatten under 10 minuter. Man bedömer också hur stenarna reagerar vid temperatur och ändringar i luftfuktighet vid kontakt med andra material. I detta test får stenarna inte visa sprickor eller deformationer. Stenarnas uppsugningsförmåga testas också och där är värden över 3 mm tillåtna. Frosttest görs genom att utsätta blöta stenar för temperaturer mellan 23 °C till -15°C och där ska stenarna klara av denna temperaturskiftning i minst 5 cykler. Samtliga värden är för lerstenar som är tänkta att vara väderskyddade och i klass Ib. För väderutsatta stenar i klass Ia är kraven högre (DIN 2024).

3.3.1.2.2 DIN 18940:2023–06 "Bärande murverk av lersten – Konstruktion, dimensionering och utförande"

DIN 18940:2023 – 06 beskriver krav och användningsområden för uppförande av bärande murverksväggar gjorda av obrända lerstenar enligt DIN 19845:2024–03 och lermurbruk enligt DIN 18946: 2024–03. Byggnadens maximala höjd enligt standarden är 13 m och murverket ska vara väderskyddat samt belastas mestadels vertikalt (DIN 2023).

Hållfastheten i murbruksväggen påverkas av lerstenarna och murbruket. Lerstenarnas hållfasthet är kopplade till tryckhållfasthetsklassen och antar då genomsnittliga minsta hållfasthetsvärden som är 2,5, 3,8 respektive 5,0 MPa. Murbruket har en tryckhållfasthet på 2,5 MPa. Vidhäftningen mellan lersten och murbruket ska vid obelastat tillstånd vara minst 0,04 MPa (DIN 2023).

Beroende på om väggarna är tänkta att vara i uppvärmda rum med utvändig isolering eller i ouppvärmda rum klassas de olika och får utsättas för olika relativa fuktigheter (DIN 2023).

Konstruktioner bör dimensioneras så att väggarna belastas så centriskt som möjligt. Minsta tillåten belastad yta är 1000 cm².

Det är inte tillåtet att blanda lersten med tegelstenar förutom i fall där vissa delar behöver högre hållfasthet på grund av utsättande last. Då ska de koncentrerade lasterna läggas på en yta vars bredd är minst 90 mm. Det finns också fall där högre hållfasthet är nödvändig i väggens underkant. I de fallen är det tillåtet att ha ett starkare material under premisen att detta material inte breder ut sig mer än 20% av väggens höjd (DIN 2023).

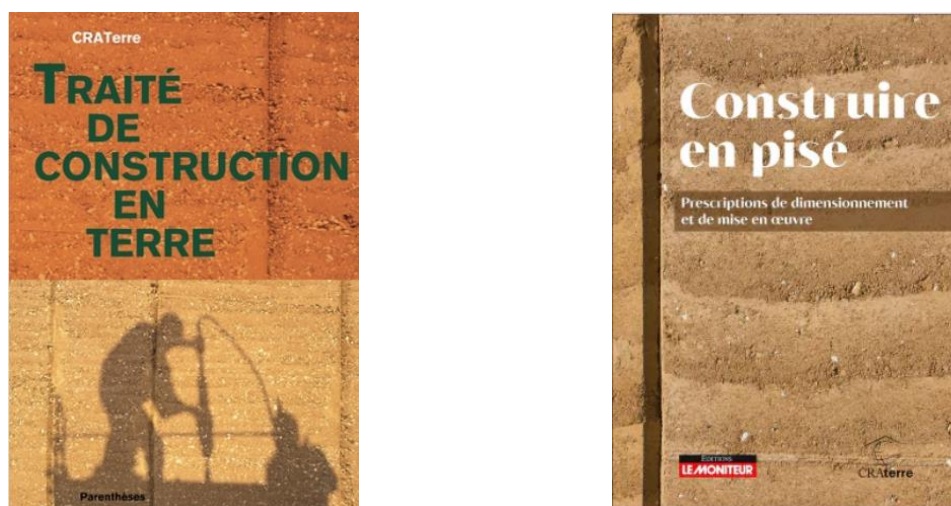
3.3.1.2.2.1 Skyddsbarriär

I byggnader med flera våningar ska det finnas lager av antingen brända eller hydrauliskt bundna material ovanför varje golv. Tryckhållfastheten i dessa material ska minst motsvara murverkets hållfasthet. Bärande element ska ha ett tillräckligt och permanent skydd mot väder (DIN 2023).

Vidare inkluderar standarden säkerhetsfaktorer samt beskriver hur en byggnad bör dimensioneras i helhet för att motstå vindlaster.

3.3.2 Frankrike

Frankrike har också en relativt lång tradition att bygga med lera på olika sätt i olika regioner. Organisationen Craterre, har sedan 1980 talet haft en viktig roll kring forskning, utbildning och kunskapsspridning av byggteknik med lerbaserade material både för nya byggnader och för restaurering av kulturhistoriska byggnader. Craterre har skrivit ett flertal referenspublikationer, två böcker visas i Figur 12.



Figur 12: *Traité de construction en terre* - (Craterre2020) - *Construire en pisé* - (Craterre 2022)

Med den pågående utvecklingen mot en storskalig användning av lera som byggmaterial i Frankrike spelar organisationen CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) en central roll gällande certifieringar och kontroll mot gällande regelverk för "ny" byggteknik såsom modernt byggande med lera som byggmaterial. Eftersom få lerbaserade produkter är CE-märkta, används i stället systemet ATEEx (Appréciation Technique d'Expérimentation) – en typ av teknisk bedömning för innovativa eller icke-standardiserade byggprodukter. Via ATEEx kan en byggnad eller teknik godkännas för ett specifikt projekt. Detta är en frivillig process men den kan hjälpa att skapa trygghet och samsyn bland olika aktörer i byggprojekt

Utöver tekniska handböcker och skrifter om obränd lera som tagits fram de senaste åren har Frankrike tagit fram en experimentell norm, XP P13-901, om obrända lerstenar och lerblock avsedda för konstruktion av väggar och skiljeväggar. En experimentell norm är inte juridiskt bindande men kan användas som tekniskt stöd (Afnor 2022). Dokumentet definierar egenskaperna hos lerstenar som kan vara komprimerade, extruderade eller gjutna och kan vara additiv-bundna eller inte. Normen specificerar terminologi, anger

dimensioner, beskriver testmetoder och föreslår mottagningsvillkor (Afnor 2022). Likt de tyska DIN-standarder om obränd lera tillämpas den här normen i vissa andra länder där en nationell norm som täcker lera som byggmaterial fortfarande saknas.

Många organisationer agerar idag i Frankrike för att sprida kunskap och praxis till att främja användning av lera som byggmaterial.

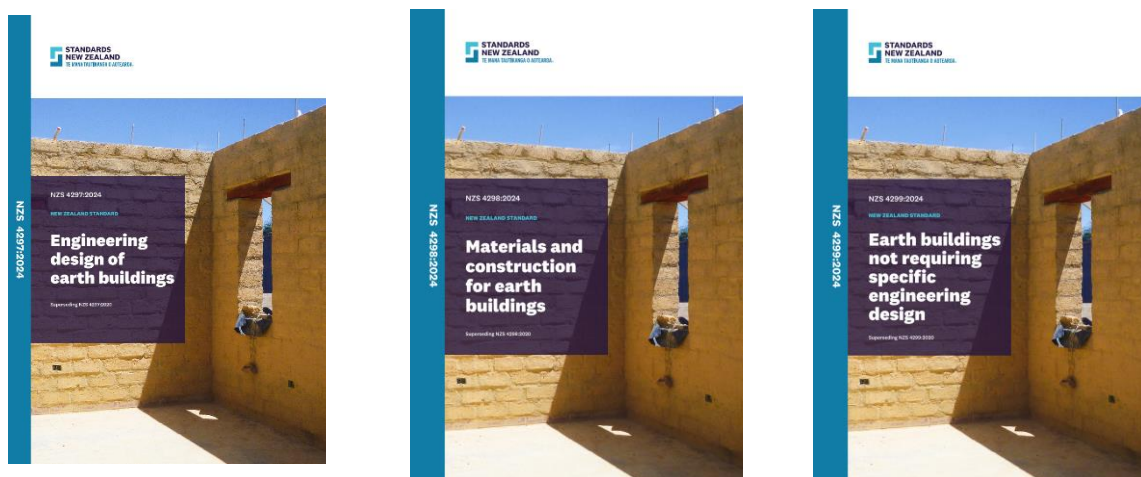
- PNTerre – (Projet National Terre) som syftar till att ta bort de olika hinder som finns för sektorn, såsom kulturella, socio-ekonomiska, tekniska, försäkrings- och regleringsmässiga hinder, och har lett till utvecklingen av vägledande handböcker, publicerade 2019, för att underlätta försäkringsbarheten, bevarandet av kulturarvet och utbildningen av yrkesverksamma.
- ASTerre är en nationell organisation som fungerar som en plattform för kommunikation och utbildning av aktörer som arbetar med lera.

3.3.3 Nya Zeeland

Nya Zeeland har sedan 1990-talet etablerat en egen serie av nationella standarder för byggande med jordbaserade material, genom Standards New Zealand:

- **NZS 4297:2024** – *Engineering Design of Earth Buildings*
- **NZS 4298:2024** – *Materials and Workmanship for Earth Buildings*
- **NZS 4299:2024** – *Non-engineered Earth Buildings*

Dessa standarder innehåller både tekniska riktlinjer, provningsmetoder och krav på utförande, och har möjliggjort att jordhus i olika tekniker (adobe, pisé, cob, pressed earth blocks) byggs enligt bestämda säkerhetsnivåer. Dessa standarder uppdaterades 2024 och är tillgängliga utan kostnad.



Figur 13: Nya Zeeland Standarder (NZS) för jordbaserade konstruktioner (Bildkälla NZS 2024a, NZS 2024b, NZS 2024c)

3.3.4 Övriga länder

Det finns en omfattande internationell kunskap och historisk lång erfarenhet av bygga med jord och lera i flera andra länder. I denna studie, inom ramen för SBUF-rapporten, har vi valt att fokusera på europeiska byggnormer, då de är mest relevanta för anpassning till den svenska moderna byggindustrin.

3.4 Svenska regelverk

3.4.1 Syfte med kapitlet

Detta kapitel ger en översikt över det nuvarande regelverket och de tekniska kraven för att bygga storskaligt med obränd lera i Sverige. Fokus ligger på relevanta lagar, byggregler, certifieringssystem och standardiseringsarbete, samt de utmaningar och möjligheter som materialet möter inom dagens byggprocess.

3.4.2 Svensk bygglagstiftning och styrande dokument

I Sverige har byggherren det yttersta ansvaret för att byggnaden uppfyller gällande lagar och tekniska krav, oavsett vilka material eller byggsystem som används.

De centrala regelverken är:

- **Plan- och bygglagen (PBL)** som reglerar krav på byggnadsverk och byggprocessens formella delar, som bygglov, kontrollplan och ansvarsfördelning.
- **Boverkets byggregler (BBR)** som specificerar tekniska egenskapskrav för byggnader, såsom bärförmåga, brandskydd, energiprestanda och fuktsäkerhet.
- **EU:s byggproduktförordning (CPR)** som ställer krav på byggprodukter som omfattas av harmoniserade standarder och CE-märkning.

3.4.3 Tekniska egenskapskrav enligt BBR

Boverket ställer via BBR funktionsbaserade krav på byggnaders tekniska egenskaper för att säkerställa säkerhet (bärförmåga, beständighet, brandskydd etc), hållbarhet, energieffektivitet och hälsa. Att regelverket är funktionsbaserat innebär att alla material som kan uppfylla dessa krav i princip är tillåtna. Lera kan användas i både bärande och icke-bärande delar av en byggnad, under förutsättning att kraven i BBR verifieras genom dokumentation, tester, och ibland tredjepartsintyg.

3.4.4 Certifiering och kontroll av material och konstruktion

För att ett byggnadsverk ska få tas i bruk krävs att både material och utförande uppfyller kraven i gällande lagstiftning. Eftersom regelverket är funktionsbaserat, innebär det att varje lösning – särskilt när den avviker från vedertagen praxis – måste kunna verifieras och kontrolleras på ett tillförlitligt sätt. Detta är särskilt relevant vid användning av obränd lera, eftersom det i dagsläget saknas ett heltäckande svenskt regelverk för materialet.

3.4.5 Intyg, standarder och prestandadeklARATIONER

För byggprodukter som används i den europeiska marknaden gäller i regel byggproduktförordningen vilket bland annat innebär krav på CE-märkning där

harmoniserade standarder finns. Obränd lera omfattas idag inte av någon harmoniserad europeisk standard som möjliggör CE-märkning, men det utesluter inte användning. Alternativ produktdokumentation och eventuella projektanpassade provningar blir däremot relevanta för olika aktörer som vill använda lera som byggmaterial.

I vissa fall kan ett europeiskt tekniskt godkännande (ETA) eller ett typgodkännande enligt nationella regler användas. Sådana godkännanden är frivilliga och innebär att produktens egenskaper har prövats mot definierade krav, och ger en tydligare grund för godtagande i byggprocessen.

För produkter som tillverkas på plats (exempelvis lerväggar eller stommar byggda av lokala massor) är det byggherren som måste kunna visa att konstruktionen uppfyller kraven i BBR, ofta genom:

- Provning av materialegenskaper (t.ex. tryckhållfasthet, fuktkänslighet).
- Tekniska beräkningar och dimensioneringsunderlag.
- Beskrivning av utförandemetod och kvalitetssäkring.

