Friderik Knez,
Zavod za gradbeništvo Slovenije

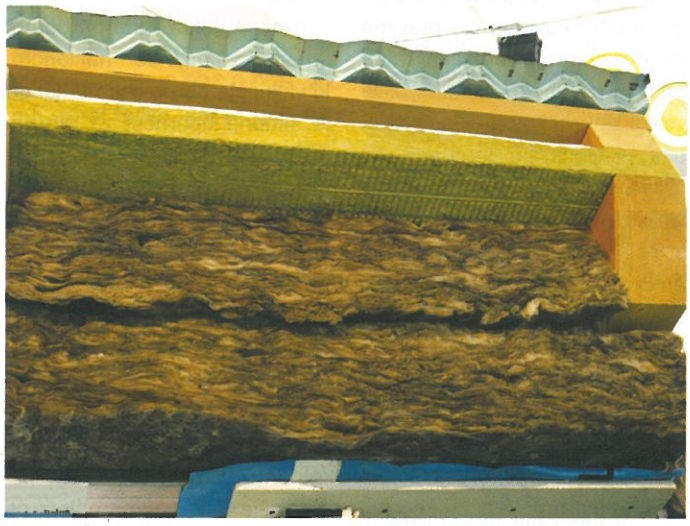
Toplotna izolacija v strehi

Streha predstavlja veliko obodno površino stavbe in zato predstavlja eno izmed ključnih točk pri reševanju toplotne zaščite ovoja. S stališča toplotnih izgub imamo na voljo več rešitev in materialov, vsaka pa zahteva preudarno izbiro in predvsem upoštevanje delovanja strehe.

Običajno lahko v streho vgradimo debele sloje toplotne izolacije da dosežemo nizko stacionarno toplotno prehodnost. Na trgu pa se pojavljajo tudi reflektivne toplotne izolacije, za katere nemalokrat zasledimo navedbe o izolacijski sposobnosti, ki pa jih moramo jemati z rezervo.

Ravne strehe - toplotna izolacija v jedru

Strehe lahko v splošnem razdelimo na ravne strehe in na poševne strehe. Ravne strehe imajo le minimalen naklon, poznamo pa jih v klasični in obrnjeni izvedbi. Sestava klasične ravne strehe vključuje parno zaporo na dnu konstrukcije, sledi toplotno izolacijski sloj, čezenj pa je nameščen hidroizolacijski sloj. Toplotna izolacija takih streh je navadno mineralna volna, lahko pa tudi drugi materiali (EPS ali tudi XPS). Pogosta napaka, ki se pri takih strehah pojavlja, je, da na njih ni transportne poti. Na strehi so namreč pogosto nameščeni klimatske naprave ali kakšna druga težka oprema, ali pa je v fazi končevanja strehe na njej veliko dela. Posledično lahko pride na sloju toplotne izolacije do mehanskih poškodb in nepravilnosti v strehi, tudi in predvsem v fazi nameščanja opreme na streho. Redkeje se zgodi, da gre za mehansko neustrezen material. V vsakem primeru pa je pri takih strehah potrebno paziti na mehanske obremenitve.



Izolacija strehe s kameno volno

Pri ravnih strehah s toplotno izolacijskim slojem iz mineralne volne obstaja še problem difuzijskega navlaževanja. Ta sicer ni rezerviran za mineralno volno, težava pa je v tem, da mineralna volna, če je mokra in izpostavljena višji temperaturi, izgublja pri mehanskih lastnostih, lahko tudi 50 odstotkov. Vendar so tu med različnimi izdelki in proizvajalci, sodeč po podatkih iz meritev, kar precejšnje razlike, zato pri investiciji ni odveč postaviti tudi to vprašanje, torej kakšna je trdnost v mokrem oziroma vlažnem okolju.

