

OSIGURANJE HIDROIZOLACIJA GRAĐEVINA

Problemi s brtvljenjem

Neobično je da pri zaštiti visokih građevina od vode nisu uobičajene kontrole (uz iznimku naknadnih, obvezatnih prema standardu DIN 18195), premda nezabrtvljena mjesta mogu onemogućiti normalnu uporabu zgrade i uzrokovati znatne troškove sanacije. No, u niskogradnji zbog krajnje složenih popravaka i teških posljedica, pri izvođenju tunela i odlagališta otpada sustavno se kontroliraju spojevi i reške. Za projektanta i izvođača pritom je važno da nije dovoljna "bilo kakva" kontrola. Svaki građevinski element mora biti takav da ga se može provjeriti. Upravo mogućnost kontrole mora biti među bitnim kriterijima pri projektiranju teško dostupnih ili znatno opterećenih elemenata koje je potrebno zaštititi, a kontrola i njezino dokumentiranje trebali bi biti stalno uključeni u popis radova i provjere zgrade.

Postupak ispitivanja

Vizualna kontrola zabrtvljenosti, pa čak ni jednostavna mehanička kontrola spojeva, ne mogu pouzdano ustanoviti nepropusnost. I provjera zadržavanja vode otkriva samo mjesta koja najviše propuštaju, ali ni njih s potpunom sigurnošću. Pri gradnji odlagališta i tunela kontrolni su uređaji sastavni dio izvedbenog projekta. Pritom valja voditi računa o činjenici da propusna mjesta pri brtvljenju propuštaju zrak i da vlaga koja u njih prodire mijenja električnu vodljivost. Preklapanje spojeva s plastičnim se trakama, primjerice, mogu izvesti kao dvostruki spojevi i potom ispitivati komprimiranim zrakom. Brtve izvedene kao dva labavo položena sloja, zavarena u pravilnim razmacima tako da tvore polja, mogu se provjeravati vakuumom. Ako se nadogradnje toplih krovova u pravil-

nim razmacima izoliraju od podlijevanja vode lijepljenjem brtvenog materijal parnom branom u kojoj su kontrolni otvori, propusna se mjesta mogu ograničiti na manja područja i relativno brzo prepoznati. U posljednje se vrijeme isprobavaju uređaji za dojavu mjesta koja propuštaju, tako da se ispod materijala za brtvljenje ugrađuju senzori koji su povezani s uređajima za mjerenje i dijagnosticanje. Promjene otpora unutar senzora najčešće su posljedica prodora vlage i navode na moguće propuštanje.

Sve te kratko i nepotpuno iznesene mogućnosti pokazuju da se ipak mogu planirati i ugraditi mnoga pomoćna sredstva radi učinkovite kontrole.

Kriteriji za primjenu određenoga kontrolnog sustava

Kontrola i ugradnja kontrolnih sustava povezani su s dodatnim troškovima. Metode i postupci upravo se međusobno razlikuju prema troškovima i stoga se ne preporučuje uvijek primjena istih metoda i postupaka. Tri su kriterija izbora prikladnih metoda:

- rizik (ne)pronalaženja kritičnih mjesta
- trošak pronalaženja mjesta prodora vode
- troškovi uklanjanja štete i dodatnih radova.

Rizik pojave kritičnih mjesta nije isti kod svih vrsta brtvljenja. Višeslojne brtve koje se obrađuju s visokim pouzdanošću izbjegavanja perforacija, čvrste i vodonepropusne podloge te nagibi i sigurne visine obruba tipični su čimbenici za izbjegavanje nastajanja kritičnih mjesta. U takvim slučajevima nije potrebno primijeniti skupe metode za pronalaženje propusnih mjesta.

Bitan je čimbenik dostupnost sloja za brtvljenje i put kojim je voda prodrla u unutrašnjost sloja jer to može znatno smanjiti troškove.

I na troškove uklanjanja štete značajno utječe dostupnost kritičnih mjesta i put prodiranja vode. Dakaako da su štete uzrokovane prodorom vode, kao što su smanjena toplinska zaštita zbog navlaženoga izolirajućeg sloja i opasnost od korozije nosivih elemenata konstrukcije te ograničenja u uporabljivosti prostorija ispod oštećenog mjesta, najvažniji kriteriji odabira odgovarajućih kontrolnih metoda.