3.4.6 Kontrollplan och byggprocessens roller

Enligt Plan- och bygglagen ska varje byggprojekt i Sverige ha en kontrollplan, där kritiska moment i byggandet identifieras och verifieras. För byggnader med alternativa eller innovativa material, som obränd lera, blir kontrollplanen ofta mer detaljerad. Den kontrollansvarig (KA) spelar en central roll i detta arbete, tillsammans med projektörer och entreprenörer. KA:s godkännande är ofta avgörande för att projektet ska kunna gå vidare till slutbesked. För att processen med byggmaterial och metoder som saknar standard, hänvisningar i normer eller branschs rekommendationer ska fungera och att olika aktörer skall kunna enas kring olika lösningar behöver det finnas en bredd och allmän accepterad kunskapsbas att utgå ifrån.

3.4.7 Samverkan med försäkrings- och certifieringssystem

I praktiken kräver byggherrar ofta att material och metoder är accepterade av försäkringsbolag, finansiärer och ibland även branschorganisationer (Boverket 2024a). Dessa aktörer kan exempelvis efterfråga:

- Referensprojekt
- Dokumenterad prestanda (även utanför formella CE-märkningar)
- Intyg från erkända laboratorier
- Rekommendationer från branschorganisationer

Detta skapar i många fall en tröskel för material som saknar standardiserat stöd – inte på grund av lagliga hinder, utan på grund av marknadens osäkerhet. En tydlig dokumentationsstrategi redan från projektering är därför avgörande.

3.4.8 Standarder och tekniska specifikationer för lera som byggmaterial

Trots att det i dagsläget saknas fullt utvecklade nationella normer för bärande byggnadskonstruktioner i obränd lera i Sverige, pågår ett aktivt standardiseringsarbete. Det svenska regelverket vilar som tidigare nämnts på funktionsbaserade krav snarare än materialspecifika regler. Därför spelar standarder en avgörande roll som tekniska tolkningsunderlag i byggprocessen – särskilt när traditionella material används på nya sätt.

3.4.8.1 Nya svenska tekniska specifikationer för obränd lera

Den Svenska Institutet för Standarder (SIS), genom den tekniska kommittén SIS/TK 180 "*Obränd lera, murverk och puts*", har inlett ett arbete för att ta fram specifika tekniska specifikationer för obränd lera som byggmaterial. Syftet är att skapa ett gemensamt och praktiskt tillämpbart underlag för branschen.

Den första publicerade specifikationen är:

- **SIS/TS 28947:2025** *Obränd lera som byggmaterial – Invändig lerputs – Egenskaper, provning och märkning*

Denna specifikation har publicerats i början av år 2025 och bygger i stor utsträckning på översättningar och anpassningar av etablerade tyska DIN-standarder. Den anger vilka egenskaper invändig lerputs ska ha, hur de ska verifieras och hur produkten bör märkas.

Nästa steg i standardiseringsarbetet är att publicera en svensk standard för lermurbruk (Jönsson 2025):

- **SIS/TS 28946** *(preliminär titel) Obränd lera som byggmaterial – Lermurbruk – Egenskaper, provning och märkning.*

När den här delen av arbete har slutförts har man kommit en bra bit på vägen för att sänka tröskeln för användning av lera i fler applikationsområden i Sverige. Exempelvis kan tegel och även återbrukat tegel muras med hjälp av lermurbruk och eventuellt kompletteras med lerputs som ytskikt för att forma nya byggdelar. Den typen av konstruktion kan vara relevant i ett scenario där cirkularitet är prioriterat.

Enligt SIS och den tekniska kommitté TK180 pågår även diskussioner om att utveckla en gemensam nordisk standard för obränd lera, i samarbete med Danmark, Norge, Finland och Island. Det föreslås att en eventuell SS-INSTA 28947 skulle kunna bli en framtida nordisk standard baserad på svenska SIS/TS 28947.

Detta arbete är av stor betydelse då det ger svenska aktörer – byggherrar, entreprenörer, konsulter och myndigheter ett gemensamt ramverk att utgå från vid projektering, upphandling och kontroll.

Den pågående utvecklingen av standarder (t.ex. SIS/TS 28947:2025 för lerputs) och planerade dokument för murbruk och lerskivor är viktiga steg mot att skapa tydliga riktlinjer för både nya och återbrukade lerprodukter.

4 Studiebesök

De senaste åren har flera lerbyggnadsprojekt i varierande skala genomförts i Europa, där olika tekniker har använts i olika ändamål. Lyckligt nog inföll lerbyggnadskonferens LEHM24 under projektiden för det här SBUF-projektet. Över 250 personer samlades under 3 dagar i tyska Weimar för att utbyta kunskap och lära sig det senaste inom lerbyggnadsteknik. På grund av att så mycket kunskap och erfarenhet var koncentrerad på samma plats var det lämpligt att studiebesöket skulle gå hit.

Konferensen var totalt tre dagar där de två första dagarna bestod av föreläsningar och den tredje dagen var studiebesök på tre olika projekt eller ett laboratorium. Föreläsningarnas innehåll varierade mellan inspiration för social hållbarhet till nya studier om fukthaltens påverkan på en lerstens hållfasthet, nya mer tillåtande Eurokoder om brandsäkerhet och erfarenheter från bygget av Tysklands största byggnad gjord med obränd lera. I detta avsnitt sammanfattas informationen i korthet för det som är relevant för detta SBUF-projekt.

Utöver konferensen fick vi även möjlighet att besöka en kontorsbyggnad i Göteborg där de använt lerputs i flera rum med i stället för en idag vanlig färg.

4.1 Konferens i Weimar

4.1.1 Föreläsningar

4.1.1.1 Produktionerfarenheter

4.1.1.1.1 Weleda Logistic Centre

På grund av att logistikcentret ska hantera produkter som kräver ett balanserat klimat och fanns ett stort intresse av att ha bra och stabil inomhusmiljö. Man valde då att bygga huset med stampade lerväggar. Resultatet blev Tysklands största byggnad med stampade jordväggar och man har använt jord som grävts ur på platsen. I Figur 14 ser man logistikcentret från utsidan.



Figur 14. Weleda logistic centre (Bildkälla: Fuger, Oppe, Santuario 2024)

De bärande ytterväggarna i byggnaden består nedtill av obränd lera som har en tryckhållfasthet på ca 3.3 MPa är ca 60 cm tjocka. Förutom att ytterväggarna är gjorda i lera består byggnaden av en trästomme som kompletteras med stål och betong för att fördela och ta laster. All lera som grävdes upp på platsen användes till väggarna av huvudbyggnaden. Det är även en av anledningarna till att lerväggar inte användes i större utsträckning då man hade behövt transportera dit jord från en annan plats (Fuger, Oppe, Santuario 2024).

För att stå emot väder och vind har man använt sig av så kallade "droppnäsor" som består av horisontella lager med kalk som är mer motståndskraftig än lerblandningen. Droppnäsorna gjuts in i nivå med väggen, se Figur 15. Med tiden eroderar en del av jordmaterialet bort medan kalklagren är kvar. Det medför att eroDERINGEN saktas ner drastiskt då vatten inte längre rinner längs fasaden och tar med sig material. Med hjälp av denna metod har centret stått i ett år med hårt klimat utan någon större synlig påverkan. En annan metod att öka lerans beständighet mot väder att blanda in kalk. I detta projekt valde dem att ha kalk och lera separat vilket bidrar till ökad cirkularitet då de enkelt kan separeras. Då jordmaterialet eroderar med tiden har de tecknat ett underhållskontrakt med byggbolaget (Fuger, Oppe, Santuario 2024).



Figur 15. "Droppnäsor" på Weleda Logistic centre. (Bildkälla: Fuger, Oppe, Santuario 2024)

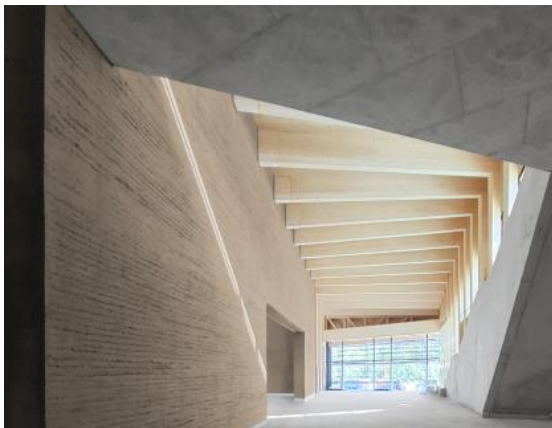
Bygget gjordes under hösten och för att skydda elementen från väder användes presenningar. För att ta reda på om jordmaterialet gick att använda gjordes både fälttester och labbtester. Uppförandet följde lehm-bau regeln och möjliggjordes då kommunen godkände bärande ytterväggar av stampad lera (Fuger, Oppe, Santuario 2024).

4.1.1.1.2 Detmold open air museum

En annan byggnad som presenterades var Detmold open air museum vars fokus vid nybygget var hållbara material. Resultatet blev 60 cm tjocka och 8 m höga väggar och byggnationen följde lehmbauregeln. På grund av väggarnas tjocklek lämpade det sig att använda en padda för att kompaktera materialet. För att minska effekten av krympning kompakterades materialet i etapper så att det föregående lagret hunnit torka innan nästa lager kompakterades. Processen att torka materialet från 9 – 2 % fukthalt tog ca 6 månader. Man använde sig också av prefabricerade element som monterades på plats. Skarvarna mellan dem blev relativt sömlösa och med denna metod blev arbetet mer effektivt (Waigand 2024).



Figur 16. Översiktskarta Detmold open museum. (Bildkälla: Waigand 2024)



Figur 17. Entrén till Detmold open air museum (Bildkälla: Waigand 2024)

En ytterligare anledning till att man valde obränd lera som material var på grund av dess brandresistens eftersom jord inte brinner utan blir varmt. Innan uppförandet testades två stampade väggar för att mäta brandmotstånd och värmeledning. En 22 cm tjock vägg och en 60 cm tjock vägg testades genom att utsättas för 700 °C på ena sidan. Resultatet visade att den 60 cm tjocka väggen deformerades mindre och överförde inte mer värme än att man kunde hålla en hand på andra sidan. Väggen klassades som REI90. Den 22 cm tjocka väggen fick mer sprickor och med dem överfördes mer värme så att det på den icke brandbelastade sidan var 30 °C (Waigand 2024).



Figur 18. 100 minuters brandtest för 22 cm vägg. (Bildkälla: Waigand 2024)

Kostnaden för hela bygget var budgeterat till 40 miljoner euro men slutade på 58 miljoner euro. Att kostnaden ökade så drastiskt beskrevs som en kombination av långdragen byggprocess, brandtester och att de behövde transportera lera från en annan plats då den som var på platsen inte var lämplig för byggnation (Waigand 2024).

4.1.1.1.3 Anseende och logistik

Martin Rauch har arbetat med obränd lera som byggnadsmaterial under en lång tid och har hunnit testa flera olika metoder. Under sin föreläsning beskrev han olika byggmetodiker med stampad lera med allt från handstampat till avancerade maskiner, från ute i fält till prefabricering där alla egentligen fungerade bra.

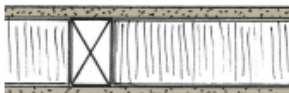
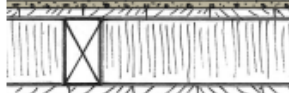
Under hans presentation belyste han även att materialets anseende måste ändras. Lera anses generellt vara ett billigt material som i stor utsträckning används i länder som inte har lika utvecklade byggmetoder. Om man kan få en positivare bild och större acceptans av materialet kan det slå stort även i länder med utvecklade moderna byggmetoder.

Den största utmaningen med materialet är logistiken kring det. Materialet måste formas, ofta med hjälp av vibrationer, vilket kan vara en arbetsmiljöutmaning. Det måste också torka och finnas lämpliga utrymme och tid för det där det inte utsätts för väder och vind. (Rauch 2024).

4.1.1.2 Ny forskning

4.1.1.2.1 Brandresistens

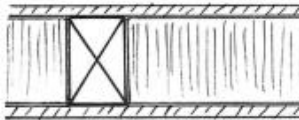
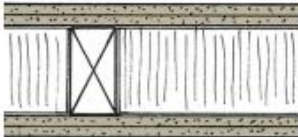
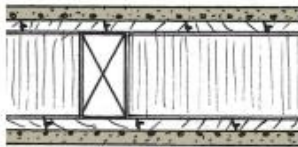
Studier på hur lera kan skydda trä från brand hade gjorts där obrända lerskivor har jämförts med gipsskivor som är ett vanligt material idag. Resultatet visade att leran hade relativt lika brandskyddande egenskaper jämfört gipset och väggens totala tjocklek blev därför inte särskilt mycket större. De nämnde också att det är viktigt att anslutningarna mellan materialen är utformade så att värme inte leds på ett okontrollerat sätt genom värmibryggor och luftspalter (Liblik, Baumberger, Löffler, Just 2024). I Figur 19 och 20 visas olika väggkonstruktioner med både gips- och lerskivor, där de 3 väggarna i varje figur har samma brandlass.

Design option*	A) Conventional (gypsum plasterboard**)		B) Clay material as fire protection		C) Combination of materials as fire protection system	
Wall layup						
						
Layers in assembly						
1	Gypsum plasterboard Type F	10 mm	Clay board	18 mm	Clay plaster system	10 mm
2	Mineral wool/Timber	120 mm	Mineral wool/Timber	120 mm	Plywood	15 mm
3	Gypsum plasterboard Type F	10 mm	Clay board	18 mm	Mineral wool/Timber	120 mm
4					Plywood	15 mm
5					Clay plaster system	10 mm
Option for WF cavity insulation material	WF cavity insulation 120 mm (only EI criteria)		WF cavity insulation 120 mm (only EI criteria)		WF cavity insulation 120 mm (only EI criteria)	

* Calculations and detailing according to FprEN1995-1-2:2024; layer thicknesses indicate the minimum required thickness of material to fulfil the requirements.

** According to LIGNUM 4.1 (442-3): Applied load 20 kN/m; max wall height 3 m; stud distance ≤ 700 mm; timber C24, size 40 mm × 120 mm; mineral wool ≥ 26 kg/m³.

