

TEPELNÉ IZOLACE

Radíme a vzděláváme

Centrum pasivního domu je neziskovým sdružením právnických i fyzických osob, které vzniklo za účelem podpory a propagace standardu pasivního domu a za účelem zajištění kvality pasivních domů.

Členy sdružení jsou jako podporující členové architekti, projektanti, stavební firmy, výrobci stavebních materiálů a prvků, a všichni ostatní odborníci se zájmem o pasivní domy. Podporující členové se podílí na realizaci aktivit sdružení, zejména svými odbornými znalostmi a zkušenostmi, aktivně spolupracuje s ostatními členy.

Dům v kožichu

Pasivní dům má extrémně nízkou spotřebu tepla. Aby v domě zůstala příjemná teplota i přesto, že se do něj dodává tak málo energie, je třeba teplo úzkostlivě chránit. Jednou z nejdůležitějších součástí pasivního domu je silná vrstva tepelné izolace, která výrazně snižuje tepelné ztráty a přináší domu řadu dalších výhod. Pasivní domy se vyhýbají „odborným“ debatám, zda je lépe zateplit fasádu „desítkou“ nebo „dvacítkou“, které zároveň posouvají každým rokem tu „správnou“ tloušťku izolace o centimetr nahoru. Pro dosažení hodnot součinitele prostupu tepla na úrovni pasivního domu je nutné zaizolovat dům podstatně větší tloušťkou. Často i více než třicet centimetrů a i na místech, která se v současné praxi izolují jen velmi zřídka.

Bohužel se stále lze i mezi odborníky setkat s různými mýty a pověrami ohledně použití tepelné izolace. Nejčastějším argumentem odpůrců tepelné izolace (zvláště polystyrenu) je, že konstrukce po zateplení „nedýchá“, tedy nevyměňuje vlhkost. Pravdou je, že v běžném domě je až 95 procent vlhkosti odvětráno okny nebo spárami a samotné zateplení domu má na „dýchání“ mizivý dopad.

Lidé často váhají při úvaze, zda zateplovat či nezateplovat novostavbu – vždyť dnešní keramické či jiné tvárnice mají jistě dostatečné izolační vlastnosti. Většinou tomu tak není a je jen několik výrobků na trhu, které jako jednovrstvé zdivo dosahují potřebných parametrů. Navíc použitím tepelné izolace je možné zredukovat tloušťky zdících prvků pod 250 mm a tím snížit celkovou tloušťku stěny i cenu díla.



Obr. 1 Zcela zbytečná je také debata nad návratností investice do silnější vrstvy izolace. Náklady na navýšení tloušťky jsou totiž většinou podstatně menší než náklady spojené s její aplikací. Návratnost investice do silnějšího zateplení domu je maximálně v řádu několika let. Ceny energie však zcela jistě porostou a úměrně tomu se bude i snižovat návratnost. Vnější zateplovací systém také podstatně prodlužuje životnost konstrukce. Mírně vyšší počáteční investice je tedy i z tohoto pohledu velmi výhodná. (Foto A. Brotánek)

Výhody kvalitního zateplení:

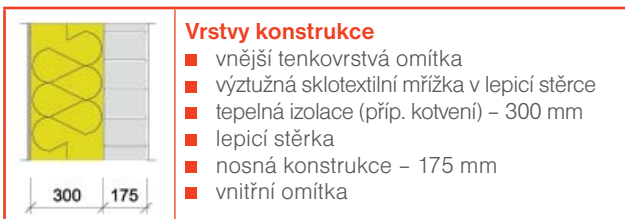
- snížení tepelných ztrát a výrazné navýšení teplotního komfortu
- snížení rizika plísně zvýšením vnitřní povrchové teploty
- menší namáhání nosné konstrukce atmosférickými vlivy
- odstranění typických tepelných mostů a vazeb
- snížení přehřívání budovy v letním období
- redukce tloušťky nosného systému (zejména u zděných staveb)

IZOLACE MASIVNÍCH STAVEB

Vnější zateplení

Vnější zateplovací systémy jsou nejčastějším způsobem tepelné izolace objektů. Jejich největší výhodou je celistvost tepelné izolační vrstvy. Při použití masivních stěn s vysokou akumulací lze také dosáhnout vynikajících parametrů tepelné setrvačnosti vnitřního prostoru. Zateplení z vnější strany se provádí buď formou provětrávaných zateplovacích systémů, nebo se používají takzvané kontaktní zateplovací systémy.

