

EKONOMIČNA DEBELINA TOPLOTNOIZOLACIJSKIH SLOJEV V RAVNIH STREHAH

ECONOMICAL THICKNESS OF THERMAL INSULATION LAYERS IN FLAT ROOFS

dr. Roman Kunič, univ. dipl. inž. grad.

FRAGMAT TIM, d. d., Raziskave in razvoj

Znanstveni članek

UDK: 692.4:699.86

prof. dr. Aleš Krainer

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – FGG

Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente – KSKE

Povzetek | Gradbeništvo je v bruto nacionalnem dohodku udeleženo v praktično vseh državah z vsaj desetimi odstotki, hkrati pa sta poraba materialov, surovin in energije ter količina odpadkov v celotni življenjski dobi objektov celo 40 % svetovnih količin. Zato moramo večji poudarek posvečati varčevanju z neobnovljivimi viri energije, zmanjševanju porabe surovin in drugih resursov, varovanju okolja, planiranju recikliranja in skrbi ter upravljanju z odpadki, ki nastopajo kot rezultat zaključka življenjske dobe ali odstranitve objektov. Z namenom po povezavi med življenjsko dobo in vrednotenjem ekonomske učinkovitosti je bila izdelana primerjalna ekonomska analiza vrednotenja stroškov v življenjskem ciklusu sistemov ravnih streh, kjer sta bili za cilj izbrani temeljita analiza vplivov različnih debelin toplotne izolacije in priprava instrumentarija za ekonomsko vrednotenje stroškov v življenjskem ciklusu. Z vidika stroškov po metodi neto sedanje vrednosti (NSV) so v življenjskem ciklusu primerjani vplivi različnih debelin toplotnih izolacij v dveh različnih, vendar tipičnih konstrukcijskih sklopih ravnih streh.

Summary | The building industry represents at least 10 % of the gross domestic product in practically all the countries and, at the same time, the raw material and energy use and the quantity of waste material in the entire life cycle of a building represent as much as 40 % of all global quantities. More emphasis should therefore be given to energy savings, renewable energy sources, minimizing the use of raw materials and other resources, environmental protection, the planning of recycling and the management of waste material. Increasing intensive impacts of society on the environment encourage awareness and indicate requirements of energy savings and environmental protection. The primary objective of the analysis is to define the connection with the economical efficiency, called Net Present Value method (NPV), where different, but typical flat roof constructional complexes will be examined, and also the impacts of different thermal insulation thicknesses will be assessed.

1 • UVOD

1.1 Diskontiranje, diskontna stopnja in neto sedanja vrednost (NSV)

Stroške in koristi, ki nastajajo v različnih obdobjih, je treba diskontirati. Diskontiranje

je postopek določevanja sedanje vrednosti prihodnjih denarnih tokov, kjer prilagodimo prihodnje vrednosti stroškov ali koristi na današnjo raven z uporabo diskontne stop-

nje. Diskontna stopnja pomeni, v kolikšni meri so posamezni prihodnji zneski danes manj vredni, odvisno od tega, kako daleč je realizacija posameznih zneskov časovno odmaknjena, ter od diskontne stopnje, ki jo uporabljamo. Čim dlje v prihodnost so odmaknjeni posamezni zneski in čim višja je diskontna stopnja, tem manjša je njihova sedanja vred-

nost (Mansfield, 1993). Diskontni faktorji so v običajnih razmerah manjši od 1,0.

Neto sedanja vrednost (NSV, angl. Net Present Value – NPV) je izredno učinkovita in razširjena metoda v vseh oblikah napovedovanj v ekonomiji. Zelo pomembna prednost te metode je, da življenjsko ali služno dobo izdelka ali sistema enostavno prevedemo v ekonomske kazalnike. Metoda omogoča primerjavo celotnih stroškov investicije, pridobivanja surovin, izdelave gradbenih materialov, transporta, izgradnje, uporabe, vzdrževanja, zamenjave, adaptacije, rekonstrukcije, obnove, rušenja, odstranitve, recikliranja in deponiranja v celotnem življenjskem obdobju. Da bi dobili normalna prioriteta razmerja, je treba cene, odlive in prilive, prevrednotiti – transponirati

na raven sedanjih cen. NSV odpravlja slabosti stacionarnega pristopa tako, da ocenjuje stroške in doprinose v prihodnjih letih tako, da jih diskontira (prevede) na sedanjo vrednost. Metoda upošteva dejstvo, da je koristnost enega evra danes večja, kakor enega evra jutri (Mansfield, 1993).

