

RAVNI KROVOVI

Ravni su krovovi jedinstvene cjelovite konstrukcije sastavljene od niza slojeva različitih materijala i funkcija koje uz ulogu stropne konstrukcije posljednjeg kata moraju zaštititi građevine od vanjskih utjecaja: padalina, topline, hladnoće, vjetra ... Ovisno o odabranom rješenju i predviđenim materijalima, za izolaciju ravnog krova nagib krovnih ploha jest 1.5-5%.

Uz ispravnu izvedbu i upotrebom kvalitetnih materijala ravni je krov ekonomična konstrukcija koja pruža znatno veće slobode u komponiranju volumena i prostora.

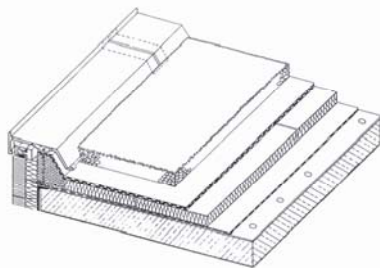
Prema predviđenoj namjeni ravne krovove dijelimo na prohodne i neprohodne.

S obzirom na raspored slojeva ravni krovovi mogu biti:

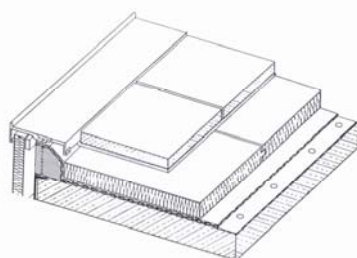
1. Jednostruki nezračeni (topli) krovovi

Ovi se krovovi sastoje od mnogo slojeva koji su ispravno položeni jedan na drugi i u međusobnoj su vezi. Po položaju slojeva u konstrukciji ravni krovovi mogu biti:

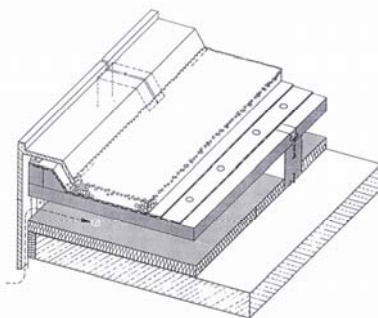
- klasični - pri kojima su svi slojevi krova zaštićeni završnim hidroizolacijskim slojem.
- obrnuti - pri kojima se sloj toplinske izolacije (ekstrudirani polistiren) nalazi iznad hidroizolacije.



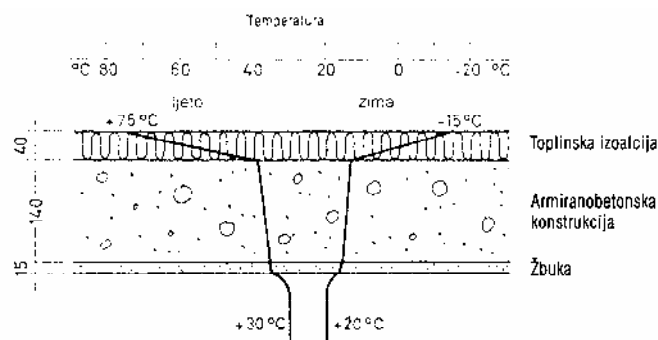
Slika 1. Ravni topli klasični krov



Slika 2. Ravni topli obrnuti krov



Slika 3. Ravni hladni (ventilirani) krov



Slika 4. Shema temperaturnih promjena ravnog krova (za ljeto i zimu)

2. Dvostruki zračeni (hladni) krovovi

Ovi su krovovi također slojevite konstrukcije s pokrovnim slojem odvojenim zračnim prostorom od ostalih slojeva. Zračeni prostor mora biti poprečno ventiliran dovodnim i odvodnim otvorima, pri čemu su dovodni otvori 1/1000 tlocrtne ploštine, a odvodni otvori 1/800. Ako je širina krova veća od 12 metara veličina otvora mora se povećati oko 50%. Zbog neekonomičnosti ovi se krovovi izvode rijetko i to uglavnom u slučajevima povećane insolacije i pri ve-

ćoj vlažnosti zraka unutarnjih prostora (>80%).