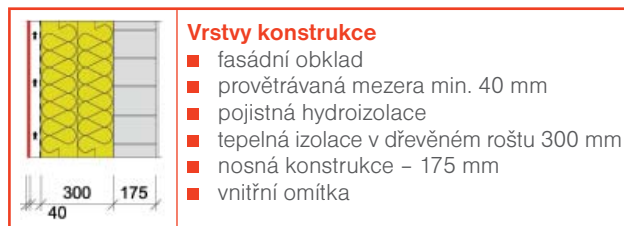
Kontaktní zateplovací systémy, zkr. ETICS (anglicky External Thermal Insulation Composite System) tvoří jednotlivý celek jednotlivých vrstev systému. Tepelná izolace slouží v tomto případě jako nosný prvek povrchových vrstev. Povrch fasády tvoří většinou omítka, v ojedinělých případech lepený obklad. Tento systém je v současnosti masivně využíván zejména při obnově bytového fondu. Pro kontaktní zateplení je nejčastěji používán expandovaný polystyren nebo minerální vlna s tenkovrstvou vnější omítkou. U kontaktních zateplovacích systémů hrozí riziko kondenzace vlhkosti v konstrukci. Je to dáno poměrně vysokým difuzním odporem lepidel a vnějších omítek. Navrženou skladbu je vždy nutné prověřit výpočtem. Při rekonstrukci budov je u lehce zavlhlého zdiva potřeba odstranit zdroj vlhkosti a pak ve většině případů realizovat provětrávanou fasádu s izolací o malém difuzním odporu.



Tloušťka izolace není ani u jednoho systému nijak omezena. Izolace se aplikuje nejčastěji v jedné vrstvě, v některých případech v závislosti na rovinatosti stěny a soudržnosti lze vrstvu izolace jen celoplošně lepit bez dodatečného kotvení. Zde je však požadavek i na větší pevnost izolantu. Ve výškách nad 8 m nebo po nesplnění podmínek rovinatosti a soudržnosti je nutné zvolit kotvicí prostředky a nad 12 m výšky požárně odolnou izolaci, např. minerální vlnu.

U provětrávaných zateplovacích systémů se vkládá tepelná izolace mezi nosné prvky roštu (nejčastěji dřevěného), který je připevněn k nosné části zdiva. Rošt je vhodné udělat několikanásobný, dvojitě až trojitě překřížený, pro eliminaci liniových tepelných mostů nebo použít vhodnější I-nosníky (žebříkové nosníky). Dále se vytvoří provětrávaná mezera o tloušťce min. 40 mm a přípevní fasádní obklad (dřevo, cementotřískové desky, keramika a podobně). Souvrství je pod vzduchovou mezerou opatřeno difúzně otevřenou deskou či fólií, která slouží jako pojistná hydroizolace. Ta brání zatečení vody do izolace či jinému vniknutí vlhkosti vlivem proudícího vzduchu v provětrávané mezeře.

V tomto systému se v našich podmínkách používá vláknitá tepelná izolace (desková, v rolich nebo foukaná). Je dobře propustná pro vodní páry, které jsou pak odvětrány vzduchovou mezerou, a v konstrukci je tak vyloučeno riziko kondenzace.



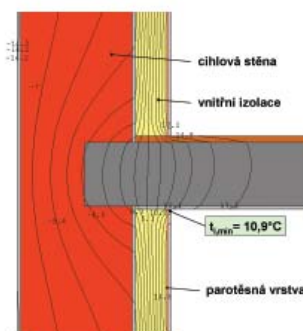
Je-li požadována omítka jako povrchová úprava, může být použit obdobný rošt vyplněný izolací jako u provětrávaného systému. Nosičem pro omítku jsou pak např. dřevovláknité izolační desky či štěpkocementové desky, kterými je rošt zaklopený. Tento systém se používá u zděných staveb jako přírodě šetrnější alternativa proti běžným kontaktním zateplovacím systémům.



Obr. 2 Provětrávaná fasáda u novostavby před namontováním fasádního obkladu. Svislé laťování před pojistnou hydroizolací tvoří vzduchovou mezeru.