Neto sedanjo vrednost (NSV) določimo po enačbi:

$$NSV = NSV_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FT_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Kjer predstavlja:

NSV₀ začetni ali nabavni stroški (€)
FT_t stroški obratovanja ali finančni tok (strošek ali priliv) v času t (€)

n število let (–)
r letna diskontna stopnja (%)
(1/(1+r)^t) finančni diskontni faktor za diskontiranje finančnega toka v času t (–)

Zelo pogosta napaka ekonomskega vrednotenja posameznih poslovnih odločitev je izbira materiala ali celotnega sistema samo na podlagi začetnih stroškov investicije (material, gradnja in s tem povezani stroški). Velikokrat se izkaže, da najugodnejši sistem po nabavni ceni predstavlja izredno drago izbiro zaradi dragega vzdrževanja, kratke življenjske dobe in visokih stroškov energije (Krainer, 1977).

2 • PRIMERI VREDNOTENJA STROŠKOV V ŽIVLJENJSKEM CIKLUSU

Izvedli smo kritično presojo sistemov ravnih streh z analizo primerjave ekonomskega vrednotenja stroškov v življenjskem ciklusu.

Ekonomična debelina toplotne izolacije določenega konstrukcijskega sklopa je tista debelina, pri kateri dosežemo minimalno neto sedanjo vrednost v celotni pričakovani življenjski dobi ob določeni ceni energije, ceni toplotnih

izolacij, višini diskontne stopnje in trendu podražitev energije.

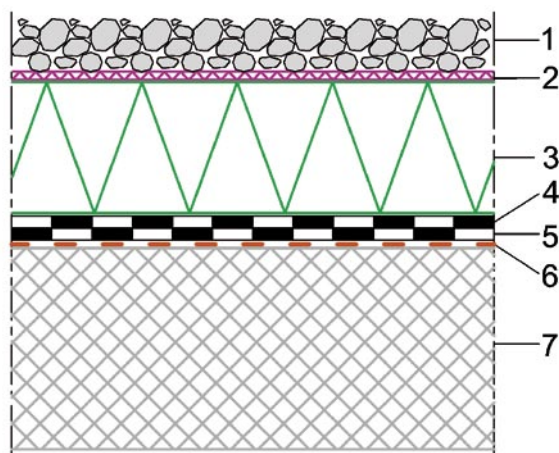
2.1 Opis obeh analiziranih konstrukcijskih sklopov ravnih streh

Ker se debeline toplotnoizolacijskih plasti ravne strehe povečujejo – v skladu z novo zahtevo v pravilniku (Pravilnik, 2008) –, znaša

toplotna prehodnost največ 0,20 W/(m²K), kar predstavlja v primeru tipičnih konstrukcijskih sklopov najpogostejšo minimalno debelino toplotnih izolacij 18 cm, so izvedbe obrnjenih ravnih streh s toplotnoizolacijsko plastjo, izpostavljeno vremenskim vplivom, vse manj ekonomične, tehnično težko izvedljive in zaradi višje cene izolacij ekonomsko neupravičene.

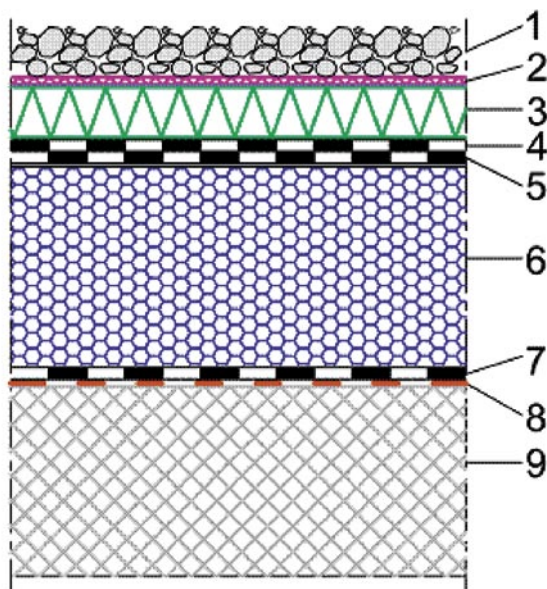
2.1.1 Obrnjena ravna streha

Pri obrnjeni ravni strehi je hidroizolacijska plast pod plastjo toplotne izolacije, ki je