Figur 19. Olika väggkonstruktioner med brandglass REI30. (Bildkälla: Liblik, Baumbeger, Löffler, Just 2024)

Design option*	A) Conventional (gypsum plasterboard**)		B) Clay material as fire protection		C) Combination of materials as fire protection system		
Wall layup							
Layers in assembly							
1	Gypsum plasterboard Type F	15 mm		Clay board	35 mm	Clay plaster system	22 mm
2	Mineral wool/Timber	140 mm		Mineral wool/Timber	140 mm	Plywood	18 mm
3	Gypsum plasterboard Type F	15 mm		Clay board	35 mm	Mineral wool/Timber	140 mm
4						Plywood	18 mm
5						Clay plaster system	22 mm
Option for WF cavity insulation material	WF cavity insulation	140 mm (only EI criteria)		WF cavity insulation	140 mm (only EI criteria)	WF cavity insulation	140 mm (only EI criteria)

* Calculations and detailing according to FprEN1995-1-2:2024; layer thicknesses indicate the minimum required thickness of material to fulfil the requirements.

** According to LIGNUM 4.1 (442-4): Applied load 50 kN/m; max wall height 3 m; stud distance ≤ 700 mm; timber C24, size 80 mm × 140 mm; mineral wool ≥ 26 kg/m³.

Figur 20. Olika väggkonstruktioner med brandglass REI60. (Bildkälla: Liblik, Baumbeger, Löffler, Just 2024)

Det nämndes också att Eurokoden för brandskydd kommer att bli mer tillåtande vad gäller materialval och där ges möjlighet att använda lerbaserade material som brandskydd (Liblik, Baumberger, Löffler, Just 2024).

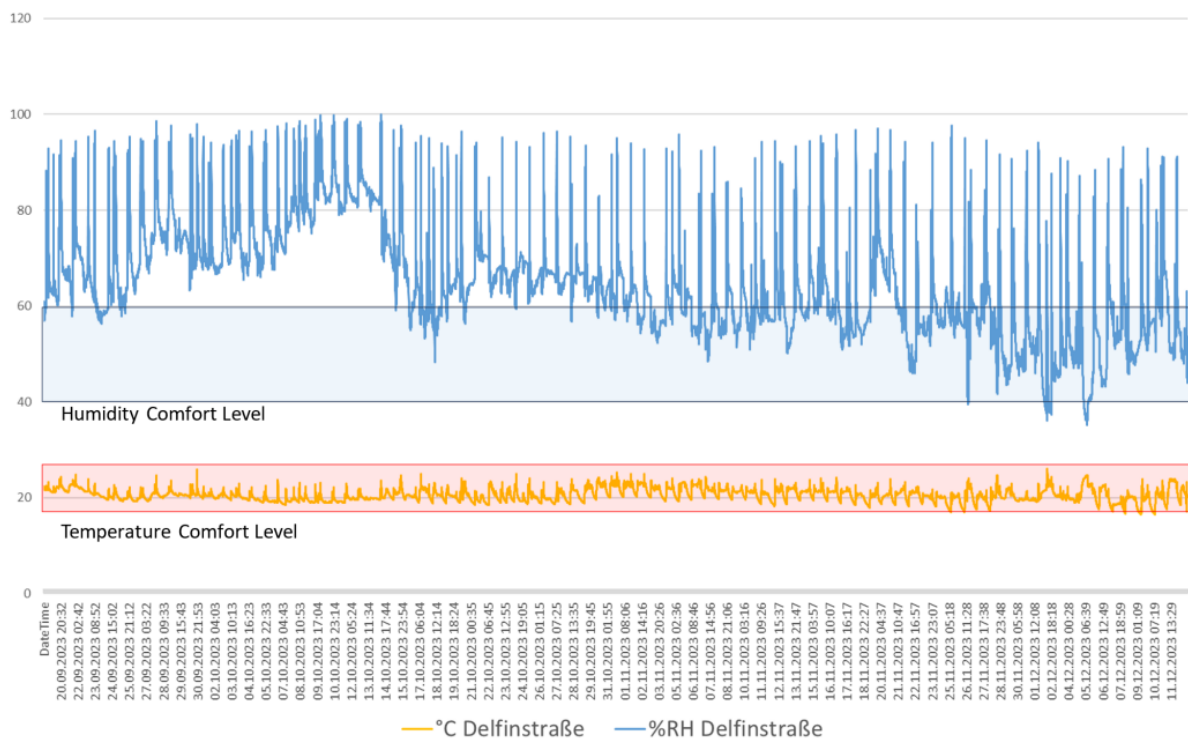
En skillnad mot gips är att leran inte pulveriseras när fukten lämnat materialet vid en brand, utan tvärt om blir hårdare. Därför kan lera vara att föredra vid längre brandförlopp där man istället får en kaklad vägg underförutsättningen att infästningen håller (Jönsson 2025).

4.1.1.2.2 Inomhusklimat

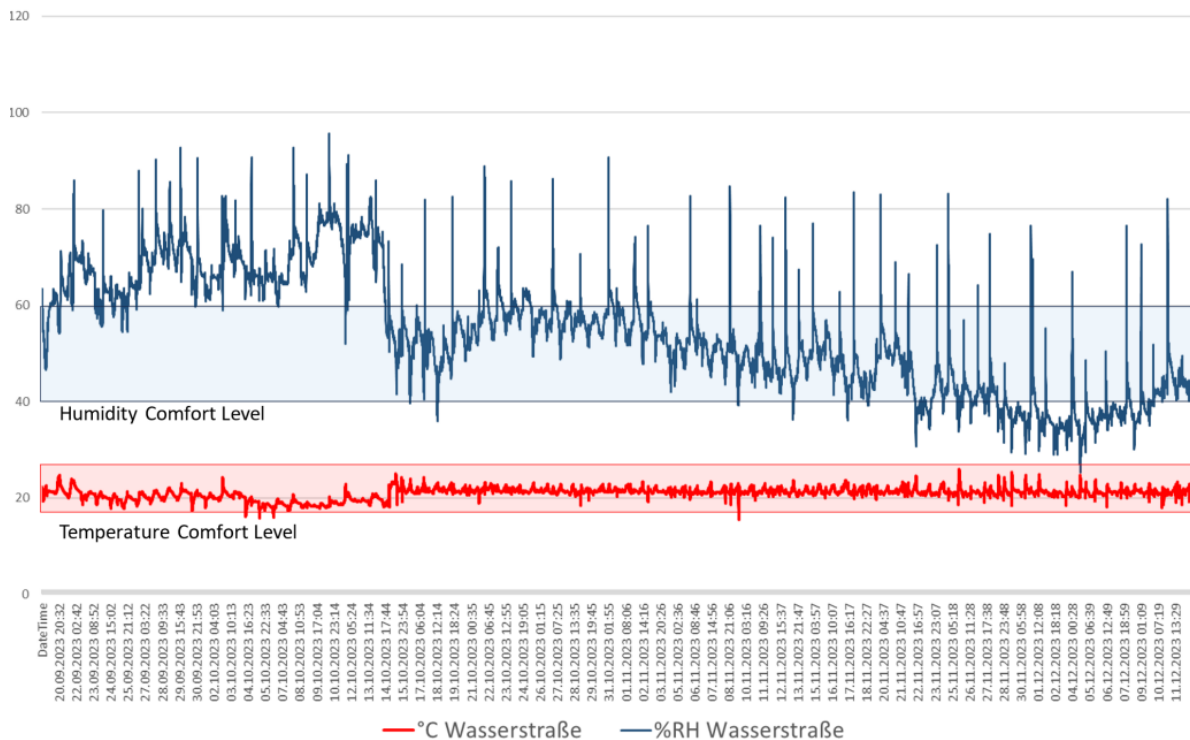
En studie som presenterades hade undersökt inomhusklimatet i 23 olika objekt med varierande material. Mätvärdena var relativ fuktighet och de boendes upplevelser av inomhusklimatet. En ideal relativ fuktighet för människor är mellan 40–60%. Bland studiens objekt fanns badrum med olika ytskikt. En del av badrummen var helkaklade medan andra var delvis lerputsade på väggarna.

I Figur 21 visas mätvärden för den relativa fuktigheten vid normalt användande av ett helkaklat badrum. I Figur 22 visas en liknande graf men i stället i ett badrum med delvis lerputs. Resultatet visar att badrummet som hade lerputs på väggarna höll sig bättre inom de ideala värdena för relativ fuktighet jämfört med det helkaklade badrummet. Det visar också att förhöjda RF-värden återhämtar sig snabbare om det finns lerputs än om det inte finns. Under studien hade inget av de två badrummen som visas i graferna någon ventilation. Däremot nämnde dem att i de fall ventilationen i ett lerputsat badrum

var satt på längsta effekt höll sig den relativa fuktigheten inom de ideala värdena under hela testet (Steinbach, Jörchel 2024).



Figur 21. Inomhusklimat i ett helkaklat badrum från september till december 2023. (Bildkälla: Steinbach, Jörchel 2024)



Figur 22. Inomhusklimat i ett badrum som delvis är lerputsat från september till december 2023. (Bildkälla: Steinbach, Jörchel 2024)

4.1.1.2.3 Fukthalt och hållfasthet

Flera studier har gjorts kring hållfasthet och hur fukten påverkar hållfastheten. En studie undersökte hur fukthalten transporteras i lermaterial vid normala inomhusklimat och hur det påverkar tryckhållfastheten. Resultatet visade att man ofta underskattar fukthalten och därmed överskattar tryckhållfastheten. Kort sammanfattat sjunker tryckhållfastheten 1% då fukthalten ökar 1%. På grund av variationen i fukthalt innebär det att finns en risk att överskatta tryckhållfastheten med 10% (Wiehle, Härder, Strangfeld 2024)

4.1.1.2.4 Industriella produktionsmetoder

Under konferensen visades hur flera olika aktörer formar leran till lämpliga element på en industriell nivå effektivt utan större problem. Det som däremot är antingen tids- eller energikrävande och därmed kan ge upphov till en stor del av materialets klimatpåverkan är torkmetoden. Traditionellt har man låtit leran självtorka med hjälp av solen. Det är då en process som tar ungefär en månad. Denna metod inte är särskilt lämplig i mindre soliga länder eller om tiden är begränsad. Av den anledningen är det av stort intresse att hitta torkmetoder som är både effektiva och pålitliga så att materialet inte får en lägre kvalitet.

En vanlig torkmetod idag är genom konvektion i "torkrum". Luften i rummen värms upp och cirkulerar och torkar lerelementen. Metoden fungerar, men är energikrävande.

En studie har undersökt hur mikrovågsugnar torkar lera. Studien nämner att det är mer energieffektivt att torka materialet med mikrovågor då energin används direkt till att

torka materialet och inte luften runt omkring materialet. Leran torkar även mer jämnt på en kortare tid.

Testet genomfördes genom att utsätta lerstenarna för strålning i 10 sekunder följt av 85 sekunders paus som sedan repeterades tills stenarna ansågs torra vilket i studien var cirka 10 timmar. Jämförs torktiden med konventionsmetoden som tog 72 h är det en markant tidsbesparing. Energiåtgången för torkning med mikrovågsugn var 90% lägre jämfört med konvektionsmetoden (Zauke, Tretau 2024).

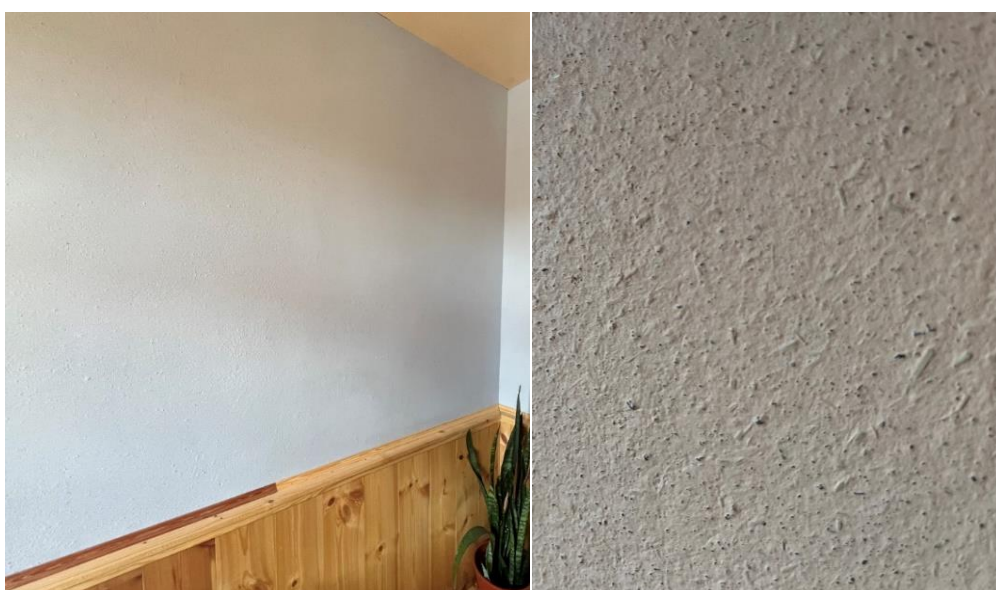
På grund av de positiva resultaten nämner studien att torkning med hjälp av en industriell och storskalig mikrovågsugn kan bli en konkurrenskraftig torkmetod. Det är också en metod som är helt elektrisk, vilket innebär att energikällorna har förutsättningar av att vara gröna.

Trots att det inte undersöktes i studien, nämns det dock att det bör utredas hur den snabba torkningen påverkar uppkomsten av deformationer och sprickor i materialet (Zauke, Tretau 2024).