Sasvim je razumljivo da je bolje izdvojiti veću svotu za kontrolne uređaje iznad prostorija s važnijim funkcijama. Ispitni su uređaji, primjerice, mnogo važniji u krovu prostorije s razvodnim ormarima negoli u stropovima parkirališta s više etaža.

Kriteriji za razne krovove

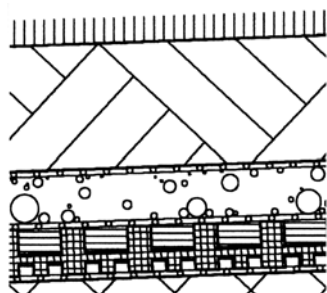
Za različite konstruktivne i uporabne oblike postojećih ravnih krovova moguće preporuke također ovise o opsegu potrebnih kontrola kritičnih mjesta, troškovima kontrole te troškovima saniranja i dodatnim radovima.

Inverzne krovne konstrukcije

U svim slučajevima u kojima su uporabljani inverzni krovovi, a radi se o slojevitim krovnim konstrukcijama, mali je rizik pojave kritičnih mjesta, dobra je dostupnost u slučaju štete, a i popravci su jednostavni, posebno ako je podloga stropa izvedena od dobro zabrtvljenoga armiranog betona. Za tu je svrhu potrebno svježiji beton izvesti u jednom radnom postupku, s nagibom površine od 1,5 do 2 posto, a poželjno je izbjegavati cementnu podlogu pod koju se može

podvući voda. Na podlogu valja položiti potpuno zalijepljene dvoslojne brtve od bitumenskih traka, toplinskim postupkom ili postupkom namatanja, a trake se potom prekriju toplinskom izolacijom inverznog krova, što je sloj za zaštitu i izolaciju. Nakon toga dolazi obloga s pločama (polazu se u šljunak ili na nosače krovnih terasa); teraco-obloge za stropove unutar višekatih parkirališta (ako su položene na odgovarajuću podlogu) odnosno ekstenzivno ozelenjivanje iznad slojeva za drenažu.

Kod takvih se inverznih krovnih konstrukcija dovoljno ograničiti na uobičajene vizualne kontrole tijekom gradnje, a u slučaju potrebe kontrolom se brtvljenja može provjeriti eventualno zadržavanje vode.



Slika 1. Ozelenjeni inverzni krov s drenažnim pločama za zadržavanje vode

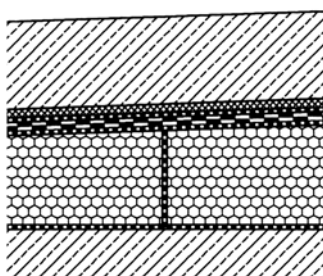
Topli krovovi s izolacijom od staklene vune

U slučajevima kada zbog velikoga mehaničkog opterećenja (stropovi u višekatih parkiralištima u kojima voze kamioni) ili zbog trajne izloženosti inverznih krovnih konstrukcija vodi (posebno pri intenzivnom ozelenjivanju krova sa zadržavanjem vode na mjestima brtvljenja) izostaje trajna funkcionalnost, posebno se preporučuje sljedeća slojevita gradnja:

Na podlogu (uglavnom je to armiranobetonska ploča) treba položiti ploče od staklene vune i pričvrstiti ih cijelom površinom te zaliti vrućim bitumenom. Nagib se postiže konfiguracijom podloge ili izolacijskim pločama. Ako se ispod toplinske izolacije ugradi parna brana, primjerice

kao dodatna brtva tijekom građenja, mora također cijelom površinom biti zalijepljena. Na izolacijske ploče stavljaju se dvoslojne bitumenske trake za brtvljenje krovova i lijepe cijelom površinom ili jednoslojne plastične trake za brtvljenje koje također treba zalijepiti cijelom površinom. Iznad sloja za brtvljenje potrebni su zaštitni slojevi, poput zaštitnih mreža ili dodatnih inverznih izolirajućih ploča; a zaštitni se cementni podovi primjenjuju samo pri jako opterećenim stropovima parkirališta. Na to dolaze dodatni slojevi, primjerice kod višekatih parkirališta ili intenzivno ozelenjenih krovnih konstrukcija.