1. Prodec frakcije 16 do 32 mm, minimalne debeline 5 cm, tudi preprečitev vzgona
2. Drenajni, filtrski in ločilni sloj (poliestrski filc 200 g/m²)
3. Toplotna izolacija iz ekstrudiranega polistirena XPS, v skladu s SIST EN 13164
4. Bitumenski varilni trak popolno privarjen na predhodni sloj, v skladu s SIST EN 13707 tip T in SIST 1031
5. Bitumenski varilni trak popolno privarjen na podlago, v skladu s SIST EN 13707 tip T in SIST 1031
6. Hladen bitumenski premaz
7. Nosilna konstrukcija v naklonu

Slika 1 • Primer tipične sestave obrnjene ravne strehe



1. Prodec frakcije 16 do 32 mm, minimalne debeline 5 cm, tudi preprečitev vzgona
2. Drenažni, filterni in ločilni sloj (poliestrski filc 200 g/m²)
3. Toplotna izolacija iz ekstrudiranega polistirena XPS, v skladu s SIST EN 13164
4. Bitumenski varilni trak popolno privarjen na predhodni sloj, v skladu s SIST EN 13707 tip T in SIST 1031
5. Samolepilni bitumenski trak hladno prilepljen na toplotno izolacijo, v skladu s SIST EN 13707 top T in SIST 1031
6. Toplotna izolacija iz ekspandiranega polistirena EPS, v skladu s SIST EN 13163
7. Parna zapora, samolepilni bitumenski trak hladno prilepljen na podlago, v skladu s SIST EN 13970 in SIST 1031
8. Hladen bitumenski premaz
9. Nosilna konstrukcija v naklonu

Slika 2 • Primer tipične sestave kombinirane ravne strehe

tako izpostavljena vremenskim vplivom, med katerimi so predvsem problematične vlaga, voda in zmrzal. Prednosti takšne rešitve so predvsem v tem, da ni potreben dodaten sloj parne zapore (to funkcijo opravlja kar sloj hidroizolacije) in da so plasti hidroizolacije dobro zaščitene pred vremenskimi vplivi; v prvi vrsti pred temperaturnimi spremembami (ne samo sezonske, ampak tudi dnevne ali celo hitrejšie spremembe – npr. po nalivu) in pred sončnim sevanjem. Slabosti so predvsem v zmanjševanju toplotnoizolacijskih sposobnosti plošč in slojev, ki so izpostavljeni stalni prisotnosti vlage in vode (nekateri predpisi zato zahtevajo povečano debelino toplotne izolacije), težavam z izvedbo, visoki ceni izredno velikih debelin toplotnoizolacijskih plošč (večje debeline plošč XPS so zaradi specifičnosti proizvodnega procesa na enoto prostornine precej dražje od tanjših plošč), težavam stikovanja in pojavom rež med ploščami, posebej v primeru neravnih površin, ki pa prepogosto nastopajo v gradbeni praksi.

Poleg tega obrnjene lahke strehe ni moč izvesti nad lahko konstrukcijo, ne smemo izvesti toplotne izolacije v več plasteh (v tem primeru bi sloj vlage med ploščami ustvaril paronepropusten sloj, ki bi preprečeval prehod pare in s tem onemogočal izsuševanje spodnjih plasti) in predvsem zaradi težav ob nujni dodatni obtežbi, ki je potrebna za preprečevanje vzgona in s tem plavanja izolacijskih plošč (pri 15 cm debeli plasti toplotne izolacije potrebujemo vsaj 165 kg/m² in pri 25 cm debeli plasti vsaj 275 kg/m² obtežbe zaščitne plasti, kar predstavlja v primeru najpogostejših zaščit kar 12 oziroma 20 cm debele plasti prane prodca).

2.1.2 Kombinirana ravna streha

Sestavljena je kot kombinacija običajne neprezračevane strehe (ali tople strehe) in nad njo nameščene pred tem opisane obrnjene ravne strehe (Busse, 1992). Torej gre za običajno toplo in neprezračevano streho, nad katero je nadgrajena – bodisi v primerih novogradenj in še pogosteje v primerih raznih

sanacij ali adaptacij – obrnjena ravna streha. Velika prednost takšne rešitve je v tem, da zajema prednosti obeh ravnih streh: tako klasične neprezračevane kot tudi obrnjene ravne strehe. Z gradbeno-fizikalnega stališča je ta način izvedbe gotovo najboljša rešitev. To potrjujejo tudi izkušnje, žal pa velja takšna rešitev zaradi velikega števila slojev za drago izbiro. V študiji želimo ugotoviti, ali je takšna, torej boljše ravna streha, tudi dražja – tako v pogledu takojšnje investicije kot tudi med uporabo v življenjski dobi, predvsem za večje debeline toplotnih izolacij, ki v zadnjem času nastopajo.