Vnitřní zateplení

U rekonstrukcí budov je velmi těžké dosáhnout pasivního standardu. Situace se ještě podstatně komplikuje, pokud má budova výraznou a kvalitní fasádu, například režné zdivo nebo štukovou výzdobu. Tam, kde nepřipadá vnější zateplení v úvahu, je jediným řešením izolace zevnitř. Jak praxe, tak i výpočty ukázaly, že z energetického i ekonomického hlediska nemá smysl zateplovat silnější vrstvu než 120 mm. Efekty tepelných mostů stěn a stropů pronikajících izolací jsou totiž velmi výrazné. Při rozumném návrhu vnitřní izolace se lze u historické budovy dostat na $U_{stěna} = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Pro omezení kritických teplot při okrajích tepelné izolace (u podlahy a stropu) je možné použít náběhové klíny, které však nepůsobí v interiéru příliš esteticky. Samotnou kapitolou je vlhkostní chování takové konstrukce, kde za vrstvou izolace může na chladné stěně vlhkost kondenzovat. Jsou-li v konstrukci dřevěné prvky, může to způsobit jejich poškození (např. uhnívání zhlaví dřevěných trámů u starších objektů). Zde je nutné vytvořit dokonalou parotěsnou rovinu případně použít nenasákovou izolaci, která bude páram propustná. Obecně jde o složitou problematiku, která vyžaduje důsledné posouzení tepelné-vlhkostního chování konstrukce. Při projektování novostaveb je vždy možné se vnitřní izolaci fasády vyhnout. Jsou konstrukční systémy nabízející vnitřní zateplení, avšak jejichž vhodnost použití je ze zmíněných důvodů značně diskutabilní.



Obr. 3 Výstup z výpočtového programu simulujícího průběh teplotního pole. Při vnitřním zateplení vzniká v místě průchodu stropní desky liniový tepelný most, který výrazně zvyšuje tepelné ztráty v tomto místě. Další navýšování tloušťky proto není efektivní a největším problémem je vlhkost, která může kondenzovat na chladné stěně za izolací.

Systém ztraceného bednění

Tyto systémy v současné době získávají stále větší oblibu. Pro pasivní domy jsou zvláště vhodné systémy z polystyrenových nebo štěpkocementových tvarovek. Po sestavení vytváří skládačku jako z dětské stavebnice, která zaručí perfektní návaznost jednotlivých prvků a celistvou tepelněizolační obálku.

Bloky jsou vyráběny z EPS s přísadkou grafitu (tzv. šedý polystyren), který tvoří zároveň bednění pro lité beton tvořící nosnou část stěny. Materiál použitý na tvarovky dosahuje součinitele tepelné vodivosti $\lambda = 0,032 \text{ W/(m.K)}$ a stěna o tloušťce 450 mm má součinitel prostupu tepla $U = 0,1 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$.

Výhody	Nevýhody
<ul style="list-style-type: none">■ vysoká přesnost■ rychlost výstavby■ systémové řešení detailů bez tepelných mostů■ vynikající tepelněizolační vlastnosti při malé tloušťce zdi	<ul style="list-style-type: none">■ možnost mechanického poškození vnitřní strany stěny■ částečné omezení akumulační schopnosti zdiva v případě tepelné izolace na vnitřní straně tvarovky

IZOLACE DŘEVOSTAVEB

Dřevostavby jsou již konstrukcí svých stěn jako stvořené pro použití masivní vrstvy tepelné izolace. Obecně lze rozdělit stavby s dřevěnou nosnou konstrukcí na stavby připravované na místě (in situ) a stavby panelového systému, jejichž dílce se vyrábí jako prefabrikáty v továrně a na místě jsou pouze smontovány a utěsněny.

Tepelná izolace se vkládá přímo mezi dřevěné nosníky, čímž dochází k zásadnímu snížení tloušťky stěny, která je ve výsledku téměř totožná s tloušťkou izolace. Kromě izolace na bázi minerálních či skleněných vláken se velmi často používají i izolační materiály na přírodní bázi, jako je foukaná celulóza, dřevovláknité desky, desky z konopí či lnu. Souvrství pak může být doplněno o provětrávanou mezeru a fasádní obklad nebo kontaktní zateplovací systém (např. dřevovláknité desky o vyšší objemové hmotnosti).



Obr. 4 Příklad vrstvené izolace do dřevěného roštu. Použity jsou nosníky, které neprochází skrze celou konstrukci, a tudíž nevytváří tepelné mosty. (Foto KNAUF Insulation)

Kvalitní vzduchotěsnící rovina a konstrukce bez tepelných mostů jsou dva nejdůležitější parametry ovlivňující životnost konstrukce a její funkčnost. Bezpečnější z pohledu vlhkosti jsou difúzně otevřené konstrukční systémy, které mají na vnitřní straně místo parotěsné fólie parobrzdnou vrstvu, např. desky, které propouští malou část vodních par do konstrukce. Směrem k vnější straně stěny se difúzní odpor konstrukce zmenšuje, aby bylo umožněno odpařování vlhkosti. Naopak vnikne-li v případě difúzně uzavřené konstrukce defektním místem dovnitř vlhkost, nemá se kudy odpařit a hrozí nebezpečí poškození zabudovaného dřeva.