Problem navlaževanja je pri ravni strehi, ki ima v jedru toplotno izolacijo iz XPS, manjši. Strehe z XPS so lahko izvedene tudi kot obrnjene strehe, kjer je toplotna izolacija nad vodotesno membrano. XPS ima načeloma dovolj nizko vodovpojnost, da je taka izvedba mogoča. Pri teh

Prikaz izolacije strehe z vpihanimi celuloznimi kosmiči

Prvi tip izolacij se v strehah ne pojavlja, ker je cenovno nekonkurenčen, redukcija debeline pa ni tako izrazita. Drugi tip, to so vakuumske izolacije, je za izdelavo streh velikih površin precej nepraktičen in spet predrag za uporabo. Lahko pa je zelo zanimiv za primere, ko na voljo nimamo višine, npr. pri terasah. Tretji tip - nanoporozne toplotne izolacije - je v gradbeništvu redkost, spet zaradi cene. Velika prednost teh izolacij je, da gre za material s toplotno prevodnostjo reda velikosti 0,015 W/mK ob normalnih pogojih, ob neobčutljivosti za rokovanje.

Kaj je skrivnost nanoporoznih izolacij? Gre za materiale, ki jih dobimo iz gelov. Za tekočinsko komponento izberemo tekočino, ki omogoča superkritični fazni prehod pri tehnološko normalnih razmerah. Če npr. zmešamo siliko z alkoholom, dobimo gel. Tega lahko potem izpostavimo seriji pogojev tako, da dobimo s superkritični fazni prehod. Pri tem alkohol izpari, trdna struktura pa se ne skrči. Lahko si predstavljamo, da si vsaka molekula utre svojo pot na prost in s tem tvori labirint nanopor. Taka predstava je fizikalno sicer napačna. V tako nastale nanopore vdre zrak, vendar pa so pore tako majhne, da molekule zraka med sabo ne trkajo pogosto. S tem se močno zmanjša prevajanje toplote po zraku. Prevajanje toplote po rešetki pa je tudi omejeno. Tako dobimo material, ki ima nizko toplotno prevodnost vgrajeno v svojo strukturo. Če zagotovimo še termodinamsko stabilnost strukture in preprečimo, da se nanopore sčasoma združujejo v večje pore, dobimo odličen toplotni izolator.

Reflektivne toplotne izolacije

Okrog reflektivnih toplotnih izolacij je veliko informacij, ki so lahko precej zavajajoče. Pri teh izolacijah ne gre za nizko toplotno prevodnost jedra, temveč za učinek refleksije toplotnega sevanja. Pri tem sodeluje celotna votlina v strešni konstrukciji in zato deklariranje toplotne prevodnosti ni korektno - deklarirati je možno le toplotno upornost. K tej prispeva jedro izolacije in zmanjšana toplotna prestopnost na izolacijo in iz izolacije.

Toplotna prevodnost jedra reflektivne toplotne izolacije je reda velikosti 0,026-0,028 W/mK, torej toliko, kot je toplotna prevodnost zraka. Podobno vrednost dosega tudi EPS z grafitnim dodatkom (t.i. neopor), ki ima isto funkcijo, kot jo imajo aluminijaste folije v reflektivnih izolacijah. K izolativnosti pripomore še povečana toplotna upornost zračne plasti pod in nad izolacijo. Vse to zmanjšuje prehod toplote in če ves učinek pripišemo zgolj jedru, lahko res pridemo do zelo nizkih vrednosti toplotne prevodnosti. Vendar je to fizikalno nekorektno in lahko zavajajoče. Zato pri reflektivnih izolacijah ne moremo smiselno govoriti o toplotni prevodnosti.

Reflektivne folije (izolacije) imajo še eno lastnost, in sicer to, da praktično povsem preprečujejo difuzijo vodne pare ali konvekcijske izgube zaradi toka zraka skozi izolacijo. Vendar spet tega učinka ne moremo pripisati izolaciji, temveč tesnosti konstrukcije. Tako so morda reflektivne izolacije zaradi klasične obravnave nekoliko podcenjene, vsekakor pa trditve, da je toplotne prevodnost »nekajkrat nižja od klasičnih izolacij« ne držijo.