4.1.2 Studiebesök

4.1.2.1 Skolbyggnad- "Freie Talschule Tonndorf"

Skola restaurerad med miljövänliga material, där lera var en central del i den tidigare konstruktionen. Då hade man använt det i väggarna i form av "Wattle and daub" samt putsat väggarna i det. Det miljövänliga tänket ville man bevara och därför använde man sig av bland annat obränd lera. Innerväggarna var helt putsade i lerputs. Då lerputs är sprödare än cementbaserad puts är det lite mer känsligt. För att skydda de mest utsatta ytorna har man i den här skolan använt sig av trä där barnen hänger sina jackor och en lägre bröstning i trä som var genomgående i hela byggnaden, se Figur 23 och 24. Värt att nämna är att lerputsen fortfarande är ett relativt hårt material men som mot nötning är något mer känslig.



Figur 23. Till höger: Bröstning i trä för att skydda lerputsen. Till höger: Lerputsen i närbild.



Figur 24. Träpanel vid krokarna för att skydda lerputsen.

4.1.2.2 Villa i Barchfeld

I Barchfeld besöktes en villa gjord i mestadels trä, halm och obränd lera. Husets bars av en trästomme och isolerades med halm. På utsidan hade man valt en cementbaserad puts för att kunna motstå väder. I figur x visas väggens uppbyggnad. Väggarna är ca 30 cm tjocka och har ett U-värde på 0,17 W/m²K. Väggmodulerna prefabricerades i fabrik och putsas in- och utvändigt mer ler- eller kalkputs. Väggens uppbyggnad i schematiskt form och den färdiga väggen visas i Figur 25.



Figur 25. Till vänster: Väggmodulens uppbyggnad. (Bildkälla: Stroh-lehm-haus 2024) Till höger: Färdig yttervägg.

Lerans användes som ytmaterial inomhus och fyllde flera funktioner. Bland annat gick husets värme i väggarna och kunde tack vare lerans värmebevarande och värmeledande egenskaper förse huset med en energieffektiv uppvärmning. Den obrända leran bidrar även till ett gott inomhusklimat tack vare sina fuktbuffrande egenskaper. I huset fanns både omålade lerväggar och väggar målade mer lerputs som visas i Figur 26.



Figur 26. Omålade och målade innerväggar.

I badrummet har man använt kakel och klinker på de ytor som utsätts för slitage eller väta och lerputs när det inte är lika känsligt för att ta skapa ett bättre inomhusklimat vilket visas i Figur 27.

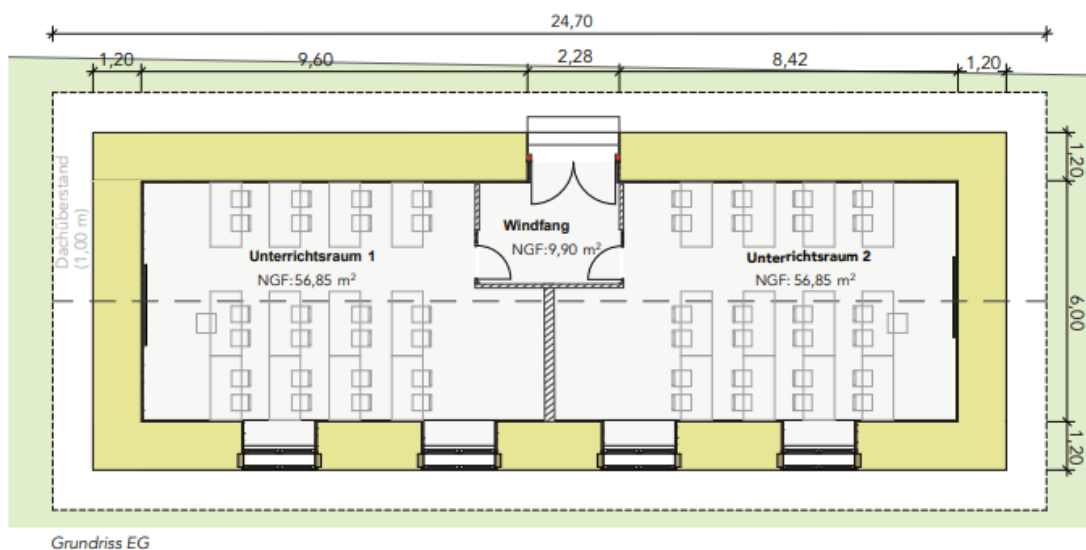


Figur 27. Badrummens design för funktionell en utformning.

4.1.2.3 Temporär skolbyggnad i Holzdorf

Huset var en temporär skolbyggnad med två klassrum under tiden de ordinarie skollokaler renoverades. Materialen består av återbrukade material från närområdet/skolan som fönster och lastpallar, halm, lera och stålvaror. Tanken med huset är att det ska ha haft minimal klimatpåverkan och att platsen ska kunna återställas som den var innan huset var där.

Husets grundläggning består av lastpallar för att det ska vara enkelt att demontera. Väggarna är pressade halmbalar som hålls ihop med stålvaror. Stålvarorna ansluter också golvet till taket så att det ska hållas på plats. Väggarnas tjocklek bestämdes av halmbalarnas geometri. Man valde att inte förändra dess geometri, mer än att komprimera dem för stabilitet, utan tog det som fanns och använde det. I Figur 28 visas en principskiss över byggnaden.



Figur 28. Principskiss över den temporära skolbyggnadens uppbyggnad. (Bildkälla: MFPA 2024)

Byggnaden har putsats med lerputs både på in- och utsidan, där utsidan har en något grövre puts för att kunna motstå väder och vind bättre. De olika putsen visas i Figur 29. Figur 30 visar den mest väder utsatta sidan där man har skyddat fasaden med en träpanel. En intressant bieffekt av att använda halmbalar är att huset fick mjuka och organiska former som visas i Figur 31, vilket bidrog till att ljudnivån hålls på en behaglig nivå utan några ytterligare åtgärder.



Figur 29. Till vänster: Invändig lerputs. Till höger: Utvändig lerputs



Figur 30. Värderutsatt sida skyddas med träpanel.



Figur 31. Organiska former efter halmbalar.

4.1.2.4 Laboratorium

Under studiebesöket i laboratoriet visades olika lerstenar med olika tillverkningsmetoder och former. I Figur 32 visas komprimerade lerstenar, som går under namnet CEB (compressed earth blocks). I Figur 33 visas ett exempel på en lämplig kornfördelning för en lersten.



Figur 32. Lersten, "CEB" (Compressed earth block)



Figur 33. Exempel på kornfördelning till en lersten (CEB).

Under laboratoriebesöket visades också hur tester enligt DIN-standarder kan utföras. För att kontrollera hur motståndskraftig en lersten är mot och fukt och därmed sin förmåga att motstå erosion sänks den ner i vatten, se Figur 34 och 35. För att kontrollera absorptionsförmåga läggs stenen i ett vattenbad och vägs före och efter, se Figur 36.



Figur 34. Erosionstest enligt DIN-standard.



Figur 35. Erosionstest enligt DIN-standard.



Figur 36. Test av fuktabsorption enligt DIN-standard.

4.2 Studiebesök kontorshus Göteborg

I Göteborg har Brukspecialisten byggt ett kontorshus med fokus på cirkuläret där obränd lerputs använts invändig.

Ett putssystem består av en grövre grundputs och en finare ytputs, där det i ytputsen finns möjlighet för olika färgval. För bättre vidhäftning är det vanligt att man använder sig av ett nät som fästes på bakomliggande vägg. Se Figur 37 för exempel på ett putssystem.



Figur 37. Putssystem för innerväggar. Grundputs till vänster, ytputs till höger.

I kontorshuset fanns två olika väggtyper med olika stommar. En stomme med bakomliggande betong och en med tegel. Den bakomliggande väggen påverkar putssystemet då ytorna behöver förberedas olika för att skapa en jämn yta att lägga ytputsen på.

Putssystemen skilde sig enligt nedan.

- **Tegelstomme:** Systemtjocklek ca. 10 mm.
 - 6 mm (fraktion 0-2 mm) grundputs
 - 2 mm (fraktion 0-1 mm) avjämningsputs
 - 2 mm (fraktion 0-1 mm) finputs
- **Betongstomme:** Systemtjocklek ca. 4 mm
 - 2 mm (fraktion 0-1 mm) avjämningsputs
 - 2 mm (fraktion 0-1 mm) finputs

Tidsmässigt tog putsningen ca 1 månad från start till slut för samtliga väggar i kontorshuset. Priset per kvadratmeter utslaget på alla väggar uppskattades till ca 1600 kr/m² (Åberg 2025b). I Figur 38–41 visas resultatet av de putsade väggarna i kontorsbyggnaden. Känslan när man kom in i rummen var väldigt behaglig. Det kan delvis bero på materialvalet och att man valt att borsta ytan för att få mer liv och samtidigt bidrar till en god akustik.

En intressant kuriositet var att området som visas i Figur 40 dagen innan hade lagats då det skadats på grund av en påkörning av vagn. Detta var inget som syntes utan bilden

togs endast i syfte att fånga detalj på anslutningen mot golvet. Detta visar på att skador i lera snabbt och enkelt kan lagas på ett fint sätt som inte syns.



Figur 38. Brukspecialistens kontorslokal putsad med lera.



Figur 39. Brukspecialistens kontorslokal putsad med lera.



Figur 40. Detalj vägg mot golv. Lagad skada precis ovanför golvlister.



Figur 41. Närbild putsad vägg.

5 Workshop

Projektets workshop ägde rum 12 mars 2025 och innehöll presentation av vad projektet kommit fram till hittills, ett pass av geologen Emma Rehnström (Skanska) som berättade vad lera är, Angelica Ekberg (Göteborgs Stad lokalförvaltningen) och Mikael Åberg (Step1) berättade om initiativet "Hoppet", Johan Jönsson (Brukspecialisten) berättade om Sveriges plan för standarder och möjligheter med obränd lera som byggnadsmaterial. Innehållet i Emmas presentation har beskrivits i avsnitt 2.1 medan resterande pass sammanfattas nedan. Utöver det hölls en diskussion med workshopdeltagarna om obränd leras framtidsutsikter.

Workshop-program presenteras i sin helhet följt av PowerPoint-presentationer i bilagor 1–5.

5.1 Hoppets förskola

Angelica Ekberg arbetar som strategiansvarig för cirkulär byggnation på Göteborgs Stad stadsfastighetsförvaltning. 2017 fick dåvarande lokalförvaltningen, Göteborgs stad ett politiskt uppdrag att bygga en fossilfri och klimatneutral förskola. 2021 stod förskolan klar och samma år antog Göteborgs Stad ett miljö- och klimatprogram med ett mål om en 90% reduktion av klimatavtrycket till 2030. I enlighet med miljö- och klimatprogrammet har stadsfastighetsförvaltningen (tidigare lokalförvaltningen) infört en klimatbudget i alla nybyggnationsprojekt från 2025 som motsvarar en halvering av klimatpåverkan jämfört med 2020 och klimatbudgeten kommer successivt skärpas fram till 2030 (Ekberg 2025).

Hoppet är ett projekt och initiativ som ska främja innovation i byggbranschen samtidigt som kunskapen för ett klimatneutralt byggande ska öka. Vid uppförande av första Hoppet-förskolan var målet att använda så fossilfria material så långt det var möjligt. För att lyckas med det har de undersökt flera material och olika tekniker, däribland hur man kan bygga med lera (Ekberg 2025).

Initialt var projektet intresserat av att ha lerskivor på förskolans innerväggar. Problemet som uppstod då var att det inte fanns brandstudier på materialet. För att lösa det problemet lät de göra brandtester. Målet i projektet var en vägg som klarade REI60, men det visade sig att väggen klarade REI90. De kontrollerade även lerans salthalter och miljögifter i olika lokala leror. Den lera som användes för den stampade jordväggen kom från restmassor i Alingsås och är kompletterad med lera ifrån ett projekt i Göteborg (Ekberg 2025). I Figur 42 visas den färdiga väggen.



Figur 42. Stampad jordvägg i sidobyggnad i sidobyggnad till Hoppets Förskola. (Bildkälla: Step 1 2023)

Göteborg stad har även ett eget projekt "ReCirculate" där de testat att göra CEB av västlänkslera (Energimyndigheten 2023).

De ser att praktiska applikationer och säkra kort är nyckeln. Exempelvis har de nu förutom hoppets förskola börjat med innerväggar i sitt eget kontorshus där de har lerskivor och lerputs. De har valt att sätta detta i miljöer där många vistas för att skapa bekantskap och acceptans för materialet.

Angelica bedömer att mognadsgraden för materialet idag är att börja med befintliga produkter, innan man börjar arbeta med lokala leror.

På Projekt Hoppets hemsida finns mycket information.

Step1, EkoUlf och EarthLab var med och byggde den stampade jordväggen på *Hoppets* förskola. Mikael Åberg, Step1 presenterade sina lärdomar och gav tips till framtida projekt. Han nämnde att en bra sammansättning på jorden som ska användas till en stampad jordvägg är ca 1:5 lerpulver och 4:5 ballast av olika storlek. En lärdom som är bra att ha med sig är att trycket i formarna blir betydligt högre för stampade jordväggar än formar som används för att gjuta betongväggar. Man kan då behöva anpassa eller förstärka formen då den ska användas till en stampad lervägg.

Väggen tillverkades på plats och var 9,5 m² stor, hade en tryckhållfasthet på 2,3 MPa, en tillverkningstid på 4 veckor och väggens kostnad blev 15 000 kr/m² (Åberg 2023). Projektet medförde insikter om hur metoden skulle kunna effektiviseras genom prefabricering och användande av maskiner, vilket gör att priset kan sänkas.