KVALITNÍ PROVEDENÍ

Při aplikaci izolace pro dosažení požadovaného izolačního účinku a předpokládané životnosti je nutno dbát technických zásad a doporučení výrobců izolací a zateplovacích systémů. Chyb při provedení je velké množství a mezi nejčastější a nejzávažnější patří:

- spáry mezi izolačními deskami nebo rohožemi (doporučené spáry pod 3 mm, větší spáry vyplňovat izolačním materiálem, nevyplňovat cementovým lepidlem!)
- nedostatečné množství a umístění kotev pro odolnost vůči namáhání větrem
- nezapuštění hmoždinek do izolantu, správně by měly být hmoždinky zapuštěny do izolantu a překryty zátkou ze stejné tepelné izolace
- prostupy pro vynesení stříšek, okapového svodu a jiné prostupy přímo procházející celou vrstvou izolantu – termicky vhodně oddělit
- stlačení vláknitých desek u izolací vkládaných do roštu (deska nemá izolační účinek jako v původní tloušťce)
- nedodržení doporučené tloušťky odvětrávaných mezer (střecha, fasáda)
- nerovnoměrná (nedostatečná rovinatost izolačních desek) či nedostatečná tloušťka omítkového systému a nedodržení zásad armování výztužnou tkaninou – způsobuje vytváření trhlin, zatékání a snížení životnosti
- nevhodné použití a umístění nasákových materiálů či dřevěných prvků, např. ve styku s terémem nebo v místě odstříkujícího deště
- nedostatečná ochrana proti povětrnosti během výstavby (ochrana před zatečením) a nepoužití konstrukční ochrany proti poškození povětrností (klempířské prvky, různé přípojovací a dilatační profily) nebo zvířaty (ochrana dutin mřížkami)

Samozřejmě zásad pro návrh a provedení je o mnoho více a zkušené stavební firmy by měly konkrétní postupy znát nebo se nechat pro daný systém proškolení. Klíčovou roli hraje i dobře zpracovaná projektová dokumentace a technický dozor, který by měl případné nejasnosti konzultovat s projektantem. Důležité je i zaškolení řemeslníků ohledně zásad řešení pasivních domů, jako je těsnost obálky, tepelné mosty apod. Náklady na dozor a kontrolní dny považují mnozí investoři za vyhozené peníze, bohužel částky za opravná řešení či znehodnocení některých prvků je pak mohou několikanásobně převýšit. Účinným prostředkem zajištění kvality a také ochrany práv stavebníka je technický dozor stavebníka.

TYPY TEPELNÝCH IZOLACÍ

Tepelných izolací je nepřeberné množství. Následující přehled izolací zdaleka není jejich vyčerpávajícím výčtem, ale je přehledem materiálů běžně dostupných a používaných v českém prostředí.

Expandovaný pěnový polystyren – EPS

Je nejrozšířenějším tepelným izolačním materiálem. Polystyren vzniká jako produkt polymerace styrenu. Následně je materiál tepelně zpracován a vypěňován do forem. Bloky se pak řežou na desky požadovaného rozměru. Dalším zpracováním se docílí samozhášivosti (přidávají se retardéry hoření). Ve stavitelství se používají čtyři základní varianty, které předurčují jeho použití.

Z (základní) – nízká přesnost desek, použití: podlahy

S (stabilizovaný) – používán ve střeších

F (fasádní) – vysoká přesnost desek (tolerance max. 2 mm/0,5 m), zejména pro kontaktní zateplovací systémy

Perimetr – desky jsou minimálně nasákové a mrazuvzdorné. Využívá se tam, kde by mohlo dojít ke kontaktu s vodou, např. izolace soklu.

Typ polystyrenu se označuje např. EPS 70 S. Číslo udává pevnost v tlaku v kPa. Běžně jsou k dostání polystyreny tříd 50, 70, 100, 150, 200 a 250, tedy pro použití od fasády až po podlahy a pochozí střechy.

Materiál běžně dosahuje hodnot deklarovaného součinitele tepelné vodivosti $\lambda_D = 0,036 \text{ W/(m.K)}$ pro EPS 100. Dnes se už častěji používá polystyren s příměsí grafitu, který dosahuje hodnot λ_D až $0,031 \text{ W/(m.K)}$. Výhodou je vyšší izolační schopnost při menší tloušťce. To je důležité jak u rekonstrukcí, kde nemůžeme navyšovat tloušťku stěny, tak i u novostaveb, kde se snažíme dosáhnout co nejlepších tepelné izolace při co nejmenší tloušťce.