2.2 Robni pogoji in predpostavke

Stroški gradnje, stroški vzdrževanja, stroški porabe energije v življenjski dobi, kakovost bivanja in nivo splošne kakovosti ravnih streh so odvisni od naslednjih spremenljivk:

- debeline toplotne izolacije,
- kakovosti zaključnih in zaščitnih slojev,
- velikosti ravne strehe in sestave konstrukcijskega sklopa,

- kakovosti oblikovanja, načrtovanja in projektiranja,
- kakovosti vgrajevanja, natančnosti izvedbe detajlov in priključkov ter kakovosti vgrajenih materialov,
- letnega časa in vremenskih razmer ob vgradnji,
- lokacije objekta, temperaturnih primanjkljajev za to lokacijo kot tudi mikroklima lokacije z vsemi možnimi zastiranjimi, senčenji in izpostavljenosti vetru,
- stroškov dela vgradnje in energije, potrebne za vgradnjo,
- stroškov periodičnih pregledov in rednega vzdrževanja.

Glede na izredno število spremenljivk in s ciljem po čim verodostojnejših podatkih in posledično zanesljivih rezultatih smo upoštevali naslednje metodološke predpostavke in robne pogoje:

- iz podatkov o lokaciji objekta (Ljubljana, temperaturni primanjkljaj 3300 K dan, projektna temperatura -13°C , notranja projektna temperatura $+20^{\circ}\text{C}$, ogrevalna sezona 265

dni), iz karakteristik konstrukcijskega sklopa smo v skladu s standardi ((SIST EN ISO 13790), (SIST EN ISO 13789), (SIST EN ISO 6946)) ter s pomočjo računalniškega programskega orodja (Krainer, 2009) izračunali specifične izgube toplotne energije in posredno vrednosti teh specifičnih toplotnih izgub na enoto površine (m^2). Stroški teh izgub v ogrevalni sezoni – brez stroškov ogrevanja sanitarne vode in stroškov ohlajevanja ali klimatizacij – so nam koristili pri ekonomskem vrednotenju različnih debelin slojev toplotnih izolacij v obeh primerih konstrukcijskih sklopov ravne strehe;

- vrednost toplotne prevodnosti izolacijskih materialov je predpostavljena kot $0,038 \text{ W}/(\text{mK})$, kar je do 15 % slabša vrednost, kot jo navajajo mnogi proizvajalci. S tem smo želeli doseči realne razmere v naravi v primerjavi z razmerami v idealnih ali laboratorijskih pogojih;
- kot nosilni zid je upoštevana armiranobetonska plošča debeline 20 cm;
- sedanja predpostavljena cena energije je $0,11 \text{ €/kWh}$, cena energije že vključuje

izkoristek kurišča in izgube ob prenosu energije;

- privzeta je diskontna mera 5 %;
- oba konstrukcijska sklopa sta oblikovana tako, da dosežeta predvideno življenjsko dobo 60 let z dvakratno vmesno obnovitvijo (preplastitvijo) po 20. letu in po 40. letu uporabe;
- kombinirana ravna streha je sestavljena iz 80 % debeline toplotne izolacije v klasični, to je topli strehi (uporabljen je EPS – ekspanzirani polistiren), in 20 % debeline toplotne izolacije v slojih obrnjene strehe (vremenskim vplivom je izpostavljen ekstrudirani polistiren – XPS).

Z zgoraj omenjenimi predpostavkami smo želeli doseči čim verodostojnejše podatke, zajeti vse možne vplive v čim realnejši intenziteti in izmed mnogih analiziranih različic sestav konstrukcijskih sklopov ravnih streh izbrati najbolj tipične primere ne glede na to, kako bi ti kazalniki kasneje vplivali na rezultate in s tem na naša pričakovanja ali praktične izkušnje.