U višekatih parkiralištima s kamionima treba uporabiti deblje betonske ploče zbog raspodjele težine, a osim vizualnih pregleda brtvenih slojeva prije nanošenja zaštitnog sloja treba provjeriti vodenu nepropusnost. Kad su slojevi brtvljeni plastičnim trakama preporučuje se i dodatna kontrola spojeva, prema potrebi i komprimiranim zrakom, jer se iz iskustva zna da se često ugrađuju oštećene ili potpuno nezalijepljene ploče od staklene vune pod koje se voda može podvući.

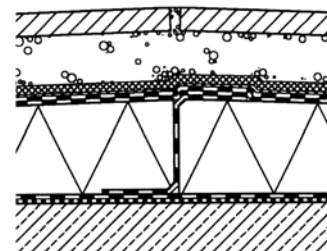


Slika 2. Parkirališni strop s pločama od staklene vune

Topli krovovi s ostalim izolacijskim materijalima

Zbog sličnih se rizika topli krovovi sa slojem brtvljenim trakama za izolaciju od tvrde pjene, mineralnim vlaknima ili drugim izolacijskim materijalima rabe i za nove ravne krovove. Ako se ti materijali žele upotrijebiti na postojećim krovovima,

treba se ograničiti na lako dostupna mjesta (obloge na podlozi od šljunka koje se mogu lako demontirati, a primjenjuju se kod krovnih terasa ili intenzivnog ozelenjivanja s manje slojeva) i na manje površine (kao što su krovne terase stambenih zgrada). Ako se primjenjuju kod većih postojećih krovova, gdje je zbog rasporeda slojeva teško pronaći mjesto prodora vode i obaviti sanaciju, valja ponajprije voditi računa o mogućnosti njihove kontrole. Veće bi površine, kada je to tehnički moguće, trebalo izolirati u dijelovima. Već navedene skuplje metode (kao što je ugradnja uređaja za dojavljivanje) u takvim su slučajevima primjerene i opravdane.



Slika 3. Topli krov terase s demontažnim slojevima

Valja na kraju istaknuti kako se u visokogradnji često zaboravlja da se kontrolom i mogućnostima kontrole pronalaze slabe točke i izbjegavaju skupi popravci. To vrijedi i tijekom gradnje i tijekom tehničkog pregleda, ali i za dugoročno iskorištavanje zgrade. Za izvoditelja je prednost što u fazi građenja može provjeriti rad svojih zaposlenika, u vrijeme kad su ključni dijelovi zgrade još dostupni te se mogu jeftino popraviti. Dokumentirane provjere, kojima se dokazuje besprijekorna izvedba izolacije, važne su i za obrtnike nakon kojih slijede drugi obrtnici jer je poslije lakše ustanoviti njihovu odgovornost za eventualnu štetu. Kod važnih funkcionalnih slojeva, poput slojeva za brtvljenje, naručitelj pri kontroli građevine mora prekontrolirati građevinske elemente, a ne ograničiti se samo na besprijekornost izvedbe. Osim toga tijekom iskorištavanja

vrlo je važno da se može provjeravati i da se provjerava nepropusnost zgrade. Jer propusna i u početku nevidljiva mjesta mogu prouzročiti zaista veliku štetu.

