

AEROGELBASERAD PUTS SUPERISOLERING FÖR FRAMTIDEN

I ett forskningsprojekt på Chalmers studeras en aerogelbaserad puts med mycket bra isolerande egenskaper. Förhoppningen är att användningen av den så kallade superisolerande putsen ska **bidra till att minska byggsektorns energianvändning, både för existerande och nya byggnader.**

Superisolerande puts kan, förutom att spara energi, dessutom resultera i funktionella väggar med mindre tjocklek. Detta bidrar i sin tur till att öka mängden uthyrningsbar golvyta inomhus, yta som annars skulle tagits upp av väggens isolering. I denna artikel vill vi informera om vad vi planerar att göra i projektet och berätta om den superisolerande putsens egenskaper.

TEXT & FOTO: ALI KARIM, PÅR JOHANSSON & ANGELA SASIC KALAGASIDIS

Applicering av den superisolerande putsen med spraymaskin på en väggprototyp.

Puts används traditionellt som fasadens vattenavledande skikt och skyddar konstruktionen. Putsade fasader tillhör den vanligaste typen av fasadmateri- al i flerfamiljshus i Sve- rige med cirka 41 miljoner

kvadratmeter, motsvarande 27% av bygg- nadsbeståndets fasadarea. Bristande ener- giprestanda och inomhusklimat är bland de vanligaste utmaningar vid renovering av dessa byggnader som oftast har murade och oisolerade väggar. Därmed finns en stor potential att använda nya och mer effektiva isoleringslösningar för putsade byggnader. Detta kan ge en stor påverkan på hela byggnadsbeståndets energi- prestanda.

STOR ENERGIBESPARINGSPOTENTIAL VID RENOVERING

Den största fördelen med superisolerande puts (SIP) jämfört med traditionell puts är den lägre värmekonduktiviteten. Med ett 5-6 cm tjockt putslager kan en avsevärd effekt fås på byggnadens energianvändning. U-värdet på en oisolerad vägg kan minska med upp mot 70%. Detta ger en årlig energibesparing på cirka 77 GWh om 10% av Sveriges putsade byggnader (med tegel- och lättbetongstomme) utrustas med ett 5-6 cm tjockt lager SIP. Enligt BBR ska ett U-värde på 0,18 W/(m²·K) eftersträvas för byggnadens yttervägg. Med konventionella isoleringsmaterial ger detta en isoleringstjocklek på 15-20 cm, förutom den puts som krävs på utsidan av fasaden. Dessutom kan SIP användas både som utvändigt och invändigt ytskikt.

Att reducera energianvändningen och minimera tjockleken på isoleringen är extra viktigt både i existerande byggnader där väggens tjocklek ofta är begränsad i bygglov, liksom i nya byggnader där varje uthyrningsbar kvadratmeter räknas. Förutom energieffektiviseringsaspekterna kan det även finnas andra fördelar med att använda SIP i byggbranschen. Vid reparation och renovering av en del historiska och q-märkta byggnader, till exempel kyrkor, där byggnadens karaktärsdrag ska beaktas, kan den superisolerande putsen öppna upp för större möjlighet att energi- effektivisera samtidigt som kraven på beva- rande av kulturvärden tillgodoses.

FORSKNING OM AEROGELBASERAD PUTS

På avdelningen för byggnadsteknologi på Chalmers tekniska högskola har det tidigare genomförts ett antal projekt där andra superisoleringsmaterial har studerats.