Omeniti še velja, da za reflektivne izolacije še ne obstaja harmonizirani standard za proizvod, zato se zanje izdaja evropska tehnična ocena ali pa slovensko tehnično soglasje. Oba dokumenta obravnavata te vrste izolacij na fizikalno pravilen način, torej le z navedbo toplotne upornosti.

Reflektivna toplotna izolacija

Zaključek

Streha je torej zelo pomemben del ovoja stavbe. S stališča toplotnih izgub imamo na voljo več rešitev in materialov, vsaka pa zahteva preudarno izbiro in predvsem upoštevanje delovanja strehe. Današnji nivo znanja brez dvoma omogoča izdelavo neproblematičnih in kakovostnih ter zelo izolativnih streh. Seveda pa je veliko v detajlih. G

ZAG ZAVOD ZA GRADBENIŠTVO SLOVENIJE

Sejem Dom 10.-15. marec Gospodarsko razstavišče

Zavod za gradbeništvo Slovenije se predstavlja na Sejmu DOM 2015

Obiščite nas na našem razstavnem prostoru v Dvorani D – Fontana

Od torka do sobote	13:00 - 18:00	Energetska izkaznica
Torek, 10. marec	09:30 - 13:00	Geotehnika pri stanovanjski gradnji
Sreda, 11. marec	09:30 - 13:00	Nosilna konstrukcija in potresna odpornost stavb
Četrtek, 12. marec	09:30 - 13:00	Dajanje gradbenih proizvodov na trg
Petek, 13. marec	09:30 - 13:00	Materiali v gradbeništvu

Več informacij dobite na: T: 01/ 28 04 529 ali E: ema.kemperle@zag.si

www.zag.si, info@zag.si

strehah pa lahko nastopi problem skupne teže strehe. Namreč, te strehe zahtevajo obtežitev kot zaščito pred vetrom in tudi pred vzgonskim dvigom za primer, ko voda ne bi dovolj hitro odtekala s strehe. Obtežitev največkrat izvedemo s prodcem. Če želimo preprečiti vzgonski dvig, mora biti sloj prodca debel vsaj pol toliko, kot je debelina toplotne izolacije. Pri sodobnih strehah je to hitro 15 cm, kar pa že predstavlja znatno težo na strehi.

Kombinirana streha združuje najboljše obeh variant. Spodnji del strehe je tu izveden kot klasična streha, zgornji, navadno tanjši, pa kot obrnjena streha. Taka streha je na eni strani suha, na drugi pa je kritina zaščitena pred temperaturnimi obremenitvami. Žal pa je taka izvedba navadno dražja in se zato redkeje uporablja.

Skupno vsem ravnim streham pa je potreba po izraziti skrbi pri izvedbi detajlov, saj ravna streha ne dopušča površnosti. Posebna pazljivost je potrebna pri zaključkih, nameščanju ločilnih slojev tam kjer so potrebni, in seveda zadostni parni zapori.

Streha in difuzija vodne pare

Poševno streho največkrat izvajamo z mehko toplotno izolacijo med špirovci (kamena ali steklena volna), vse pogosteje pa tudi z vpihovanjem celulozne izolacije. Na toplo stran konstrukcije v večini primerov dodamo še en sloj, navadno cca 5 cm debel. Ta sloj ima več funkcij - poleg toplotne izolacije predstavlja tudi inštalacijsko ravnino.

Sestava ravne strehe

Parno oviro v takih konstrukcijah namestimo na špirovce, torej tako, da je celotna inštalacijska ravnina pred parno oviro. Pri debelinah toplotne izolacije, kot jih uporabljamo danes, je to s stališča gradbene fizike netvegana postavitev. Kot nepisano pravilo namreč lahko upoštevamo, da težav s kondenzacijo pri konstrukcijah, ki so proti zunanjosti bolj ali manj odprte ne bo, če je debelina izolacija za parno oviro vsaj trikrat večja, kot debelina pred njo.