Expandovaný polystyren nelze dlouhodobě vystavit vlhku ani účinkům UV záření a je omezená i jeho pevnost. U novostaveb se EPS upevňuje při dostatečně soudržném podkladním materiálu, rovinatosti a výšce objektu do 8 m nejčastěji celoplošným lepením bez mechanického kotvení. V ostatních případech a u rekonstrukcí je nutné desky mechanicky kotvit hmoždinkami. Běžné talířové hmoždinky procházející izolantem jsou dražší a kvůli nutnosti zapouštět je do izolantu a následně překrýt izolační zátkou i pracnější. Vhodnější je pak použít speciální talířové hmoždinky, tzv. lepicí kotvy, na které se izolační desky nalepí. Desky se i při větší tloušťce pokládají v jedné vrstvě. Mezi výhody polystyrenu patří nízká cena a snadná dostupnost, nevýhodou je nižší propustnost vodních par.



Obr. 5 Při montáži ETICS na bázi EPS lze na soudržný a rovný povrch do výšky 8 m celoplošně lepit bez kotvení. Na obrázku 30 cm EPS s přídavkem grafitu vápenopískové cihly. (Foto Kalksandstein)

Minerální vlna – MW

Po pěnovém polystyrenu jde o druhou nejrozšířenější tepelnou izolaci. Vyrábí se průmyslově tavením hornin. Surovinou pro výrobu je čedič nebo křemen a další sklotvorné příměsi. Značný podíl (i přes 80 %) může tvořit také recyklát. Název podle suroviny je potom kamenná nebo skelná vlna. Pojivem jsou nejčastěji fenol-formaldehydové pryskyřice, které někteří výrobci již nahrazují šetrnějšími a zdravotně nezávadnými alternativami. Desky jsou v celém objemu hydrofobizované, ale nelze je trvale vystavit vlhku. Běžně dosahují tepelné vodivosti λ_D mezi $0,035\text{--}0,040 \text{ W/(m.K)}$, se na trhu objevují i výrobky s nižšími hodnotami až $0,030$.

Předností je jednoznačně nehořlavost a odolnost vůči vysokým teplotám – používají se například v kombinaci s polystyrenem u panelových budov nad požárně dovolenou výškou nebo pro vytvoření protipožárních pásů. Další výhodou minerální vlny je její nízký difuzní odpor, a tím vysoká paropropustnost. Díky této vlastnosti se minerální vlna často úspěšně používá ve skladbách provětrávaných fasád (kde je požadována větší požární odolnost) nebo dvouplášťových střechech. Díky snadné tvarovatelnosti je také oblíbená na izolaci šikmých střechech.

Aplikace může probíhat buď klasicky kontaktním způsobem pomocí lepicí stěrky a kotvením, nebo vkládáním desek či foukáním rozvlákněného materiálu do připraveného roštu. Jako všechny

vláknité izolace je nasáková a je nutné ji správným návrhem a při aplikaci chránit před vlhkostí (např. nesmí být zabudována pod úroveň terénu, při montáži je nutné ji chránit proti promáčení deštěm či zatečením apod.). Právě díky nasákovosti se u vláknitých izolací více projevuje vliv vlhkosti na zhoršování hodnot tepelné vodivosti.

Celulóza

Jde o tepelnou izolaci z celulózových vláken, která se vyrábí metodou recyklace papíru. Ve výrobě je rozebráním a rozvlákněním papíru získáno celulózové vlákno, které je smícháno s přísadami zajišťujícími odolnost proti hnilobě, požáru a hlodavcům. Základními přísadami jsou boritany, fosforečnan amonný či síran hořečnatý, který je zdravotně i ekologicky nezávadný.

Celulóza se aplikuje pomocí strojního zařízení za sucha volným foukáním (například půdy) nebo objemovým plněním do připravených dutin stěn, střechech nebo stropů. Systém umožňuje izolovat bez spár i komplikovaná a těžko dostupná místa. Výhodou je, že při aplikaci nevznikají odřezky a jiný odpad. Při kalkulaci ceny je nutné počítat s koeficientem ztuhnutí při aplikaci do různých typů konstrukcí. U volného foukání se objemová hmotnost pohybuje od 30 kg/m^3 a je potřeba počítat se sesedáním asi 10 %. Při vyfoukávání dutin je objemová hmotnost vyšší, až po 70 kg/m^3 do vertikálních dutin, při které po správné aplikaci nedochází k sesedání.



Obr. 6 Celulóza se nejčastěji aplikuje volným foukáním nebo pod tlakem do uzavřených dutin. Výhodou je cena a rychlost aplikace.