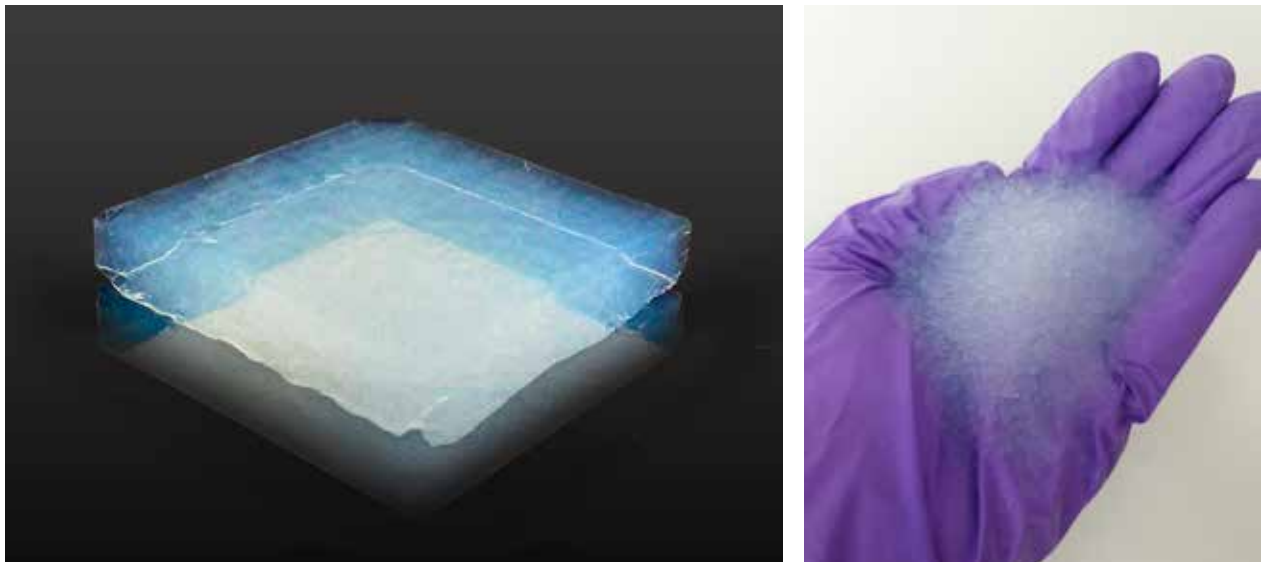
Byggnad i Zürich, Schweiz, med superisolerande puts på utsidan, fotot från besök 2019.



Provbitar av den superisolerande putsen för analys i laboratoriet på Chalmers.

I projekten har vakuumisoleringspaneler (VIP) och filter med aerogel använts som tilläggsisolering invändigt och utvändigt. I detta projekt går vi ett steg vidare och testar olika sorters putsblandningar, både cement- och kalkbaserade, som innehåller aerogelpartiklar. I flera länder i Europa,

såsom Tyskland, Schweiz, Italien och Frankrike, har materialet redan använts med gott resultat på byggnadens energianvändning. Eftersom det saknas tidigare erfarenheter av hur den superisolerande putsen fungerar med svenska byggnadsmaterial, byggnadstekniker och klimat, behö-



Figur 2. Aerogel som block och granulat.

» ver den studeras närmare för att kunna användas säkert i svenska byggnader.

I projektet på Chalmers undersöks effekten av temperatur, luftfuktighet, alkalinitet och mekaniska belastningar på livslängden, samt fukt- och värmeegenskaper i olika typer av SIP anpassade för byggnader i Sverige. Undersökningarna görs genom numeriska simuleringar samt mätningar i laboratorium och fält. Till projektet är en referensgrupp kopplad bestående av representanter för byggbolag, arkitekter och övriga byggkonsulter. Projektet startades i januari 2019 och pågår till december 2021 med finansiering från Energimyndighetens program E2B2.

VAD ÄR AEROGEL?

Superisoleringsmaterial (SIM) kan definieras som material med en värmekonduktivitet lägre än stillastående luft, dvs. lägre än $25 \text{ mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Aerogel har en värmeledningsförmåga på $0,010\text{--}0,020 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, vilket är 25-50% av konventionella isoleringsmaterial. Aerogel finns i olika former (figur 2) och kan framställas från olika material som kisel och kol.

Kiselbaserad aerogel framställdes första gången på 1930-talet. Aerogel tillverkas genom att en gel torkas under superkritiska förhållanden (högt tryck och temperatur). Detta leder till att vätskan som finns bunden i gelens porösa struktur avdunstar utan att strukturen förstörs. Resultatet blir ett

mycket poröst material som till största delen består av små luftfyllda porer. Materialet behöver förstärkas och blandas med andra material (till exempel puts) för att vara praktiskt användbart. Några av materialegenskaperna för kiselbaserad aerogel är sammanställda i tabell 1.