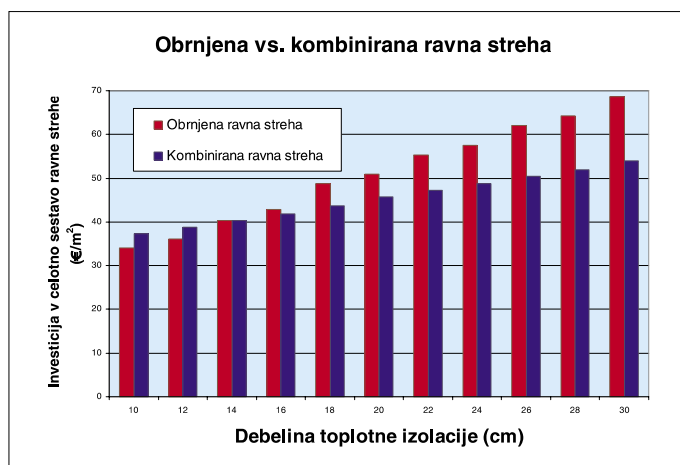
3 • REZULTATI IN NJIHOVO VREDNOTENJE

Izvajali smo analize primerov različnih sestav omenjenih ravnih streh. Izmed vseh smo izbrali najbolj tipične in njihove rezultate predstavili po specifični enoti površine (m^2 ravne strehe). Slika 3 prikazuje investicijsko vrednost obrnjene in kombinirane ravne strehe. Investicija v kombinirano ravno streho je pri

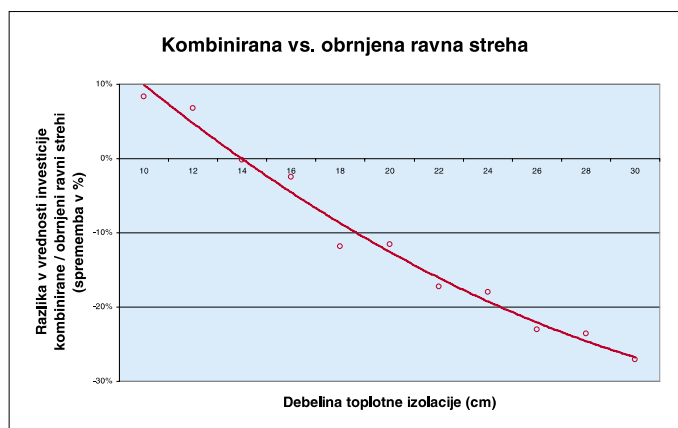
manjših debelinah toplotne izolacije višja, vendar postane z gradbeno-fizikalnega vidika kombinirana ravna streha boljše rešitev, in kar je še posebej pomembno – pri večjih skupnih debelinah toplotne izolacije celo cenejša. Ta prelom se zgodi pri debelini približno 14 cm.

Razliko v ceni investicije med obema sistemoma ravnih streh ponazarja slika 4. Nad debelino 14 cm je kombinirana ravna streha cenejša od obrnjene, in sicer pri skupni debelini toplotne izolacije 20 cm za 11,6 % in pri debelini toplotne izolacije 30 cm je investicijska vrednost v kombinirano ravno streho celo za 27 % nižja.

V skladu s prikazanima slikama so stroški izvedbe (vsi materiali, delo in transporti) pri skupni debelini toplotne izolacije 14 cm v

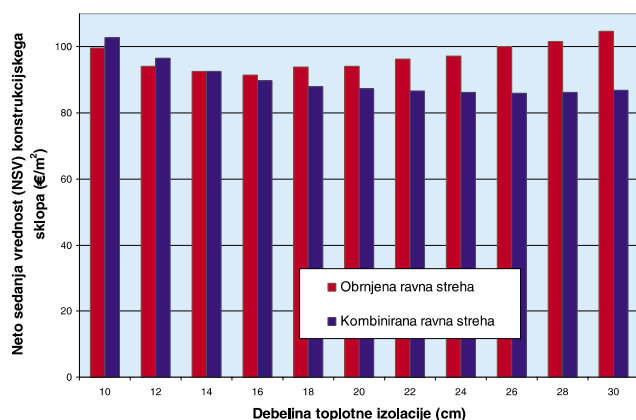


Slika 3 • Vrednost investicije (NSV₀) v obrnjeno in kombinirano ravno streho v odvisnosti od skupne debeline toplotne izolacije



Slika 4 • Razlika v vrednosti investicije (NSV₀) v kombinirano proti investiciji v obrnjeno ravno streho, izražena v odstotkih. V primeru skupne debeline toplotne izolacije več kot 14 cm je investicijska vrednost v kombinirano ravno streho nižja od investicije v obrnjeno ravno streho

Obrnjena vs. kombinirana ravna streha



Slika 5 • Neto sedanja vrednost (NSV) celotnega konstrukcijskega sklopa dveh različnih rešitev ravnih streh v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od skupne debeline toplotne izolacije

primeru obrnjene in kombinirane ravne strehe enaki. Nad to skupno debelino (v kombinirani ravni strehi je privzeto 80 % debeline EPS pod hidroizolacijsko plastjo in 20 % skupne debeline z XPS nad hidroizolacijo) pa izkazuje kombinirana ravna streha veliko večjo ekonomičnost že za samo vrednost investicije (NSV₀). Hkrati pa takšna streha združuje vse prednosti klasične (neprezračevane) tople in obrnjene ravne strehe in je tako že s tehnološkega in tudi gradbeno-fizikalnega pogleda boljša rešitev.