Utjecajni faktori

1. Insolacija i temperaturne oscilacije

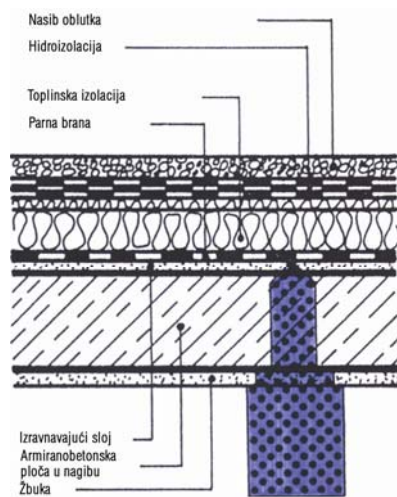
Godišnje su razlike u temperaturi površine završnog sloja i do 100°C (-20°C - zimi do +80°C - ljeti). Dnevne razlike u temperaturi također su velike (>60°C). Ovaj utjecaj izaziva vrlo velika dodatna naprezanja u konstrukciji. Kako su slojevi krova u neposrednom kontaktu, oni su izloženi različitim temperaturama a time i različitim naprezanjima koja ovise o svojstvu i karakteristikama svakoga pojedinoga sloja. Osim toplinskih zraka površinski sloj ravnog krova izložen je i ultraljubičastim zrakama koje s vremenom oštećuju većinu materijala.

2. Oborinska voda

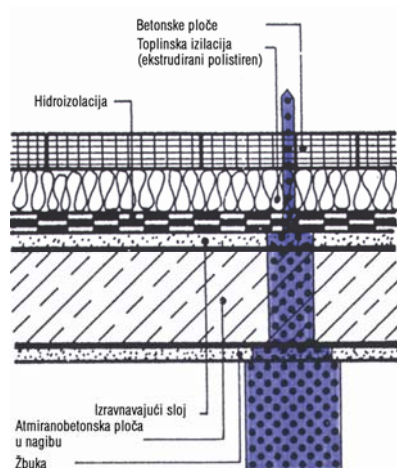
Kiša, snijeg i led mogu prouzročiti vlaženje slojeva ravnog krova na nepravilno izvedenim ili oštećenim područjima ravnog krova. Najkritičnija područja za pojavu ovog oštećenja su mjesta neminovnih prodora kroz slojeve ravnog krova (dimnjaci, vodolovna grla, odzračnici ...) i mjesta spojeva konstrukcija (zidovi, ograde, nadsvijetla ...).

3. Difuzija vodene pare

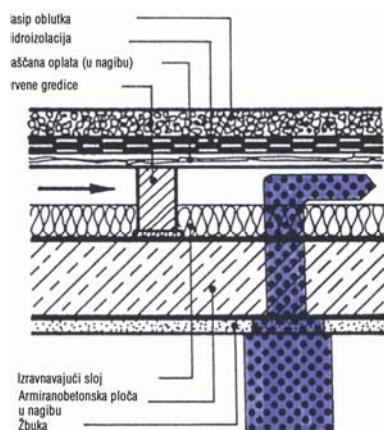
Najčešći položaj hidroizolacijskog sloja jest na završetku svih ostalih



Slika 5 a Difuzija vodene pare - klasičan ravni krov



Slika 5 b Difuzija vodene pare - obrnuti ravni krov



Slika 5 c Difuzija vodene pare - ventilirani ravni krov

slojeva. Hidroizolacijski je sloj najčešće materijal koji ima velik otpor

difuziji vodene pare a nalazi se, sa stajališta fizike zgrade, na najnepovoljnijem mjestu. Potreban je pravilan odabir i dimenzioniranje ostalih slojeva konstrukcije, kako se ispod hidroizolacijskog sloja ne bi kondenzirala vodena para i time prouzročila neželjena oštećenja.

Slojevi ravnog krova

S obzirom na nabrojene utjecaje, ravni krov u svom sastavu zahtijeva određene slojeve. Osim nosive konstrukcije, koja je ujedno i podloga, na ravnome krovu postoje i ostali slojevi s određenom ulogom i određenim zahtjevima.