VAD ÄR SUPERISOLERANDE PUTS?

SIP framställs nästan på liknande sätt som vanlig puts, med skillnaden att i SIP ersätts sanden i ballasten delvis eller helt med aerogelpartiklar (figur 3). En SIP kan vara kalk- eller cementbaserad och innehåller även andra tillsatser beroende på användningsområdet för produkten.

Idag finns det ett antal kommersiella SIP-produkter på marknaden i Europa. En lista över materialegenskaperna för en kommersiell SIP är sammanställt i tabell 2. Denna SIP är baserad på hydraulisk kalk och är tänkt att användas till äldre tegel- eller stenbyggnader. Utöver kommersiella SIP har det även tagits fram SIP på forskningsnivå. Till exempel har en forskargrupp i Frankrike utvecklat en SIP med ett cementbaserat bindemedel som bas. Gemensamt för alla dagens SIP är att de når en värmekonduktivitet mellan $0,028\text{--}0,048 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. Detta ska jämföras med traditionell puts som typiskt har en värmekonduktivitet kring $0,500 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$. I figur 4 jämförs tjockleken på olika byggnadsmaterial som krävs för att uppnå ett U-värde på $0,46 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$.

ERFARENHETER FRÅN FÄLTFÖRSÖK

Idag finns erfarenheter från mer än 200 byggnader i Schweiz med mer än 100 000 kvadratmeter fasadyta. De första testerna utfördes under 2013 och hittills finns goda erfarenheter från flera forskningsprojekt publicerade. I en byggnad från 1400-talet i Sissach, Schweiz, renoverades fasaderna med 5-6 cm SIP. Fasaderna bestod ursprungligen av kalksten täckt av ett 5-6 cm tjockt cementbaserat putslager. Vid renoveringen ersattes det yttersta puts-lagret med SIP, förstärkt med ett armeringsnät. Mätningarna visade att U-värdet på fasaden reducerades med 63-71% efter att den hade tilläggsisolerats med SIP. Dessutom konstaterade forskarna att tilläggsisoleringen med SIP hade resulterat i en förbättrad värmekomfort inomhus samtidigt som riskerna för mögelpåväxt på den invändiga väggbeklädnaden hade minskat avsevärt då ytemperaturen ökade.

En 30 meter hög betongbyggnad i Berlin, Tyskland, isolerades med 6 cm SIP på utsidan av fasaden. Fältmätningar från det projektet visade ett minskat U-värdet från $1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ till $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ (70% minskning). Även i denna byggnad användes armeringsnät i lagret med SIP som förstärkning av fasaden. Inspektioner efter 2 år visade inga tecken på synliga sprickor eller köldbryggor i fasaden.

Invändig användning av SIP provades i en byggnad från 1920 i Torino, Italien, där