Efter att ha reflekterat över projektet tror Mikael att det enklaste sättet att bygga stampade jordväggar i framtiden är att ha ett tält i närheten till där man bygger (gärna på plats) där man prefabricerar väggar i lagom stora bitar och sedan monterar dem. Anledningen till det är osäkra väderförhållanden vilket medför att formning och torktiden kan bli svår att planera. Prefabriceras bitar väderskyddet och tillåts torka i en någorlunda kontinuerlig miljö blir byggets planering enklare. Däremot tillkommer ett moment att foga ihop bitarna, och rent utförandemässigt är det svårare att foga vertikalt än horisontellt. Den horisontella fogen kan man få se ut som ett stampat lager och det smälter således in snyggt i väggen, medan de vertikala fogarna är svårare att smälta in (Åberg 2025a).

5.2 Sveriges plan för standarder

Johan Jönsson arbetar som utvecklingschef på Brukspecialisten och har länge arbetat med obränd lera. Johan är initiativtagare till arbetet med svenska standarder för obränd lera som byggnadsmaterial och är ordförande i TK-180. I Sverige arbetar den tekniska kommittén 180 Obränd lera, murverk, puts med att ta fram standarder. Meningarna delas kring huruvida standarder är rätt väg att gå eller inte. Vissa menar att det försvårar för privatpersoner att bygga sina hus, medan företagen ser det som förutsättning för att våga bygga med materialet. Johan trycker på att det är valfritt att hänvisa till en standard, och att det är avgörande att kunna ha ett förutsägbart material och att materialet är definierat för att kunna föra en dialog om bland annat garantier och försäkringar.

De svenska standarderna har sin grund i de tyska DIN-standarderna och reglerna. Standarder kan inte bara översättas, utan behöver ändras och anpassas för att passa Sverige. Eftersom jordmaterial varierar från fall till fall innehåller flera standarder funktionskrav i stället för exakt innehåll hos materialet. Sveriges har en utarbetat plan för standardiseringsarbetet enligt listan nedan.

Sveriges plan för standarder:

1. Standard för lerputs
Standarden blev klar 2024 och finns tillgänglig.
2. Standard för lermurbruk.
Standarden är översatt och klar och remissrundan är avslutad. Nu pågår arbete med att hantera kommentarerna så standarden kan publiceras under hösten 2025. Anledningen till att standarden prioriteras är för att lermurbruk ska kunna användas tillsammans med återbrukat tegel.
3. Standard för lersten
4. Nordisk standard
Eftersom standard på EU-nivå är dyrt och krävs det att minst 5 länder är med och tar fram den. Med en nordisk standard är det 6 länder som är med, vilket leder till att en EU-standard därefter kan tas fram.
5. Svensk version av Lehmbau Regeln
Den tyska Lehmbau Regeln ska först uppdateras och sedan kunna översättas och anpassas.

5.3 Reflektioner under workshop

Både under och efter presentationerna pågick en entusiastisk diskussion, så pass att fikapauserna fick prioriteras bort och workshopen gick över tiden. Det ser projektet bara som ett positivt tecken att det finns ett stort intresse och engagemang. Innehållet i diskussionerna varierade mellan materialets potential, exempel på projekt där leran redan integrerats och vad som behöver utvecklas för att leran ska kunna ta större plats som byggnadsmaterial.

Kort sammanfattat ansåg gruppen att den enklaste implementeringen som kan göras redan idag är genom att putsa väggar med lerputs. Anledningen till det är för att det numera redan finns en standard och att det finns produkter att tillgå på marknaden. Det bidrar även till minskat ventilationsbehov och har ett ökat brandmotstånd. Lerskivor ansågs också vara en bra produkt att börja med då den i princip kan hanteras på samma sätt som dagens gipsskivor samt att det finns produkter att tillgå och utförda brandtester. Det talades även om att obränd lera har potential som avjämningsyta i bjälklag i trähus där leran bland annat tillför tyngd och en bra yta.

I en horisont på 10 år såg man en bredare användning och framför allt ökade volymer eftersom det finns erfarenhet och exempelprojekt att luta sig mot. Användningsområdena såg man hade kunnat öka till innerväggar både bärande och icke bärande. Sannolikt är stor del av produkterna prefabriceras på ett eller annat sätt för att skapa förutsägbarhet kring tidsåtgång och kostnad.

Förutsättningen för utvecklingen är standardisering och certifikat om exempelvis brand och miljöpåverkan samt data på materialegenskaper som leder till ökad kunskap och attraktion av materialet.

Det trycktes också på vikten av att våga testa materialet. Inte nog med att alla fördelar som lyfts fram i rapporten så leder det till en god spiral för skapandet av referensprojekt som i sin tur medför kunskap. Det leder även till en bekantskap och acceptans av materialet. Om ingen vågar ta första steget fördröjs användandet och chansen att låta leran ta plats som byggmaterial.

Materialets status behöver höjas och få bort stämpeln av att vara ett "billigt" material som först väljs då ekonomin inte räcker till annat. Fokus bör snarare riktas till att det är ett miljö- och hälsovänligt, energismart och cirkulärt material som ligger i tiden och är modernt. Lösningen på detta är att integrera materialet på platser där den stora massan kan ta del av och uppleva det för att få bort fördomar om obränd lera som byggmaterial. Förslag på exempel är putsade väggar och "statement pieces" som stampade väggar eller en konstinstallation i stampad lera i receptioner och mötesrum.

En idé om att skapa en gemensam branschorganisation för att samla materialets information och kunskap har diskuterats under projektet. En start på detta är via en gemensam SharePoint-sida som nås genom länken nedan. Syftet med denna SharePoint är att samla information på ett lättillgängligt sätt där flera aktörer kan ta del av och dela med sig av kunskap. Sidan kommer till en början att förvaltas av projektledaren till detta SBUF-projekts och leva vidare i fler projekt relaterade till obränd lera som byggnadsmaterial.

[General | SBUF - Nygammal byggteknik för att minska CO2-avtrycket | Microsoft Teams](#)

6 Diskussion

I följande avsnitt diskuteras materialets utmaningar och tar upp de områden som kan behöva lyftas eller arbetas med. Dels för kännedom dels för att kunna integrera.

Följande områden lyfts

- Kunskap
- Acceptans
- Regleringar
- Arbetsmiljö
- Hållfasthet
- Väderbeständighet
- Hantering och lagring

6.1 Kunskap

Idag är den en relativt liten grupp som arbetar med lerbyggnation och bristande kunskap om materialet är ett av de större hindren då det påverkar flera aspekter av materialets användning. Med ökad kunskap kan fler aktörer utveckla och sprida denna kunskap. Det möjliggör i sin tur att standarder och regleringar kan anpassa sig och utvecklas för att materialet ska kunna hanteras på bästa sätt. Det kan i sin tur även leda till att priset för materialet blir lägre och mer konkurrenskraftigt.

Kunskapsluckan bidrar även till att byggandet med lera ute i projekten är en något okänd vetenskap som gör att produktionen tar längre tid.

HSB Living lab har tillsammans med Peab genomfört projektet "Lera som byggnadsmaterial" där de lät uppföra två väggar av obränd lera med olika tekniker. Den ena var gjord med adobe-teknikern, det vill säga lerblick som murades till en vägg. Den andra väggen var gjord med stamp teknik. Syftet med projektet var att visa potentialen av teknikerna och skapa ett lärorikt tillfälle att arbeta med materialet för att bygga kunskap och modernisera användandet av materialet (HSB Living Lab 2023).

Det visade sig att inlärningskurvan för testarbetarna i HSB:s och Peabs studie var relativt snabb och en introduktion på 5 dagar gjorde att de kunde bedöma om de olika jordmixarna gick att bygga med. Det berodde delvis på att arbetarna hade tidigare erfarenhet som bidrog till att studien blev lyckad (HSB Living Lab 2023). Det pågår även ett projekt där PEAB tillsammans med HSB Living lab har putsat lägenheter med lera (SBUF 2025).

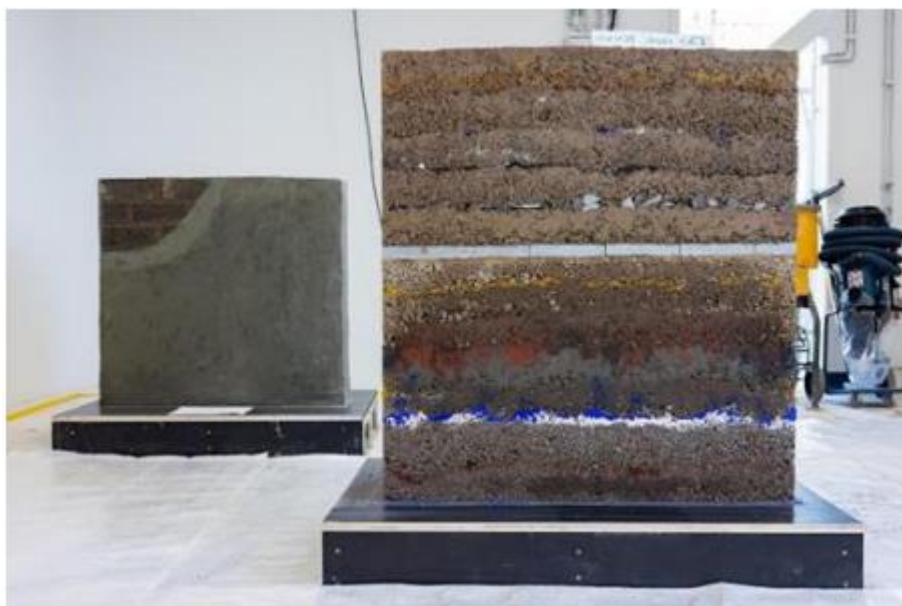
Pågående projekt där PEAB även har putsat lägenheter i HSB Living Lab

Med större kunskap om hur materialet beter sig och hur man arbetar med det skapas förståelse och arbetssätt som främjar ett ökat användande för obränd lera som byggmaterial. Kunskapen erhålls genom användande och därför är det viktigt att inspireras av tidigare projekt, dra lärdom från dem och agera efter resultaten.

6.2 Acceptans

Som tidigare nämnt har materialet de senaste 100 åren haft en stämpel att det är ett billigt och omodernt material. Om fokus i stället hade riktats på de klimatmässiga, byggtekniska och hälsosamma fördelarna med materialet kommer den obrända lera få en högre status. Faktum är att lerans status redan är på väg upp och nästa utmaning är att låta fler bekanta sig med materialet. Detta kan göras genom att dels integrera lera där den gör både nytta och syns utåt, dels genom att göra rent estetiska installationer. När det görs är det även viktigt att på något vis berätta om det för att fler ska lära känna materialet. Kommunikationen kan exempelvis ske med hjälp av en informativ skylt, genomskärning av vägg, föreläsning eller artikel. På så vis blir materialet lika självklart val som dagens gipsskivor eller tegelsten

Studien från HSB Living Lab nämner även att utseende kan vara en avgörande aspekt vid val av material och att det därför är en viktig del att ha med sig. Visuellt sätt blev den stampade jordväggen mest tilltalande då bruket mellan brickorna i den murade väggen inte blev perfekt (HSB Living Lab 2023), se Figur 43.



Figur 43. Till vänster i bild: Murad vägg med lersten. Till höger i bild: Stampad jordvägg. (Bildkälla: HSB Living Lab 2023)

6.3 Regleringar, certifikat och påvisad kvalitet

Som nämnt i avsnitt 3.4 ställer boverket funktionsbaserade krav och att lösningar vad gäller material och utförande måste verifieras som säkra innan byggnaden kan tas i bruk. För att, till en rimlig kostnad och tidsram, kunna lita på att ett material uppfyller de krav som ställs i projekt är det en fördel att det finns standarder och produktcertifikat att lita sig mot. Det gör det också enklare att försäkringsbolag att acceptera materialet och försäkra byggnaden.

Här har branschen och branschorganisationer en viktig roll att påverka och arbeta tillsammans för att ta kunskapen och användandet av obränd lera framåt. Att visa hur materialet använts och hur det beter sig efter tid kan vara till stor hjälp för nästa projekt, då det finns ett referensprojekt att lita sig mot.

6.4 Arbetsmiljö

Vissa lerbyggnadstekniker, exempelvis stampad lera, kräver vibrerande verktyg av något slag. I studien av HSB Living Lab beskrevs att arbetet är fysiskt tungt vid stampning av jord när de använde sig av en hydraulisk hammare. På grund av arbetsmiljön, särskilt vad gäller vibrationer, tror de att det inte kommer vara möjligt att bygga storskaligt med det verktyget (HSB Living Lab 2023).

Arbetsmiljöverket har satt gränsvärden för vibrationer där arbetsgivaren är skyldig att se till att exponeringen är under de satta gränsvärdena. Det finns både gränsvärden för helkropps- eller hand/armvibrationer och är till för att skydda mot skador och bestående men (Arbetsmiljöverket 2025). Av den anledning behöver man beakta exponeringen för vibrationer vid val av arbetssätt med lera.

6.5 Hållfasthet

En anledning till att lera har blivit ett alltmer sällsynt byggnadsmaterial beror delvis på att kraven för hållfasthet har blivit högre. Utvecklingen i världen innebär även att fler människor behöver få plats på samma yta och därför byggs det ofta uppåt.

Tryckhållfastheten hos byggnadsmaterial av obränd lera beskrivs enligt standarder idag kunna nå tryckhållfasthetsvärden upp till 7,5 MPa. Det finns förhoppning att utveckling leder till att obränd lera ska kunna anta värden upp till 20 MPa. Däremot går det inte att förneka att betong har en högre hållfasthet, upp till 130 MPa, och rent praktiskt inte helt kan ersättas av det obrända lera. I stället är det viktigt att identifiera och fokusera på användningsområden som inte har för höga hållfasthetskrav och här byta ut dessa mot mer klimatsmarta alternativ.

6.6 Väderbeständighet

En egenskap som kan ses som ett hinder är beständigheten mot väder och vind. Men används materialet på ett lämpligt vis och beaktar detta behöver det inte vara ett hinder.