Loš primjer iz prakse

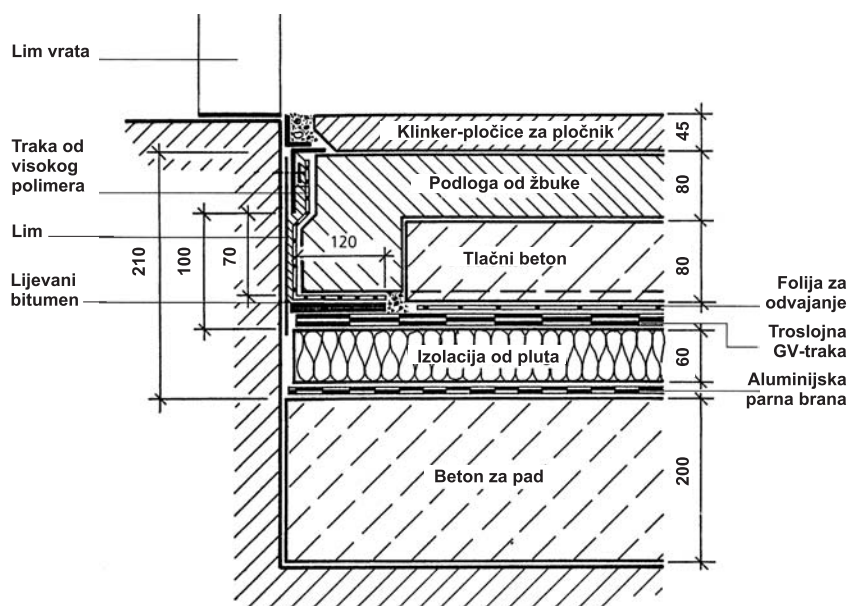
Teške posljedice zbog propusnih mjesta na zgradama zbog šteta i troškova popravka prikazat će se na primjeru ulice, duge približno 90 m, oblika rampe i nenatkrivene, a koja je sastavni dio trgovačkog središta.



Slika 4. Ispitivanje brtvenog sloja ispod teških obloga zaštitnog betona

ne terase. Slabo brtvljenje (troslojne bitumsne trake s umetkom od staklene vune) uzrokovalo je pojavu pukotina na površini i grube pogreške pri izvedbi izloga i vrata te na završecima reški za rastezanje. Pojavila su se vodopropusna mjesta na priključcima i u prostorije ispod rampe bilo je nužno ugraditi žljebove za skupljanje vode.

Bitumsne trake zaštićene su armiranim betonom, debljine između 8 i 12 cm, te pokrovom od betonskih ploča za pločnik debljine do 15 cm, postavljenih na podlogu od pijeska i žbuke. Već je i otkrivanje propusnih mjesta i utvrđivanje stanja zahtijevalo veće građevinske zahvate. Traženje propusnih mjesta nije bilo složeno i skupo samo zbog nepristupačnosti sloja za brtvljenje. Toplinska se izolacija prostire ispod tog sloja neprekidno cijelom duljinom rampe



Slika 5. Loše izveden priključak praga vrata koja vode na ulicu

Posebnost joj je u tome što je cijelom duljinom konstruirana poput toplinski izolirane i provozne krov-

i moglo se dogoditi da je mjesto puštanja na gornjem rubu znatno udaljeno od mjesta izbijanja vlage. Kada

je konstrukcija otvorena, voda koja je bila u izolaciji šiknula je van pod pritiskom kao iz arteškog bunara. Kako je za izolacijski materijal bilo uporabljeno pluto koje je podložno truljenju, potpuna je sanacija bila neizbježna. Sve je to bilo toliko skupo da se zaključilo kako je bilo isplativije napraviti stakleni pokrov iznad cijele ulice.



Slika 6. Pukotina u sljubnici za rastezanje, na spoju ruba



Slika 8. Cijev za skupljanje prodrle vode u ovješnim stropovima ispod rampe

Dakako da su štetu uzrokovali slijed slojeva i izvedba detalja. Da se nepropusnost građevinskih elemenata mogla kontrolirati tijekom građenja i iskorištavanja, te da je izostalo neprekinuto brtvljenje donjeg sloja, šteta i troškovi sanacije bili bi znatno smanjeni.

Tanja Vrančić

Izvor: Rainer Oswald, Baugewerbe 8/2004

GRAĐEVINA BEZ TOPLINSKIH MOSTOVA

Poboljšanom se toplinskom izolacijom omotača građevine povećava i važnost problema toplinskih mostova. Zato ih je pri gradnji potrebno što više izbjegavati.