PUTS 1000 mm

$$\lambda = -0,5 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

EPS 70 mm

$$\lambda = -0,035 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

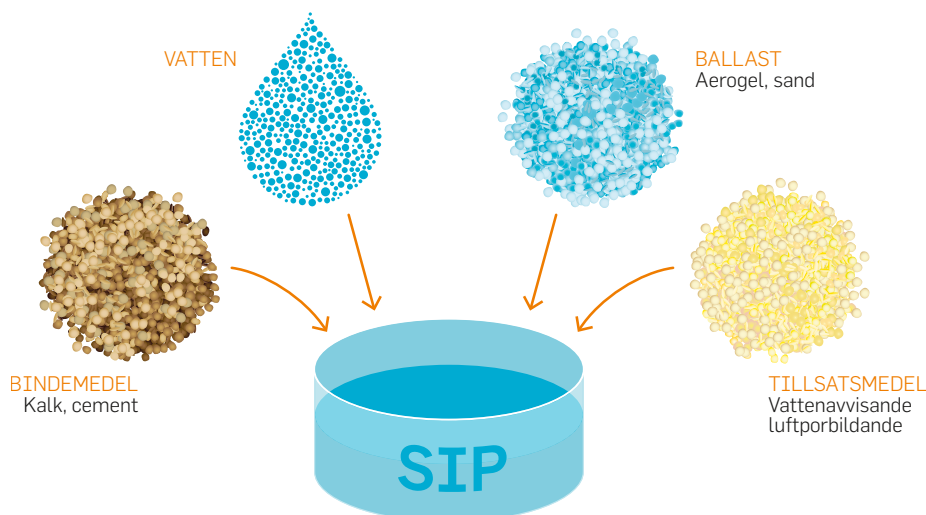
SIP 60 mm

$$\lambda = -0,030 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

AEROGEL 36 mm

$$\lambda = -0,018 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Figur 4. Tjocklek som krävs med olika byggnadsmaterial för att uppnå ett U-värde på $0,46 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



Figur 3. De olika beståndsdelarna i en superisolerande puts.

en del av väggarna renoverades. De befintliga väggarna bestod av två lager tegel med en luftspalt emellan, täckta av puts på insidan och utsidan. Vid renoveringen applicerades 1,5 cm SIP på insidan av väggen ovanpå det befintliga putslagret. Mätningresultaten från studien visade att tilläggs-

isoleringen med 1,5 cm SIP ledde till ett minskat U-värdet på väggarna med cirka 27% jämfört med innan renoveringen. Samtidigt hade ytemperaturen på väggarna ökat med $1,5^\circ\text{C}$. I just denna studie, och för den specifika SIP-produkten, visade mätningarna att minst 2 månaders torkningstid krävdes för att få bort den initialt höga vattenhalten i lagret av SIP.

FORSKNINGSPROJEKTETS MÅL

Som nämnts inledningsvis har användning av SIP inte studerats och rapporterats tidigare i Sverige. Nya material som utvecklas för andra klimat behöver undersökas och testas i full skala i svenska förhållanden för att minska risken för skador som kan komma att bli kostsamma för samhället. Vi har fortfarande de kostsamma erfarenheterna från de välisolerade enstegstättade fasaderna färskt i minnet. För att utveckla säkra lösningar för byggnader, samt att optimera energibesparingsmöjligheter, behövs forskning av materialen i svenska förhållanden. I detta projekt är därför målet att utreda hur byggnaden påverkas med avseende på långsiktiga värme-, fukt och energieffektiviserande egenskaper när SIP används i Sverige.

De viktigaste målen i projektet är att:

- Utveckla experimentella och numeriska verktyg för att tillhandahålla tillförlitliga data (materialegenskaper, livslängd) för byggbranschens aktörer i Sverige.

- Bedöma effekten av temperatur, luftfuktighet, alkalinitet och mekaniska belastningar på livslängden hos SIP, utifrån de svenska klimatförhållanden.
- Beräkna och mäta värme- och fuktegenskaper i olika typer av SIP anpassade för byggnader i svenskt klimat.
- Ta fram rekommendationer för hur SIP kan användas för att utnyttja dess potential optimalt i Sverige. ■

| Materialegenskap | Typiskt värde |
|---|---------------|
| Densitet (kg/m^3) | 100 |
| Pordiameter (nm) | 20 |
| Porositet (%) | 95 |
| Värmeledning ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) | 0,018 |

Tabell 1. Ett urval av materialegenskaperna för kiselbaserad aerogel med dess typiska värden.

| Materialegenskap | Värde |
|---|------------|
| Densitet (kg/m^3) | 220 |
| Porositet (%) | 90 |
| Värmeledning ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$) | 0,028 |
| Tryckhållfasthet (N/mm^2) | 0,45 |
| Kapillaritetkoefficient ($\text{kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s}^{0,5})$) | $\leq 0,4$ |
| Ångpermeabilitet, μ (-) | 4-5 |

Tabell 2. Materialegenskaperna för en kalkbaserad SIP produkt från Schweiz.



ALI KARIM
Doktorand,
Byggnadsfysik Chalmers



PÄR JOHANSSON
Docent,
Byggnadsfysik Chalmers



ANGELA SASIC KALAGASIDIS
Biträdande professor,
Byggnadsfysik Chalmers