Zde platí zásady, že vertikální dutiny musí být maximálně 3 m vysoké a asi 80 cm široké, aby došlo k potřebnému ztuhnutí v celém prostoru. K rozdělení komor se nejčastěji používá pevnější netkaná textilie nebo dělicí příčky tvořící nosník. Dutiny je nutné místo fólie uzavřít pevným materiálem, například OSB či DHF deskami, které se při aplikaci neprohnou a nesníží se tím např. tloušťka provětrávané mezery u fasády nebo střechech. Obdobné zásady platí i při aplikaci ostatních foukaných izolací (MW, EPS apod.).

Další forma aplikace celulózy je za mokra formou nástřiku na stěny nebo stropy v interiéru i exteriéru. Dle tloušťky až do 15 cm je celulóza smíchána s vodou nebo lepidlem.

Celulóza dosahuje podle způsobu aplikace a objemové hmotnosti hodnot $\lambda_D = 0,035\text{--}0,042 \text{ W/(m.K)}$. Izolace má nízký difuzní odpor a zajímavá je také hodnota měrné tepelné kapacity (tepelná setrvačnost), ta je oproti „umělé“ vyráběným izolacím dvojnásobná – 1907 J/(kg.K) .

Celulóza i ostatní izolace na přírodní bázi patří do kategorie kapilárně aktivních a pomocí buněčné struktury vlhkost váží a transportují. V praxi to znamená, že je méně náchylná na případný vnik vodních par do konstrukce, která se neshlukuje, ale je rozváděna a plošně odpařována. Kapilárně aktivní izolace se díky tomu používají například i na difuzně otevřené vnitřní zateplení u rekonstrukcí. Neznačená to, že nemusíme izolaci chránit před vlhkostí. Nasáknutá izolace, např. po zatečení nemůže vyschnout a je nutné ji vyměnit.

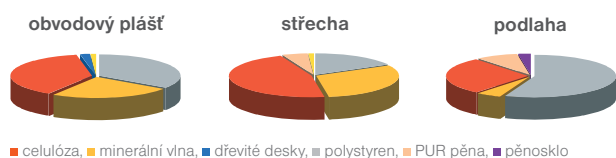
Izolace z dřevitých vláken, konopí a lnu

Desky z dřevitých vláken lze považovat za k přírodě šetrný materiál, při jejich výrobě je použito jen minimální množství lepidla. Mezi velkou výhodou patří mimořádně vysoká měrná tepelná kapacita (2100 J/(kg.K)), díky které má izolace větší schopnost zabraňovat přehřívání interiéru v letních měsících. Desky jsou dobře paropropustné a hodnota λ_D se pohybuje v rozmezí 0,038–0,050 W/(m.K). Desky z dřevitých vláken se využívají u dřevostaveb i jako pokladní vrstva pro omítku či další aplikace, jako jsou kročejová izolace či pojistná hydroizolace.



Obr. 7 Izolace z přírodních materiálů mají obdobné využití jako běžné izolace – vkládané do roštu nebo jako fasádní izolace s tenkovrstvým omítkovým systémem. (Foto A. Brotánek)

Podobné vlastnosti jako dřevitá vlákna mají také izolace z technického konopí a lnu.



Obr. 8 Porovnání použití jednotlivých druhů izolací v konstrukcích pasivních domů v Německu. (Zdroj: Passivhaus Institut)

Sláma

Obliba slaměných balíků jako tepelné izolace v poslední době roste zejména mezi ekologicky smýšlejícími stavebníky. Používá se často v kombinaci s dalšími přírodními materiály, jako jsou hliněné omítky a nepálené cihly. Fyzikální vlastnosti závisí z velké části na kvalitě a objemové hmotnosti slaměných balíků. Obecně je u slámy v porovnání s průmyslovými izolacemi potřeba počítat s vyšší pracností vzhledem k nerovnosti a rozměrově nepravidelnosti balíků a s tím spojeným vycpáváním. Kvalitně slisované slaměné balíky o objemové hmotnosti 90–110 kg/m³ dosahují hodnotu $\lambda_D = 0,052$ W/(m.K) při použití kolmo na stěbla. Slámu lze použít buď v kombinaci s nosnou stěnou, nebo může sama sláma sloužit jako nosná konstrukce. Izolace má ve spojení s hliněnou omítkou požární odolnost až 90 minut, vyhovuje proto všem typům konstrukcí. Velmi důležité je oddělení balíků od všech zdrojů vlhkosti omítkou nebo obkladem.