Kada se radi energetska bilanca građevine, proračunava se i koliko se energije gubi iz grijane građevine zbog prolaza topline kroz omotač zgrade i prozračivanje. Tome se pridodaju i dobici od sunčevih zraka što prodiru kroz prozore te dodatnih izvora unutar građevine, primjerice od raznovrsnih aparata i stanovnika. Razlika čini računsku potrebu za grijanjem. Na temelju te vrijednosti, i uključujući proporciju površine i volumena građevine, lako se dokazuje primjerenost toplinske zaštite zgrade. Ako se žele ispuniti zahtjevi toplinske zaštite na najekonomičniji način, postoje sljedeće mogućnosti:

- valja iskoristiti grijanje sunca. Velike površine prozora treba orijentirati prema jugu, a prozore na sjevernom pročelju što više smanjiti
- građevina bi trebala biti što manje razvedenog oblika, tako se smanjuje površina vanjskih stijena; povećanje površine vanjskih stijena izbjegava se tako da se planira što manje otvorenih balkona i niša
- treba iskoristiti podrumsku etažu
- stubište bi također trebalo uključiti u grijani prostor građevine. U suprotnom, zid između stubišta i prostora stanovanja termički predstavlja vanjski zid. U građevinama s više korisnika taj zid ima funkciju zvučne izolacije i stoga bez dodatne toplinske izolacije teško ispunjava toplinsko-izolacijske zahtjeve. Kod negrijanih stubišta potrebno je uračunati i toplinske gubitke iz grijanog prostora kroz ulazna vrata.

Stvarna potrebna energije za grijanje zgrade

Proračun se često razlikuje od stvarnih potreba energije za grijanja građevine. Tomu je više razloga:

- malo se ili uopće ne vodi računa o gubicima na opremi grijanja
- na stvarne potrebe energije za grijanje jako utječu navike korisnika s obzirom na prozračivanje prostora
- proračun je obično rađen na prosječnim vrijednostima, ponajprije doprinos je sunčane energije često ocijenjen približno (zato se i u praksi događa da naknadno dodatno izolirane i "sanirane" stare građevine s pročeljima od opeke ne donose očekivano smanjivanje energije za grijanje)
- u proračunu se ne vodi računa o gubicima na mjestima toplinskih mostova.

Problemi uzrokovani toplinskim mostovima

Pri uobičajenim proračunima toplinske zaštite građevine zanemaruju se problemi toplinskih mostova. No radi stalnog poboljšanja toplinske izolacije i boljeg rješenja vanjske stijene građevine, sve je veći utjecaj toplinskih mostova na potrošnju energije za grijanje i na vjerojatnost pojave ranijih oštećenja građevine.

Apsolutna vrijednost toplinskih gubitaka na mjestima toplinskih mostova ipak ostaje nepromijenjena, iako u usporedbi s gubitkom topline kroz cijeli omotač zgrade raste dio gubitka topline isključivo na tim mjestima. Naravno, gubitak topline nadomješta se grijanjem i nema primjedaba dok se troškovi grijanja nalaze u granicama normalnog.

Veći je problem manja izmjena zraka u građevinama s nepropusnijim vanjskim omotačem. Posljedica je,

naime, skok relativne vlažnosti zraka u građevini (naročito u prijelaznom razdoblju, posebno u jesen kad se zgrada grije povremeno), a s tim je povezana i povećana opasnost kondenzacije vode na najhladnijim površinama (tablica 1.).

Tablica 1. Odnos relativne vlažnosti zraka i temp. u prostoru

Temperatura zraka u prostoru °C	Temperatura rosišta pri relativnoj vlažnosti zraka		
	40%	50%	60%
21	6,9	10,2	12,9
20	6,0	9,3	12,0
19	5,1	8,3	11,1
18	4,2	7,4	10,1

Na mjestu toplinskog mosta u hladnijem razdoblju smanjuje se temperatura unutarnje površine obodnog elementa zgrade znatno više od prosječne. U dodiru s tom površinom unutarnji se zrak može (s mnogo vlage) ohladiti i ispod temperature rosišta. Vlaženje stvara dobre uvjete za razvoj plijesni. Nažalost, zaštititi se pristupa tek kad je plijesan sasvim vidljiva.

Vrste toplinskih mostova

Toplinski mostovi nastaju zbog:

- geometrijskih razloga (npr. kutova)
- neprikladne kombinacije različitih materijala (npr. betonskih stupova okvirmih konstrukcija ili kutija za roletu s unutrašnje strane pročelja od opeke ili siporeks blokova)
- slabog brtvljenja (npr. oko prozora ili na spojevima montažnih elemenata).