Obränd lera utan stabiliseringsmedel hålls ihop med hjälp av jonbindingar. Bindningarna blir svagare ju mer vatten materialet innehåller. Då regn angriper en lervägg kommer jonbindningarna att lösas upp och material kan transporteras bort. Med tiden kommer en oskyddad lervägg således att erodera och förlora material. Därför är det viktigt att skydda den mot väder och vind. Det har genom tiderna gjorts genom att anpassa taket så att utkragningen tar bort det värsta av regnet och hindrar vatten från att rinna på väggen. En annan metod är att putsa lerväggen med ett tåligare ytmaterial eller att bränna det yttersta skiktet för att det ska öka sin motståndskraft.

På grund av att lera inte har samma motståndskraft mot väderförhållanden som numera konventionella material, är ett av de större problemen att lera inte uppfyller dagens beständighetskrav. På samma sätt som för hållfasthetskraven gäller det att använda obränd lera i lämpliga applikationer, exempelvis inomhus där materialet inte utsätts för väder och vind.

6.6.1 Erosion

En omfattande studie om erosion gjordes i franska alperna inte långt ifrån Grenoble. Testen gjordes på flera olika jordsammansättningar, däribland ostabiliserad stampad lera, som exponerades för väder och vind över en tidsperiod på 20 år. Resultatet för den

ostabiliserade lerväggen visade att väggen hade ett erosionsdjup på 6,4 mm efter testperioden (Olsson 2022 och Bui et al 2008).

Resultatet visade också att erosion först blir ett rent estetiskt problem innan det påverkar bärförmågan negativt. I studien nämns det att en stampad jordvägg med tjocklek 500 mm kan klara av ett erosionsdjup på 10% och fortfarande ha en säkerhetsfaktor för hållfasthet på 2,7. Däremot begränsar estetiken till ett acceptabelt erosionsdjup på maximalt 5% (Olsson 2022).

För att kunna dra slutsatser om hur erosionstudien kan appliceras på det svenska klimatet gjorde Matilda Olsson en studie mellan väderförhållandena i Göteborg och testsiten i franska Grenoble. Studien jämförde nederbörd, vindhastighet och temperatur. Resultatet visade att för testsiten i franska alperna var nederbörden kraftigare än i Göteborg men vinden och temperaturen likvärdig (Olsson 2022). Då Sverige har liknande väderförhållanden kan slutsatsen dras att en jordvägg i Sverige hade fått liknande resultat.

6.7 Hantering och lagring

För maximal nytta av energi och resurser gäller det att en jordmassa hanteras på ett effektivt sätt. Det mest effektiva ur transportsynpunkt hade varit att materialet transporteras så kort som möjligt och i bästa fall kan användas på samma plats den grävdes upp på.

Att ha en kortare transportsträcka minimerar inte bara utsläpp, utan gynnar även lermaterialets sammansättning. Vid långa transporter riskerar lera att torka och kan därför behöva mer vatten vid formgivning, vilket blir mindre effektivt ur energisynpunkt då materialet behöver ytterligare hantering. Då det kan vara en utmaning att bevara fuktigheten i lera över tid bör man förvara lera innan formgivning så att fukttransport hindras. Är den däremot redan formad är det i stället fördel att den torkar för att kunna användas som byggnadsmaterial.

Logistik kring materialet är en av de större utmaningarna då torktid och sammansättning av är två faktorer som idag kan vara svåra att styra. Torktiden är oförutsägbar och beroende av omgivande temperatur och luftfuktighet och kräver ett relativt varmt klimat. Om torktiden blir förutsägbar underlättar det planering och användande av materialet. Har materialet man gräver upp inte den önskade sammansättningen behöver man anpassa materialet till ändamålet alternativt hitta ett annat material från annan plats vilket kräver transport. För att nyttja materialet maximalt och minska transporterna är den ideala metodiken att anpassa byggnaden efter vad platsen har att ge.

7 Slutsats

Utifrån kartläggning av moderna lerbyggnadstekniker och diskussioner med svenska aktörer dras slutsatserna att lera är ett intressant byggmaterial med stora möjligheter för storskaligt byggande. På grund av att materialet blivit något bortglömt behöver kunskapen byggas upp på nytt och anpassas efter dagens sätt att bygga.

Då de svenska väderförhållanden inte är helt ideala är det lämpligt att till en början använda materialet för inomhusbruk. Det ger också en chans att öka bekantskapen med materialet som medför acceptans och kunskap. Användningsområdena som lämpar sig för svenska byggnader är lika de i övriga Europa.

Obränd lera bidrar med god förmåga att isolera mot ljud, värme och brand samtidigt som det har bra fuktbuffrande egenskaper. Studier visar att väggar med lersten har tillräcklig ljudisolerande förmåga för att vara lägenhetsavskiljande. Väggar med lerskivor uppnår värden för REI 90. I ett badrum med lerputs minskar ventilationsbehovet på grund av fukt vid daglig användning och luftfuktigheten håller sig även inom de gränser vi människor mår bra i. Det är dessutom ett tillgängligt material som finns i överskott. Förutom de tekniska fördelarna, bidrar användandet av obränd lera till ett cirkulärt byggande med lågt klimatavtryck.

En lämplig start är att börja med lätta applikationer där det finns produkter och standarder, exempel:

- Lerputs
- Lerskivor
- Estetiska konstruktioner

När marknaden är mogen och mer utveckling har skett vad gäller svensk standardisering är ytterligare lämpliga användningsområden, exempelvis:

- Icke bärande innerväggar
- Bärande innerväggar
- Del i bjälklag – Tillför tyngd och ljuddämpning

I projektet trycktes det även på vikten av att våga använda materialet för att starta en god spiral med referensprojekt som både påvisar att materialet är lämpligt och medför kunskap. I processen är det viktigt att nyttja materialet i säkra applikationer och gärna sådana som syns för att förutom kunskap, skapa tillit och bekantskap. Således kan en trend skapas för att göra materialet modernt på nytt.

Idag finns en standard i Sverige för lerputs och det pågår arbete med att ta fram fler svenska standarder, varav en standard för lermurbruk beräknas publiceras under 2025.

8 Vidare studier

I studien lyftes skillnaden i hur leror i kontinentala Europa och de svenska lerorna bildas. Det är inte klarlagt vilka eventuella skillnader detta medför för lera som byggnadsmaterial. Då mycket forskning har gjorts på de kontinentala lerorna och för att den ska kunna appliceras på våra svenska leror är det av intresse att undersöka de eventuella skillnaderna materialen har.

Då obränd lera härddas genom torkning är det även av intresse att studera effektiva torkmetoder anpassade för svenskt klimat.

Litteraturförteckning

Afnor National standards and national normative documents 2022. *XP P13-901 - Earth bricks and earth blocks for walls and partitions - Definitions - Specifications - Test methods - Delivery acceptance conditions*

Boverket 2011 *Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd*

Boverket. (2024a) Uppdrag att främja en cirkulär ekonomi i bygg- och fastighetssektorn (Boverkets rapport 2024:3). Karlskrona: Boverket. ISBN 978-91-7563-030-7. <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publikationer/2024/uppdrag-att-framja-en-cirkular-ekonomi-i-bygg--och-fastighetssektorn/>

Boverket (2024b) *Ljudisolering mellan utrymmen*. <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/bullerskydd/ljudisolering-mellan-utrymmen/> [Hämtat: 2025-06-30]

Bui Q.B, Morel J.C, Venkatarana Reddy B.V, Ghayad W. (2008) *Durability of rammed earth walls exposed for 20 years to natural weathering*. https://www.researchgate.net/publication/222057718_Durability_of_rammed_earth_walls_exposed_for_20_years_to_natural_weathering [Hämtat: 2025-05-08]

Burström P. G. (2021) *Byggnadsmaterial upplaga 4* Studentlitteratur

Coeckelberghs N. BC Materials (2024) Samtal 4 juli.

CRATerre (2020) *Traité de Construction en Terre*. Parenthèses, 4th edition ISBN 978-2-86364-161-3

CRATerre (2022) *Construire en Pisé*. Le Moniteur, ISBN 978-2-281-14380-5

Dabaieh Marwa, docent Malmö universitet (2023). Föreläsning under Skanskas "Fokus framåt"-vecka.

Dachverband Lehm (2022). *Lehmbau Regeln - Begriffe – Baustoffe – Bauteile* ISBN 3 528 12558 6

Dachverband Lehm (2024) *DIN Normen für Lehmbaustoffe* <https://www.dachverband-lehm.de/wissen/lehmbau-din-normen> [Hämtat: 2025-05-07]

Deer, W., Howie, R., and Zussman, J. (1991) *An introduction to the rock-forming minerals* (2nd ed). Longman

DIN (Deutsches Institut für Normung) (2023) *18940:2023-06, Load-bearing earth block masonry - Construction, design and execution*

DIN (Deutsches Institut für Normung) (2024). *18945:2024-03, Earth blocks - Requirements, test and labelling*

Energimyndigheten (2023) *ReCirculate: Skapa cirkulära värdekedjor för klimatneutrala byggmaterial*.

https://goteborg.se/wps/wcm/connect/b1f2ca4e-20ec-40a7-892a-dbae909f2409/ReCirculate_slutrapport+mindre+filstorlek.pdf?MOD=AJPERES&trk=public_post_comment-text [Hämtad: 2025-03-14]

Ekberg A. Strategiansvarig Cirkulär byggnation, Göteborgs Stad Stadsfastighetsförvaltning (2025) *Lera som byggnadsmaterial*. Workshopbidrag 12 mars.

Fredén, C. 1994: Jordtäcket. I Fredén, C., *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas. S. 102-119.

Füger B., Oppe M. Santaurio N. 2024 *More than just a façade – Germanys larges new rammed earth building erected in Schwäbich Gmünd* – Artikel till konferensbidrag LEHM24.

Heidelberg Materials (u.å) *Tekniska egenskaper betong*. <https://www.betong.heidelbergmaterials.se/sv/tekniska-egenskaper> [Hämtat: 2025-04-16]

HSB Living Lab (2023) *Final report: Lera som byggnadsmaterial*.

Jönsson J. Hållbarhetsspecialist White Arkitekter (2023) – Föreläsning under Skanskas "Fokus framåt" – vecka.

Jönsson J. Hållbarhetsexpert på Bruksspecialisten (2025) *Lera som byggmaterial – storskalig modern produktion*. Workshopbidrag 12 mars.

Klein, C. & Hurlbut, C. (1993): *Manual of mineralogy* (21st edition) John Wiley & Sons

Lindström, M., Lundqvist, J. & Lundqvist, T. (1991): *Sveriges geologi från urtid till nutid*. Studentlitteratur.

Liblik J., Just A. (2022) *Small-scale assessment method for the fire resistance of historic plaster system and timber structures* (s. 62-74)

Liblik J., Baumberger A., Löffler C., Just A. (2024) *From tradition to future prospects: Clay as fire protection for timber*. Artikel till konferensbidrag LEHM24.

Low Impact (2024) *Wattle and daub – introduction* [Category Intro - Lowimpact.org](https://www.lowimpact.org/category/intro) [Hämtat: 2024-05-13]

McGregor F., Heath A., Shea A., Lawrence M. (2014) *The moisture buffering capacity of unfired clay masonry*, Building and Environment, Volume 82, , Pages 599-607, ISSN 0360-1323, [The moisture buffering capacity of unfired clay masonry - ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132314001111)

MFPA (2024) *LaStrohBau Demonstrator Strohklassenzimmer*. https://www.mfpa.de/files/documents/Aktuelles/Strohhaus%20Holzdorf/11_12_2023_02-Strohklassenzimmer110x60cm_Bautafel.pdf [Hämtat: 2024-10-01]

Naturvårdsverket, (2021) – *Avfall som resurs* – Ärendenr: NV-00196-21, <https://www.naturvardsverket.se/contentassets/a72237b83b314efc97485022fcbd2420/skrivel-se-avfall-som-resurs.pdf> [Hämtat: 2025-05-07]

Naturvårdsverket, (2024) – *Hantering av schaktmassor och annat naturligt förekommande material som kan användas för anläggningsändamål* – Ärendenr: NV-00196-21, [Hantering av schaktmassor och annat naturligt förekommande material](#) [Hämtat: 2025-05-07]

RISE 2023 *Classification of fire resistance in accordance with EN 13501-2:2016*.

Oskam (u.å) *Characteristics clay products* <https://oskam-vf.com/en/clay-products/compressed-earth-blocks/clay-blocks-brown-ocher> [Hämtat: 2024-05-14]

Olsson M. (2022) *Unlocking earth*. Chalmers University of Technology https://projects.arch.chalmers.se/wp-content/uploads/2022/06/Olsson_Matilda_MTBooklet_2022-.pdf [Hämtat: 2024-04-29]

Rauch M. (2024) *New machines and tools for rammed earth construction*. Artikel till konferensbidrag LEHM24.

Rustas S. (2023). *Conversation with Earth* Department of Architecture & Civil Engineering <http://hdl.handle.net/20.500.12380/306641> [Hämtat: 2023-12-19]

Sandin Ulf, Lode 2024 – Intervju 2024-05-08

SBUF (2025) *Putsa med lera* <https://www.sbuf.se/projektresultat/projekt?id=0b449d3a-d24b-4372-b9b6-ff1191e162ea> [Hämtad: 2025-09-28]

Solid earth (2024) *Building with Adobe Brick Technique* <https://www.solidearth.co.nz/earthbuilding-information/building-with-adobe-brick-technique/> [Hämtat: 2024-05-13]

Standards – NEW ZEALAND - (2024a) NZS 4297:2024 - *Engineering design of earth buildings* [Standards New Zealand - NZS 4297:2024](#)

Standards – NEW ZEALAND (2024b) NZS 4298:2024 - *Materials and construction for earth buildings* [Standards New Zealand - NZS 4298:2024](#)

Standards – NEW ZEALAND (2024c) NZS 4299:2024 - *Earth buildings not requiring specific engineering design* [Standards New Zealand - NZS 4299:2024](#)

Steinbach S, Jörchel S. 2024 *Monitoring of indoor climate conditions in earth buildings – Comfort control through material properties*. Artikel till konferensbidrag LEHM24.