Neto sedanja vrednost (NSV) obeh konstrukcijskih sklopov ravnih streh v življenjski

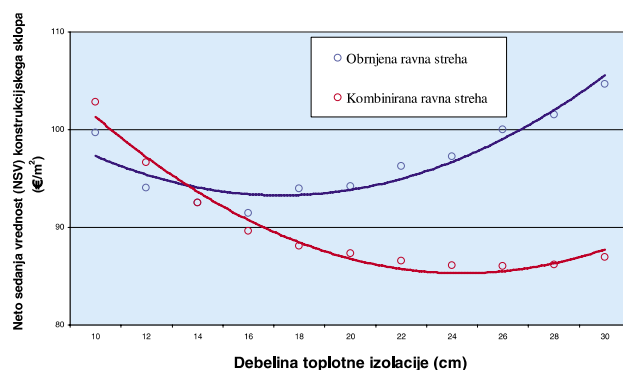
dobi je prikazana na slikah 5 in 6 ter prikaz razdeljene NSV na investicijsko vrednost, vrednost toplotnih izgub in stroškov vzdrževanja v predpostavljeno šestdesetletni življenjski dobi na slikah 7 in 8. Podobno kot pri stroških investicije se tudi v teh primerih neto sedanji vrednosti (NSV) obeh ravnih streh izenačita pri skupni debelini toplotne izolacije 14 cm, vendar se minimumi v NSV dogodijo pri različnih vrednostih: pri obrnjeni ravni strehi že pri 16 cm in pri kombinirani ravni strehi pri 26 cm debeli plasti toplotne izolacije. NSV kombinirane ravne strehe je pri 26 cm debeli plasti toplotne izolacije

za kar 16,2 % nižji od NSV obrnjene ravne strehe.

Na investicijsko vrednost, vrednost toplotnih izgub v ogrevalni sezoni in stroške vzdrževanja (dvakratna obnovitev v življenjski dobi) razdeljeno neto sedanjo vrednost v šestdesetletni življenjski dobi prikazujeta sliki 7 za obrnjeno in 8 za kombinirano ravno streho.

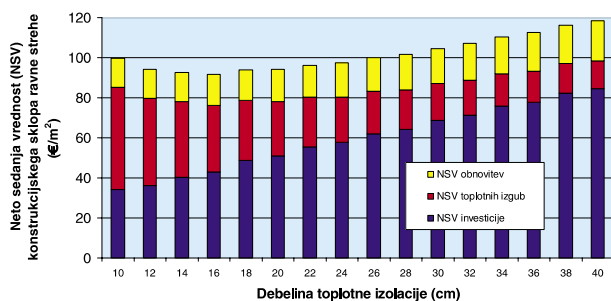
Sprememba investicijske vrednosti (NSV₀) v kombinirano ravno streho glede na minimalne zahteve po pravilniku (Pravilnik, 2008) ($U < 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$), kar predstavlja v praksi najpogosteje približno 18 cm toplotne izo-

Obrnjena vs. kombinirana ravna streha



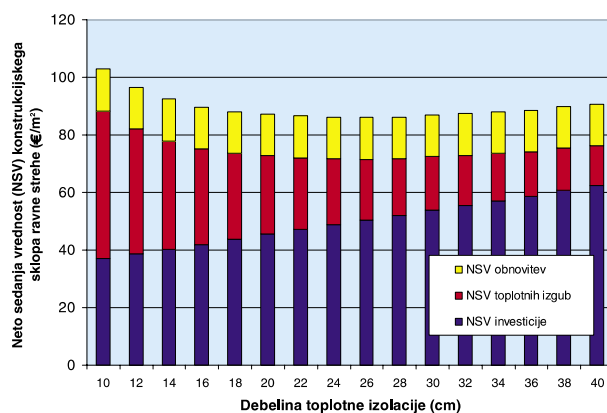
Slika 6 • Neto sedanja vrednost (NSV) celotnih konstrukcijskih sklopov dveh različnih rešitev ravnih streh v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od skupne debeline toplotne izolacije