Vakuová izolace – VIP a aerogelová izolace

Vakuová izolace patří mezi tzv. high-tech izolační materiály. U nás se používá zřídka zejména kvůli vysoké ceně. Dodává se ve formě panelů obalených v metalizované fólii. Plnivo tvoří pyrogenní kyselina. Vnější ochrannou vrstvu fólie může tvořit plast, recyklovaná guma, EPS, plech a jiné. Po započítání vlivu okraje desek a vlivu stárnutí se ve výpočtu počítá s hodnotou $\lambda_D = 0,008$ W/(m.K). Při těchto hodnotách stačí použít k izolování stěny na úroveň pasivního domu pouze 6 cm tlustý panel. Aerogelové izolace tvoří nanoporézní materiál se základem v silicagelu. Ve stavebnictví se používá aerogel nanosený na tkaninu tloušťky 10 mm. Udávaná tepelná vodivost je $\lambda_D = 0,014$ W/(m.K).



Obr. 9 Vakuové panely nachází uplatnění zejména při řešení komplikovaných konstrukčních detailů, např. při zaizolování roletového boxu, podlahy na terase, podlahy u rekonstrukcí s omezenou světlou výškou apod. V zahraničí i u nás jsou však i realizace, kde byla provedena kompletní izolace domu pomocí systému vakuových panelů – fasáda, střecha, podlaha. Materiál nelze řezat a při aplikaci je nutné důsledně chránit obal před porušením.

Obr. 10 Aerogelové izolace slouží pro řešení problematických detailů, kde není možné použít větší tloušťky izolaci, například v místě parapetu nebo žaluziového boxu. Desky lze běžně opracovávat a kotvit.

Extrudovaný polystyren – XPS

Na první pohled jiný typ polystyrenu, který je barevně odlišen dle výrobce (modrý, zelený, žlutý, růžový, fialový, atd.) a lišící se od standardního bílého expandovaného polystyrenu jak způsobem výroby, tak i vlastnostmi. Extruzí čili protlačněním pěny získá extrudovaný polystyren (XPS) na rozdíl od EPS uzavřenou strukturu bez mezer. To dává XPS velmi dobré parametry, co se týče pevnosti v tlaku (únosnost), minimální nasákavosti a kapilarity s vazbou na stálost hodnoty součinitele tepelné vodivosti, která se pohybuje v intervalu 0,029–0,038 W/(m.K).

Obecně se rozdělují XPS dle níže uvedených kritérií:

- dle pevností v tlaku (kPa) – XPS 200, 250, 300, 500,
- dle povrchu – hladký, zdrsněný, protlačovaný,
- dle profilu hran – rovný, polodrážka, pero-drážka.

U pasivních domů se díky svým vlastnostem XPS nejčastěji používá při založení betonové desky na izolaci, v inverzní neboli obrácené skladbě ploché střechy (tedy i zelené střechy), dále při izolování základů, suterénu, soklu, podlahy a eliminaci tepelných mostů. Jako všechny pěno-plastické izolace povrchově degraduje UV zářením.



Obr. 11 Díky vysoké únosnosti a nenasákavosti je extrudovaný polystyren ideální pro použití například při založení betonové desky na izolaci. Tím je eliminován tepelný most v patě zdi a tepelná izolace probíhá kolem domu bez přerušení. (Foto DOW Europe, CPD)

Pěnový polyuretan – PUR

Polyuretan může být ve formě měkké pěny, která zlidověla pod označením molitan. Ve stavebnictví se ale používá téměř výhradně tvrdá polyuretanová pěna. Jde o účinnou tepelnou izolaci s velmi nízkým součinitelem tepelné vodivosti λ_D až pod hodnoty 0,025 W/(m.K). Aplikuje se buď přímo na místě stříkáním nebo litím, nebo je dodáván ve formě desek či tvarovek. Tvrdý pěnový polyuretan může mít i zvýšenou odolnost vůči tlaku a může být použit pro eliminaci tepelných mostů (např. práh u dveří) či jako kotvici tvarovky. Podobně jako polystyren nesnáší UV záření, a je nutné jej před ním chránit. Je potřeba také zmínit vyšší ener-

getickou náročnost a produkci škodlivin během procesu výroby. Také je diskutabilní obsah izokyanátů jakožto alergenů, které jsou přítomny u většiny materiálů na bázi polyuretanu.

Pěnové sklo

Materiál vzniká ztavením směsi skleněného a uhlíkového prášku. V nově vzniklém materiálu, který je vlastnostmi podobný sklu, se vytváří drobné bublinky, jejichž stěny jsou zcela uzavřené. Tím se docílí úplné nehořlavosti, nenásákavosti a parotěsnosti.