Propisi za toplinsku zaštitu zgrada ne spominju toplinske mostove i stoga o stručnosti učesnika u građenju ovisi i rješavanje problema koje ti mostovi uzrokuju.

Iz njemačkog *Atlasa toplinskih mostova*, autora Hausera i Siegla, preuzeto je pet tipičnih primjera toplinskih mostova. Kod svih se primjera radi o monolitnome pročelnom zidu od opeke (s toplinskom provodljivošću 0,21 W/mK) debljine 30 cm, unutarnje temperature +20°C (relativna je vlažnost zraka 60%, točka rosišta 12°C), a vanjske temperature -10°C.

1. Vanjski kut zgrade

Izračunana temperatura unutarnje površine u kutu je 13,4°C. Kako se vanjska temperatura samo ponekad spusti ispod -10°C, i vlažnost zraka u stambenim prostorima rijetko prelazi 60% (iznimka su kuhinja i kuponica), redovito nema problema s kondenzatom.

2. Pregradni zid od opeke spojen utorom na vanjski zid

Izračunana temperatura unutarnje površine u kutu je 16,1°C i kondenzata nema. Ipak je bolji tupi spoj pregradnog zida bez utora jer je znatno jednostavniji za izvedbu.

3. Armiranobetonski stup u vanjskom zidu

Stup 24x24 cm ima na vanjskoj strani visokovrijednu toplinsku izolaciju debljine 4 cm s tri različite širine: 24 cm, jednaka širina širini stupa, odnosno traka toplinske izolacije je na obje strane simetrično proširena na 50 cm odnosno 75 cm.

Iz tablice 2. uočljivo je da je prošire-

nje toplinske izolacije nepotrebno, a teže ju je i izvesti.

Tablica 2. Utjecaj debljine toplinske izolacije na temperaturu unutarnje površine zida

Širina dodatne toplinske izolacije	Izračunata temperatura unutarnje površine zida
24 cm	13,1°C
50 cm	14,6°C
75 cm	14,9°C

4. Prozorski okvir

Temperatura unutarnje površine prozorskog okvira ovisi o položaju prozora u zidu i toplinskoj izolaciji okvira. No i izolirani je prozorski okvir element u kojem može doći do kondenzacije vlage. Da se oštećenja okvira izazvana vlagom ne bi događala prebrzo, u praksi pomažu radijatori ispod prozora koji grijanjem isušuju površinu i pospješuju cirkulaciju zraka.

Tablica 3. Ovisnost položaja prozora u zidu na temp. unutarnje površine prozorskog okvira

Položaj prozora u zidu	Temperatura unutarnje površine prozorskog okvira	
	bez izolacije	sa 2 cm izolacije
na vanjskoj strani	9,8°C	10,7°C
u sredini	11,0°C	11,3°C
na unutarnjoj strani	12,2°C	12,8°C

5. Mjesto nalijeganja armiranobetonske ploče

Uobičajeno je da se na mjesto nalijeganja armiranobetonske ploče stavlja 4 cm visokovrijedne toplinske izolacije. U tablici 4. prikazane su tri varijante izvedbe te izolacije: horizontalna traka visine 25 cm, koliko je visina betonskog vijenca stropne ploče, odnosno traka proširena za 25 cm prema dolje i izolacija proširena 25 cm i gore i dolje.

Tablica 4. Odnos dodatne toplinske izolacije na temperaturu na donjoj površini ploče

Širina traka dodatne toplinske izolacije	Temperatura na donjoj površini ploče
25 cm	14,6°C
50 cm	15,2°C
75 cm	15,8°C

Uočava se da je dostatna toplinska izolacija u visini betonskog čela. Dakako da je kod vanjskih zidanih zidova korisno da se zidovi između dviju etaža poklapaju (isti poprečni presjek), kako se ne bi moralo izvoditi potkresivanje i gornji izravnavajući sloj, čime se izbjegavaju ne samo izraziti toplinski mostovi, već i dodatni troškovi takve izvedbe.

Tanja Vrančić

IZVOR

ZRMK, Radni list, srpanj 2004.