Step 1 (2025) *Pisevägg på Förskolan Hoppet* <https://www.step1.se/kopia-p%C3%A5-osprey-farm> [Hämtad: 2025-04-14]

Stroh-lehm-haus 2024 <https://stroh-lehm-haus.de/> [Hämtat: 2024-10-01]

Svenska institutet för standarder (SIS) (2022): <https://www.sis.se/nyheter-och-press/nyheter/Obrand-lera-ett-byggmaterial-med-lag-klimatpaverkan/> [Hämtat: 2023-12-02]

Svenska Institutet för Standarder (2023) prEN 1995-1-2 – Del 1–2: Brandteknisk dimensionering – Remissdokument [Hämtat: 2023-09-15]

Terra versa, *12 techniques of earth construction* u.å. [12 Techniques of Earth Construction \(English\) - TERRAVERSA](#) [Hämtat: 2024-05-13]

Waigand S. 2024. *New entrance and exhibition building for LWL Open-Air Museum in Detmold*. Artikel till konferensbidrag LEHM24.

Wiehle P., Härder M., Strangfeld C. 2024 *Moisture behaviour of earth masonry under natural climate conditions – experimental and numerical study*. Artikel till konferensbidrag LEHM24.

Arbetsmiljöverket 2025 *Vibrationer*. [Vibrationer - Arbetsmiljöverket](#) [Hämtat: 2025-05-07]

Zauke C., Tretau A. 2024 *Efficient earth block production: Reducing primary energy consumption in the drying process*. Presentation under konferens LEHM24.

Åberg M. (2023) Bärade vägg av stampad jord - *Lärdomar från experiment med kompementbyggnad D i projekt Hoppet*. Rammed Homes. <https://goteborg.se/wps/wcm/connect/bab79ce3-bd17-4eaa-8c51-ea764e29231d/Bilaga+12+B%C3%A4rande+v%C3%A4gg+av+stampad+jord.pdf?MOD=AJPERES> [Hämtat 2024-05-13]

Åberg M. *Step 1* (2025a) *Framtida projekt av Pisé i Sverige*. Workshopbidrag 12 mars.

Åberg M. *Step 1* (2025b) Studiebesök 27 juni 2025

Bilagor

B1 *Agenda workshop*

Dagens agenda

12.30-12.45: Presentation av deltagare

12.45-13.15: Projektresultat hittills

13.15-13.30: Paus

13.30- 13.45: Vad är lera? -Emma

13.45-14.15: Utvärdering av Hoppets förskola - Angelica och Mikael

14.15-14.35: Sveriges plan för standarder - Johan

14.35-14.45: Paus

14.45-15.00: Lerans möjligheter som byggnadsmaterial - Johan

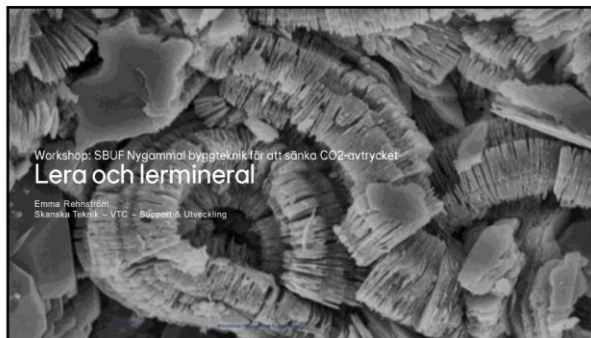
15.00-15.30: Diskussionspass 1: Lerans möjligheter som byggnadsmaterial

15.30-15.40: Paus

15.40-16.10: Diskussionspass 2: Vad behöver förändras för att leran ska bli ett mer använt byggnadsmaterial?

16.10-16.30: Sammanfattning av dagen

B2 Emma Rehnström – *Lera och lermineral*



1



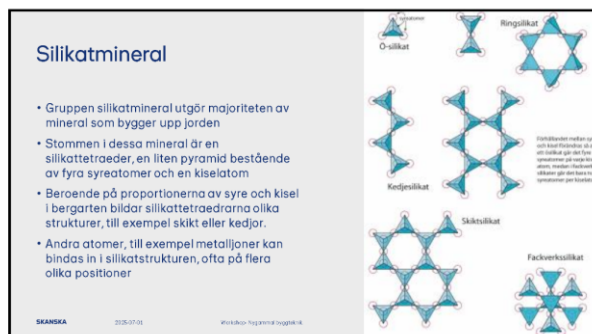
2



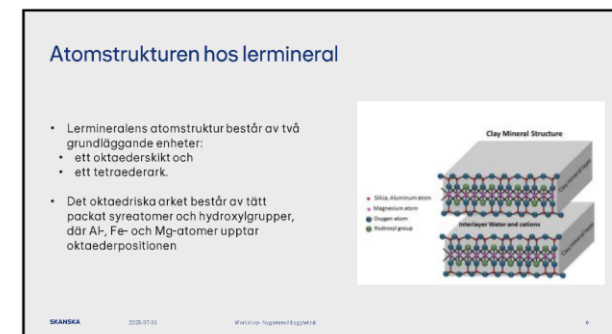
3



4



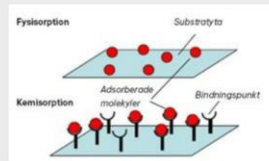
5



6

Lera har en aktiv yta

- Fysorption gäller alla lerpartiklar
- Kemisorption handlar främst om lerpartiklar av lermineral!
- Det som främst adsorberas är metalljoner
- De binds i oktaederskiktet på lermineralen



SKANSKA

2025-07-01

Workshop: Lagermedel i byggnader

7

7

Bildning av lermineral

- Lermineral bildas genom kemisk vittring av olika bergarter
- Kemisk vittring är mest intensiv i varmklimat
- Det bildas olika lermineral om det är torrt eller fuktigt klimat
- Det bildas också olika typer av lermineral avhängigt sammansättningen på moderbergarten
- pH kan också ha betydelse
- Olika lermineral har olika egenskaper, t.ex. så finns det svällande lera



SKANSKA

2025-07-01

Workshop: Lagermedel i byggnader

8

8

In-situ lera och sedimentär lera

- Lera som fortfarande ligger på den plats där den bildats från kemisk vittring av berggrund, kallas in-situ
- Om lera däremot transporteras (med vatten) till en annan avsättningsplats bildas där ett lerigt sediment
- Vid gynnsamma förhållanden litifieras slamm och bildar en sedimentär bergart
- På bilden kaolin på livö klack



SKANSKA

2025-07-01

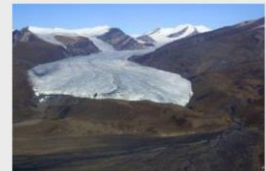
Workshop: Lagermedel i byggnader

9

9

Fysisk vittring och glacial lera

- Glaciala processer bildar stora mängder finsediment
- Materialet består inte bara av lermineral, utan i hög grad partiklar i lerfraktion
- Det dominerande lermineralet är illit
- I den postglaciala fasen avsätts lera i söt- och saltvatten i fjordar och sjöar
- I gamla havsavsatta leror kan saltet med tiden sköljas ut. Leran blir då instabil och kan bilda kvicklera



SKANSKA

2025-07-01

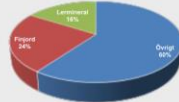
Workshop: Lagermedel i byggnader

10

10

Så vad är lera?

- Lera är en jordart som innehåller mer än 40 vikt% finjord och där minst 40 % av finjorden utgörs av lerpartiklar.
- Finjord är jord med partikelstorlek $<0,06$



SKANSKA

2025-07-01

Workshop: Lagermedel i byggnader

11

11

Användningsområden

- Lergodslera
- Stengodslera
- Eldfast lera
- Tegel-bränt
 - Rött
 - Gult
- Tegel-bränt
- Lerklining



Tester av leras användbarhet bör ta sammansättningen i beaktning!

SKANSKA

2025-07-01

Workshop: Lagermedel i byggnader

12

12

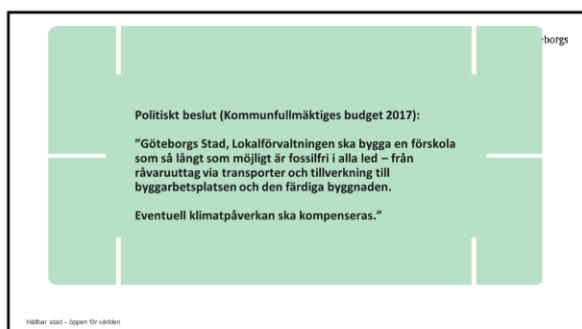
B3 Angelica Ekberg – Lera som byggmaterial Erfarenheter från Innovationsprogrammet Hoppet



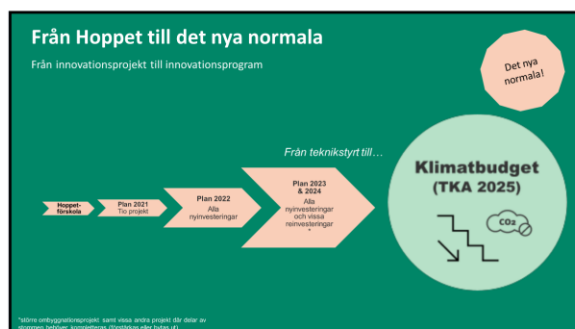
1



2



3



4



5



6



7



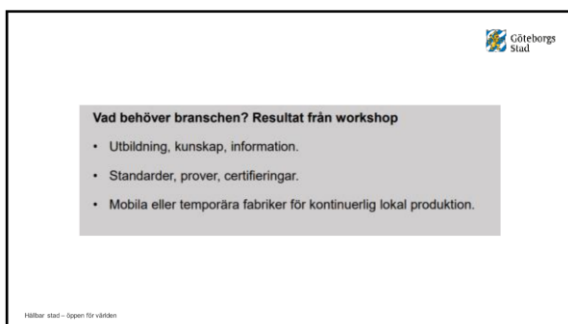
8



9



11



13



15



17



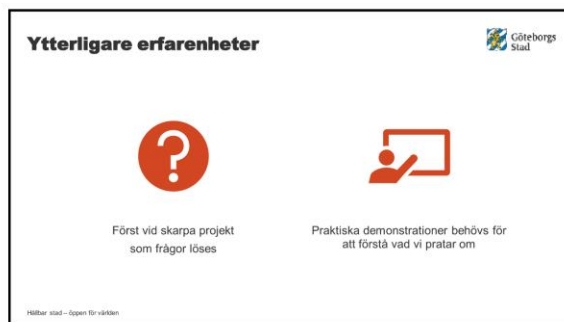
10



12



14



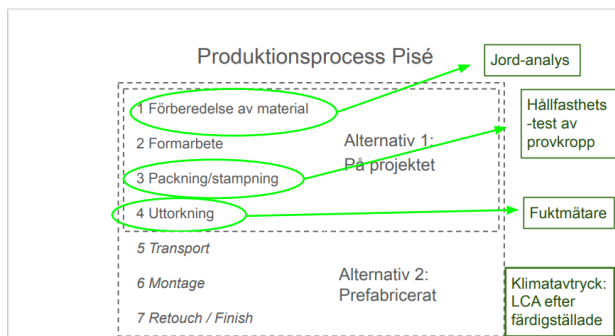
16

B4 Mikael Åberg – *Framtida projekt av Pisé i Sverige*



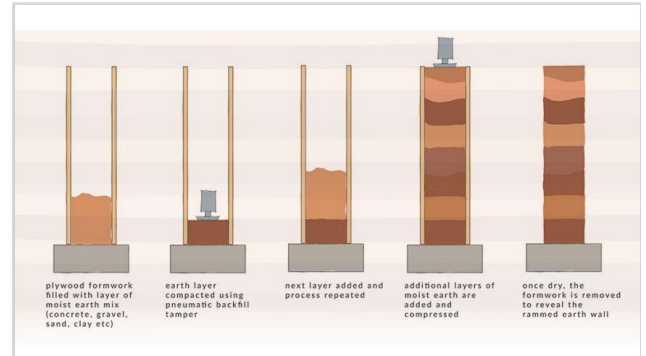
Framtida projekt av Pisé i Sverige

Några förslag på produktionstekniker utifrån lärdomar från entreprenad i projekt Hoppet samt arbete hos Lehm Ton Erde

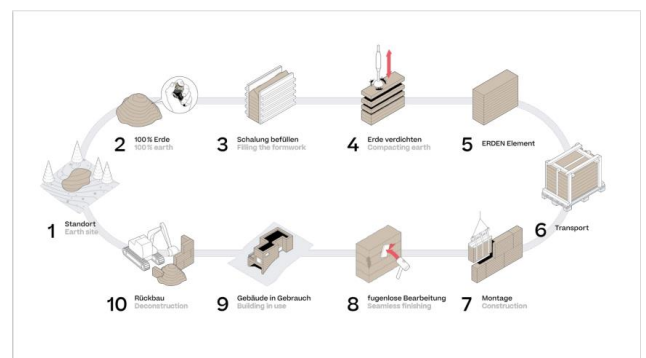


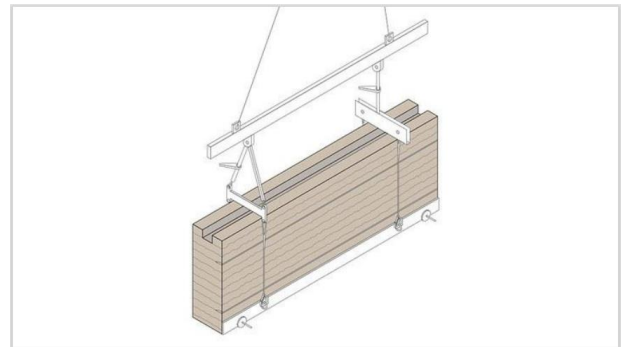
Småskalig On site-produktion





Storskalig
Prefab-produktion







Framtida svensk prefab-produktion



STEP1
EKOBYGG VÄSTKUSTEN

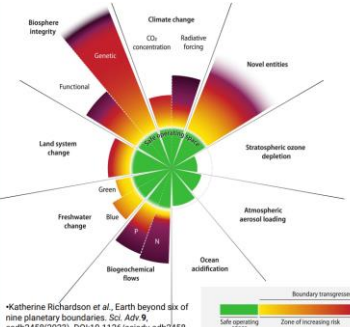
B5 Johan Jönsson – Lera som byggmaterial Storskalig modern produktion