Ve formě desek se využívá především pro přerušení tepelného mostu, například u paty nosných stěn. Širšímu použití na stavbě brání jeho vysoká cena. Větší využití má pěnosklo v průmyslu, kde se aplikuje na podlahy či střechy s extrémním tlakovým namáháním. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje v závislosti na únosnosti mezi 0,040–0,050 W/(m.K). Při pokládce se desky lepí k napenetrovanému podkladu horkým asfaltem.

Dalším produktem je štěrk z pěnového skla, který se využívá zejména při zakládání domu na izolaci, což umožňuje dosáhnout celistvé izolační obálky bez tepelných mostů. Výhodou je jeho vysoká únosnost a nenásákavost. Při aplikaci je potřeba počítat s koeficientem ztuhnutí 1,2–1,4, při kterém dosahuje štěrk pěnového skla hodnotu $\lambda_D = 0,075–0,085$ W/(m.K). Pro pasivní domy tak potřebujeme vrstvu přibližně 500 mm ztuhlého skleněného štěrku.



Obr. 12 Štěrk z pěnového skla je často používán při zakládání betonové desky na izolaci. Na ztuhlé vrstvě pěnoskla se následně provede armovaná železobetonová deska. (Foto: Kalksandstein)

Tvrzená termoplastická pěna na bázi EPS

Materiál s hustotou 100–400 kg/m³ na bázi polymeru polystyrenu zolační podklad s velkou pevností. Ize díky vysoké pevnosti využít pro uložení vysoce zatěžovaných stavebních dílů v úrovni izolace (např. betonové prefabrikáty, schody, ocelové konzoly atd.), které musí být uloženy na úroveň izolace bez jejího přerušení. Dále se z materiálu vyrábějí prvky k montáži bez tepelných mostů ve všech vnějších izolovaných částech budov (např. zábradlí, přístřešky, okna, fasádní prvky atd.).

ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ IZOLACÍ

V tabulce je porovnání nejčastěji používaných tepelných izolací v pasivních domech, které jsou běžně k dostání na českém trhu. Pro porovnání ekologické stopy materiálů je uvedena i hodnota svázané primární energie (PEI), tzv. „šedá energie“. Je to množství spotřebované primární energie vynaložené ke získání suroviny, výrobě a dopravě materiálu v MJ/kg (1 MJ = cca. 0,27 kWh). Jde o jeden z faktorů ekologického hodnocení materiálů, které stále více nabývá na důležitosti. Další hodnoty jako emise CO₂ a SO₂ nejsou v tabulce uvedeny.

typ izolace	součinitel tepelné vodivosti λ_D	faktor difúzního odporu μ_n	doporučená tloušťka izolace **
	[W/(m.K)]	[-]	[mm]
cihla děrovaná	0,090	9	750
expandovaný polystyren EPS	0,031–0,040	40–100	300
extrudovaný polystyren XPS	0,029–0,038	100–200	280
pěnový polyuretan PUR	0,024–0,028	180–200	220
minerální vlna	0,030–0,042	1–3	300
pěnové sklo	0,040–0,050	70 000	
pěnové sklo štěrk	0,075–0,090	1	
vakuová izolace	0,008	> 100 000	60
celulóza	0,037–0,042	1–2	320
dřevité desky	0,038–0,046	5	330
desky na bázi konopí	0,040	1–4	320
sláma	cca 0,050–0,060	2–3	400

*) Hodnota součinitele tepelné vodivosti se mění s různou objemovou hmotností a tloušťkou. Uváděné hodnoty nejsou návrhové, ale deklarované. Dle typu izolantu a jeho použití je potřeba započítat vliv vlhkosti, která vede ke zhoršení tepelné izolačních vlastností zejména nasákavých materiálů.

**) Tloušťka izolace při vnějším zateplení masivní stavby na úrovni běžnou u pasivních domů – $U = 0,12$ W/(m².K). Nosnou vrstvu tvoří vápenopískové cihly tloušťky 175 mm (neuvažován vliv omítek). Pro zjednodušení a přehlednost je tato skladba uvažována i u materiálů, které se častěji používají u dřevostaveb.

ZÁVĚR

Při výběru tepelné izolace do skladby konstrukce je nutné pečlivě uvážit požadované vlastnosti izolace, které se u jednotlivých typů zásadně liší. Kritériem výběru kromě fyzikálních vlastností a ceny může být také ekologické hledisko. Správná funkce izolace závisí na promyšleném návrhu řešení konstrukce a také na precizním zabudování a kontrole na stavbě.



poradna@pasivnidomy.cz | +420 773 071 444 | www.pasivnidomy.cz

finanční podpora