Neto sedanja vrednost obrnjene ravne strehe v predpostavljeno življenjski dobi 60 let



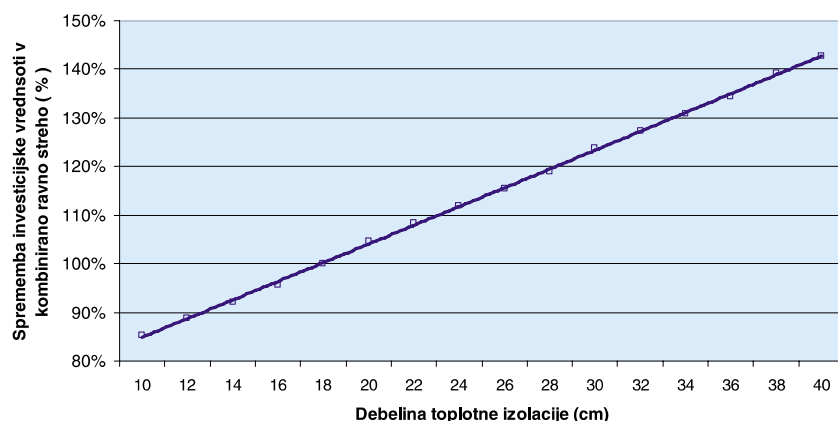
Slika 7 • Neto sedanja vrednost (NSV) obrnjene ravne strehe, razdeljene na investicijsko vrednost (NSV₀), vrednost toplotnih izgub in stroškov vzdrževanja v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije

Neto sedanja vrednost kombinirane ravne strehe v predpostavljeno življenjski dobi 60 let



Slika 8 • Neto sedanja vrednost (NSV) kombinirane ravne strehe, razdeljene na investicijsko vrednost (NSV₀), vrednost toplotnih izgub in stroškov vzdrževanja v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od skupne debeline toplotne izolacije

Sprememba investicijske vrednosti v sloje kombinirane ravne strehe glede na minimalno vrednost v skladu s predpisi



Slika 9 • Sprememba investicijske vrednosti (NSV₀) v sloje kombinirane ravne strehe glede na tipično minimalno vrednost v skladu s predpisi, tj. 18 cm skupne debeline toplotne izolacije

lacije, je prikazana na sliki 9. V našem primeru smo uporabili za nosilno konstrukcijo armirani beton debeline 20 cm. Četudi bi upoštevali druge nosilne konstrukcije, se predpisana debelina toplotne izolacije bistveno ne spremeni. Vsak dodaten centimeter v skupni debelini toplotne izolacije kombinirane ravne strehe predstavlja za približno 2,0 % višji investicijski vložek. Ali

drugače: dodati 5 cm debelo toplotnoizolacijsko plast pomeni 10 % večji vložek v sloje ravne strehe (vsi materiali skupaj z montažo). Pri tem se pa vrednost toplotne prehodnosti (U) celotnega konstrukcijskega sklopa kombinirane ravne strehe izboljša za celo 20,4 %. V primeru obrnjene ravne strehe pa vsak dodatni centimeter toplotne izolacije pomeni kar 3,3 % dražjo investicijo.

3.1 Vpliv debeline toplotne izolacije ali vpliv dodatnega finančnega vložka v toplotno izolacijo

Iz slik ugotovimo, da je minimalna neto sedanja vrednost (NSV) za kombinirano ravno streho pri sedanjih cenah energije dosežena pri debelini toplotne izolacije 26 cm. Vzrok temu, da se NSV znižuje le do določene debeline toplotne izolacije, so v investicijskih stroških dodatne debeline toplotne izolacije. Posledično zaradi tega investicijska vrednost kombinirane ravne strehe narašča strmeje, kot se znižujejo NSV stroškov zaradi ogrevanja. Če želimo varčevati z energijo in posledično varovati okolje, moramo za te namene povečati debelino toplotne izolacije na s trajnostnega vidika optimalno debelino (Kunič, 2007) in tako zavestno, zaradi ekološke ozaveščenosti, pristajati tudi na višjo investicijsko vrednost in tudi NSV.

Analize vpliva višanja cen energije kažejo na drastično naraščanje stroškov toplotnih izgub skozi konstrukcijski sklop ravne strehe v predvideni življenjski dobi. Ob tem hkrati postajajo deleži začetnih investicijskih stroškov proti celotnim stroškom vse manjši. Pri ceni energije 0,30 €/kWh in 18 cm debeli toplotnoizolirni plasti, ki v večini primerov zadovoljuje našim predpisom, so začetni investicijski stroški 42 %, vse ostalo (58 %) so stroški ogrevanja, vzdrževanja in obnovitev v življenjski dobi stavbe.