V sestavo poševne strehe pride tudi sloj sekundarne kritine. Ta naj bi bil difuzijsko čim bolj odprt. Izveden je lahko s paroprepustno folijo, vse bolj pa se uveljavljajo tudi lesno vlaknene plošče z dvojno funkcijo - kot sekundarna kritina in kot dodaten toplotno izolacijski sloj, čeprav je izolativnost teh plošč kar precej nižja od izolativnosti toplotnih izolacij.

Pri strehah, predvsem pri poševnih, a tudi pri ravnih, se pogosto pojavi tudi problem prezračevalnega sloja. Ta mora biti dovolj velik, da omogoča zadostno prezračevanje, tok zraka pa mora biti neoviran. Na pravilno dimenzioniranje preseka vstopnih in izstopnih površin vpliva veliko dejavnikov: naklon, parni tlak (vlažnost in temperatura) v spodaj ležečih prostorih, dolžina strešine in tudi orientacija strešine, izpostavljenost vetru, prepustnost kritine itd. Zato zelo splošnih in natančnih pravil ni mogoče enostavno podati. Vseeno pa velja, naj prezračevana strešina ni daljša od 10 m ter da naj bi bil prezračevalni sloj visok 4 cm ter brez prečnih ovir. Po potrebi lahko tudi izračunamo potrebno velikost vstopnih odprtin

Pohodna ravna streha

(Z) za zrak v podkonstrukcijo po formuli:

$$Z = \frac{g\,A_u}{0{,}26\,r_u v_l}$$

- **g** tok vodne pare (g/m²h) in ga lahko izračunamo tudi kot g = 0,667(p_i-0,62), pri čemer je pi notranji parni tlak (p_i = 1,332 kPa pri 22 °C in 50-odstotni relativni vlažnosti zraka) oziroma g = 0,475 pri 22 °C in 50-odstotni relativni vlažnosti zraka
- **A_u** površina strehe
- **r_u** difuzijska upornost (m) strešne konstrukcije in
- **v_L** hitrost zraka v podkonstrukciji; ta znaša npr. pri naklonu 0°: 8 m/h, pri naklonu 10°: 180 m/h, pri naklonu 20°: 324 m/h in pri naklonu 30°: 468 m/h.

Izračun pokaže, da pri dolžini strešine 10 m, s 30° naklonom, ki vključuje parno oviro tako, da je skupna upornost za difuzijo vodne pare 2,5 m, zadošča že sloj višine 2 cm prostega *preseka*. Izračun torej dovolj dobro sovpada z zgoraj napisanim pravilom sloja višine 4 cm.

Materiali za toplotne izolacije

V strehah uporabljamo veliko različnih toplotno izolacijskih materialov. Tu jih ne bom podrobneje opisoval, omenjam pa dve varianti, ki sta manj znani.

Superizolacije

V razvoju materialov se pojavljajo tudi novi materiali prihodnosti, s toplotno prevodnostjo nižjo od 0,026 W/mK, kolikor znaša toplotna prevodnost zraka. Prav ta je naravna meja za makroskopske materiale - če naletimo na deklarirane vrednosti pod 0,026 W/mK, se moramo vprašati, kaj je na materialu tako posebnega, da bi to bilo mogoče. To velja tako za poševne strehe, za ravne strehe, sendvič panele itd. Skratka za vse vrste streh.

Danes so znane tri generične možnosti, s katerimi lahko dosežemo toplotno prevodnost nižjo od 0,026 W/mK. To so:

1) toplotne izolacije, ki imajo v celični strukturi trajno ujet plin z nižjo toplotno prevodnostjo, kot je toplotna prevodnost zraka,
2) toplotne izolacije z vakumiranim jedrom in
3) nanoporozne toplotne izolacije.

Superizolacija - aerogel (Wikipedia)