Lera som byggmaterial

Storskalig modern produktion

Bruket GBG

Johan Jönsson
Utvecklingschef Brulspecialisten
Ordf. Teknisk kommitté för Obränd lera, murverk och puts, Svenska Institutet för Standards, SIS
AG-ledare Klimatsmarta byggmaterial, Klimatarena Stockholm
Hållbarhetsspecialist
Bygghantverkare





BYGGMATERIAL

Nu överskridit

- Klimatförändring
- Biologisk mångfald
- Markanvändning
- Färskvatten
- Biokemiska flöden
- Nya kemiska substanser

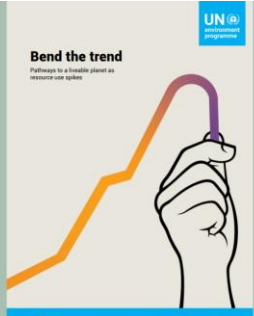
•Katherine Richardson et al., Earth beyond six of nine planetary boundaries. Sci. Adv. 9, ead2458(2023). DOI:10.1126/sciadv.adh2458

PROBLEMFORMULERING

Idag

Materialutvinning

- 3x senaste 50 åren
- 55% of global utsläpp
- Main driver





BYGGMATERIAL

Biobaserat

Lågt klimatavtryck

- Halm
- Vass
- Kork
- Hampa
- Lin
- Trä



Byggmaterial	Bio-baserade	Obränd lera
Förnybart	✓	
Termisk isolering	✓	
Låg densitet	✓	
Cirkulärt	✓	✓
Rik tillgång	✓	✓
Låg energiåtgång	✓	✓
Brand		✓
Fukt		✓
Hög densitet		✓
Konvektionstätning		✓



BYGGMATERIAL

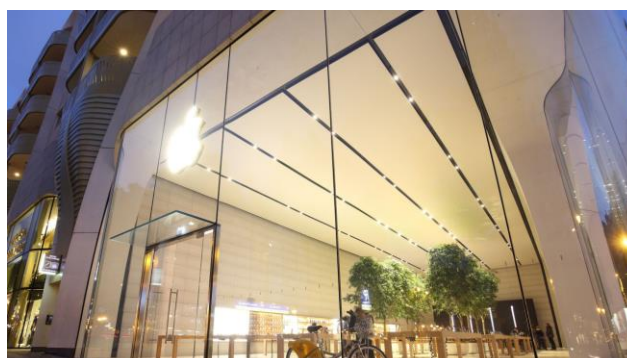
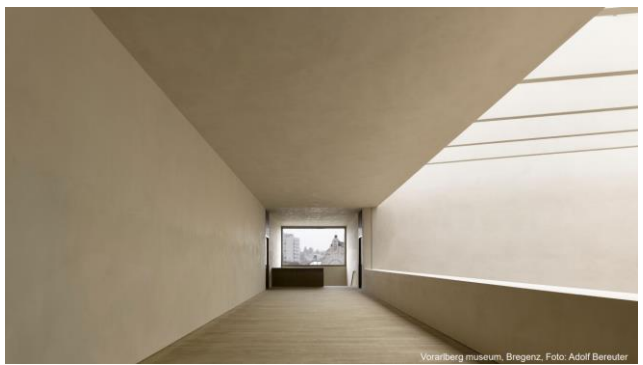
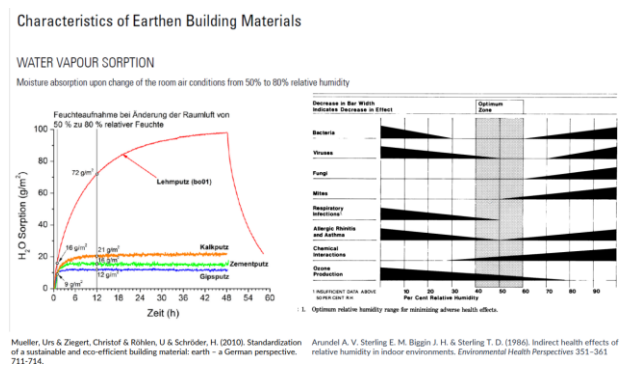
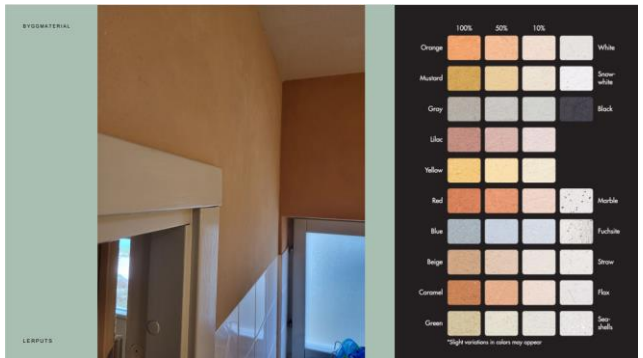
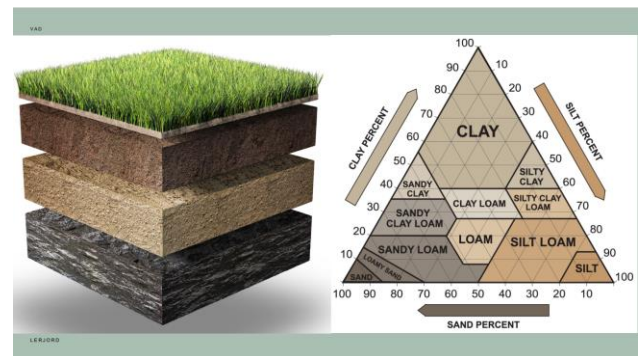
Framtiden

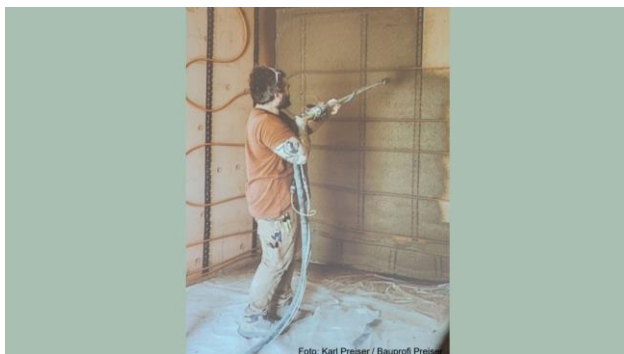
Lågt klimatavtryck

Etiskt producerade

Ler- och biobaserade

BUILDING MATERIALS
AND THE CLIMATE:
CONSTRUCTING A NEW FUTURE






DIN
Tysk
Nationell standard

- DIN 18947:2018-12 – Lerputsbruk
- DIN 18945:2018-12 – Lersten
- DIN 18946:2018-12 – Lermurbruk
- DIN 18949:2023-12 – Lerstensmurverk
- DIN 18948:2018-12 – Lerskivor

BYGGMATERIAL
Nationell standard
TK-180 Murverk och puts

SIS Svenska Institutet för Standarder

- Mur- och Putsföretagen
- AB Joma
- Bruksspecialisten/Tegelmäster
- Målarkalk AB
- Lode Sverige
- Combimix AB
- Saint-Grobain Sweden / Weber
- Bekaret Svenska AB



SIS Svenska Institutet för Standarder
Svensk
Nationell standard
TK-180 Murverk och puts

- SIS/TS 28947:2024 – Lerputsbruk
- DIN 18945:2018-12 – Lersten
- DIN 18946:2018-12 – Lermurbruk
- DIN 18949:2023-12 – Lerstensmurverk
- DIN 18948:2018-12 – Lerskivor

SIS Svenska Institutet för Standarder
Svensk
Nationell standard
TK-180 Obränd lera, Murverk och puts

- SIS/TS 28947:2024 – Lerputsbruk
- DIN 18945:2018-12 – Lersten
- DIN 18946:2018-12 – Lermurbruk
- DIN 18949:2023-12 – Lerstensmurverk
- DIN 18948:2018-12 – Lerskivor





Nordisk standard?
INSTA

- INSTA 28947:202X – Lerputsbruk
- DIN 18945:2018-12 – Lersten
- DIN 18946:2018-12 – Lermurbruk
- DIN 18949:2023-12 – Lerstensmurverk
- DIN 18948:2018-12 – Lerskivor



BYGGMATERIAL
Lehmbau Regeln
Byggpraxis

- Lokalt material
- Fälttester



LERA SOM BYGGMATERIAL
Compressed Earth Blocks, CEB

- Lera, ballast och ev. fiber
- Bärande
- Varierande vikt och format
- Industriellt pressade



BYGGMATERIAL

Lera + Brand

- Brand
- D: 140 mm
- REI 180 (EI 240)
- -54 dB



Photo: BC Materials

BYGGMATERIAL

Lastbärande CEB Lode Smart Block

- DIN 18947:2023-12
- Patent dec 2023
- Release Q3 2024
- Mål: Lokal produktion



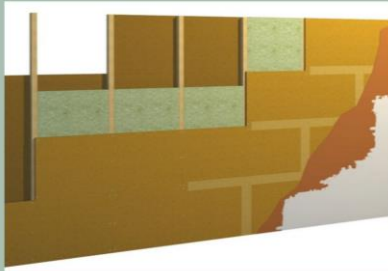
LODE



BYGGMATERIAL

Lerskivor Lemix

- Ett lager, 90 min
- Värme / Kyla
- Fuktbuffrande
- Torrt byggande
- Densitet 1450 kg/m³



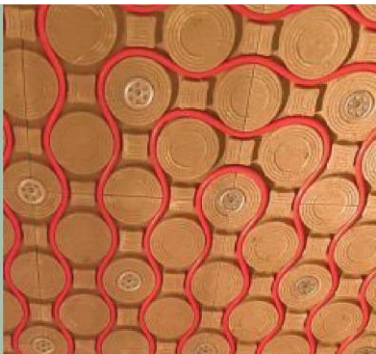
LEMIX



BYGGMATERIAL

Lerskivor ArgillaTherm

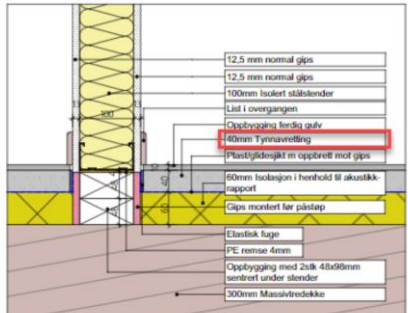
- 50 % Smektit
- Värme / Kyla
- 1700 kg/m³
- Torrt byggande (5%)




BYGGMATERIAL

Trä Bjälklag

- Brand
- Fukt
- Akustik
- Tyngd



JONAS MEDVALL, NENT

BYGGMATERIAL

Trä + Lera Bjälklag

- Brand
- Fukt
- Akustik
- Tyngd



BYGGMATERIAL

Trä + Lera Bjälklag

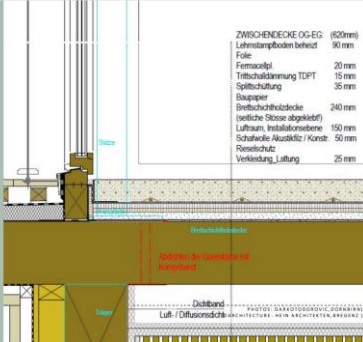
- Brand
- Fukt
- Akustik
- Tyngd
- Estetik



BYGGMATERIAL

Trä + Lera Bjälklag

- Brand
- Fukt
- Akustik
- Tyngd



ZWISCHENDECKE OGEG (820mm)	
Lehrstangbojen behörd	90 mm
Folie	20 mm
Femselag	15 mm
Trittschalldämmung TDPT	35 mm
Stauppen	240 mm
Brettschichtholzdecke (perforierte Störse abgeklebt)	150 mm
Lehrstang, Installationsweise	50 mm
Schuttschicht Holzstift / Korros	25 mm
Verklebung, Lüftung	

Abstand der Gussbojen im Korrosionsschutz

Dichtband

Luft / Diffusionsdichte

HERZOG & NEUMEYER ARCHITECTS

BYGGMATERIAL

Trä + Lera Bjälklag

- Brand
- Fukt
- Akustik
- Tyngd
- Estetik



BYGGMATERIAL

Trä + Lera Bjälklag

- Brand
- Fukt
- Akustik
- Tyngd
- Estetik



REINERT

BYGGMATERIAL

Trä + Lera HORTUS

House of Research, Technology, Utopia and Sustainability

- 10 000 m2 BTA
- CO2 neutral - 30 år
- 2025



© HERZOG & NEUMEYER

BYGGMATERIAL

Trä + Lera

- Strängpressat
- Torrt byggande
- Minimerat damm
- 1950 kg/m3



BUILDING MATERIALS

Load-bearing CEB Lode Smart Block

- DIN 18947:2023-12
- Patent dec 2023
- Release Q3 2024
- Goal: Local production



FOTO: ANDREAS BERGLUND, TRÖSKENBYN

Tid til at bygge renere. Ubrændt ler.



BYGGMATERIAL

BYGGMATERIAL

HDF-bjälklag

- Prefab
- Design for Dissassembly, DfD
- Cementbaserad avjämningsmassa
- Lerbaserad?