4 • SKLEP

Presenetljivo je izračun pokazal, da sta tipična konstrukcijska sklopa obrnjene in kombinirane ravne strehe izenačena po stroških investicije in tudi po NSV v šestdesetletni življenjski dobi že pri debelini toplotne izolacije 14 cm. Nad to debelino je kombinirana ravna streha po investicijskih stroških in tudi v celotni življenjski dobi cenejša (torej je dosežen nižji NSV). Poleg tega pa je takšna rešitev hkrati tudi v tehničnem in gradbeno-fizikalnem pogledu veliko boljša, saj združuje vse prednosti tako klasične neprezračevane (ali tople) kot tudi obrnjene ravne strehe. Toplotna izolacija je še vedno najpomembnejši in predvsem stroškovno najučinkovitejši način varčevanja z energijo. Ob sedanjih cenah energije in ceni toplotnih izola-

cij je minimalna neto sedanja vrednost v šestdesetletni življenjski dobi ravne strehe za izbrane tipične primere kombiniranih ravnih streh dosežena pri debelini toplotne izolacije 26 cm. S trajnostnega vidika je optimalna debelina toplotne izolacije večja in zajema tudi predvidena gibanja cen energije, materialov, stroškov dela, upravljanja z odpadki in tudi vpliv zavestnega odločanja za varčevanje z energijo in varovanje okolja. Tako je ob sedanjih cenah energije smiselno v konstrukcijske sloje ravnih streh vgrajevati tudi 35 cm debele sloje toplotnih izolacij (Kunič, 2007). Že pri trenutnih cenah energije in trenutnih cenah toplotnoizolacijskih materialov so s poglobila NSV ekonomične precej večje, približno dvakrat večje od predpisanih de-

belin toplotnih izolacij v skladu s trenutno veljavnimi predpisi v Sloveniji. Minimalna debelina toplotne izolacije, ki je predpisana s standardi, pravilniki ali zakoni, ni v nobenem obdobju bila osnova za najbolj ekonomično izbiro toplotne zaščite. Vedno je bilo na srednji in daljši rok bolj ekonomično graditi z debelejšimi sloji toplotne izolacije, kar še posebej velja za obdobja z visoko ceno energije, dolge življenjske dobe stavb in za zahteve po višjem toplotnem udobju.

Ob vrednotenju vseh teh primerov se moramo zavedati, da izračuni ekonomičnih debelin toplotnih izolacij veljajo za trenutne razmere. Ker pa ne gradimo za samo bližnjo, ampak celo daljno prihodnost, moramo upoštevati predvidena gibanja cen energije, cen toplotnih izolacij, pričakovanih življenjskih dob, trajnosti materialov, zanesljivosti vgradnje in podobno.

5 • LITERATURA

- Busse, H. B., Waubke, N. V., Grimme, R., Mertins, J., Atlas Flache Dächer, Nutzbare Flächen, Rudolf Müller Verlag, Köln, 1992.
- Krainer, A., Vpliv trajnosti konstrukcijskih sklopov in gradbenih materialov na produkcijsko – potrošniški cikel zgradb, FAGG, VTOZD GG, Ljubljana, 1977.
- Krainer, A., Računalniška programska orodja za izračun gradbene fizike in energetske bilance stavb, TEDI in TOST, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente in FRAGMAT, 2009.
- Kunič, R., Načrtovanje vrednotenja vpliva pospešenega staranja bitumenskih trakov na konstrukcijske sklope, doktorska disertacija, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2007.
- Mansfield, E., Managerial Economics, Theory, Applications and Cases, W.W. Norton & Comp. Inc. USA, 1993.
- SIST EN ISO 13789: 2000, Toplotne značilnosti delov stavb, Specifične toplotne izgube zaradi prehoda toplote, Računska metoda, Thermal performance of buildings, Transmission heat loss coefficient, Calculation method.
- SIST EN ISO 13790: 2008, Toplotne značilnosti stavb, Računanje porabljene energije za segrevanje in hlajenje prostora, Thermal performance of buildings, Calculation of energy use for space heating and cooling.
- SIST EN ISO 6946:1997, Gradbene komponente in gradbeni elementi, Toplotna upornost in toplotna prehodnost, Računska metoda.
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list Republike Slovenije, št. 93/2008.