1. Beton za nagib

Ovaj sloj osigurava najmanje nagibe krovnih ploha prema mjestima za odvod oborinskih voda (vodolovna grla). Moguća je i izvedba stropne ploče u nagibu te se u tom slučaju ovaj sloj ne izvodi. Ako se za nagib rabi lagani beton koji se nalazi ispod parne brane, toplinsko difuznim proračunom potrebno je provjeriti dolazi li do pojave neželjene kondenzacije. U pojedinim se rješenjima ovaj sloj može nalaziti i iznad toplinskoizolacijskog sloja, ali tada treba biti pravilno dilatiran zbog toplinskog rada.

2. Parna brana

Ovaj sloj u konstrukciji ravnog krova osigurava da vodena para ne uđe u sloj toplinske izolacije i da ne dođe do sloja hidroizolacije. Ispravan je položaj parne brane dakle na toplijoj strani toplinske izolacije. Veličina potrebnog otpora difuziji vodene pare ($\mu \cdot d$) određuje se prema očekivanom opterećenju pritiskom vodene pare. Veličina difuznog otpora parne brane mora biti znatno veća od otpora hidroizolacijskog sloja. Kao materijal za parnu branu najčešće se rabe bitumenske trake s uloškom metalne folije ili folije od plastičnih masa. Ispod sloja parne brane najčešće se ugrađuje parorasteretni sloj koji služi za izjednačavanje pritiska na

cijeloj površini krova. Pri očekivanoj većoj vlažnosti zraka unutarnjeg prostora ovaj se sloj povezuje s vanjskim zrakom i to odzračnim elementima na površini krova ili otvorima po obodu građevine. Kod stambenih građevina prostori povećane vlažnosti (>75%) nalaze se u tlocrtnom rasporedu mjestimično (kupaonice ...) te se para unutar parorasterenog sloja raspoređuje na veću površinu i bez dodatnog prozračivanja.

3. Toplinska izolacija

Uloga je ovog sloja da smanji toplinske gubitke kroz krov građevine zimi, da osigura toplinsku stabilnost krova ljeti, da osigura stacionarnost difuzijskog toka vodene pare te da smanji toplinski rad nosive krovne konstrukcije.

Ispravan položaj toplinske izolacije je na vanjskoj strani krova iznad nosivih dijelova krovne konstrukcije. Idealan položaj bio bi iznad svih slojeva ravnog krova, ali zbog karakteristika većine toplinskoizolacijskih materijala takav položaj nije moguć pa se kao optimalan uzima položaj ispod hidroizolacije. Iznimno se dio toplinske izolacije (najviše 25%) može postaviti kao unutarnja dodatna toplinska izolacija kod prostora koji se zagrijavaju povremeno (kinodvorane, kazališta, crkve ...). Takva postava zahtijeva detaljan toplinskodifuzni proračun konstrukcije za ekstremne uvjete, kako bi se izbjegle moguće štete. Za toplinsku izolaciju ravnog krova koristimo se tvrdim sintetskim pjenama (polistirenom, poliuretanom), pločama od kamene vune i pločama od staklene pjene (foamglass). Izolacijski materijali biljnog podrijetla kao npr. pluto ili drvena vuna, u slučaju vlaženja i isušivanja podvrgnuti su truljenju te se ne preporučuju kod ravnih krovova. Izuzetak su ekspanzirane i bitumenom vezane ploče od pluta. Ovi materijali ugrađuju se uglavnom u obliku ploča. Preporučuje se izvedba toplinske izolacije u dva sloja sa

međusobnim preklapanjem sudara ploča da bi se izbjegla pojava toplinskih mostova. Na tržištu postoje i ploče s profiliranim rubom koje omogućavaju izvedbu u jednom sloju s preklapanjem spojeva. Pojedini proizvođači na tržištu nude i ploče koje osiguravaju nagib krova pa beton za nagib u tom slučaju nije potreban, a proračunska debljina toplinske izolacije iz projekta mora biti osigurana na najtanjem mjestu presjeka kroz krovnu konstrukciju. U slučaju većeg opterećenja ravnog krova moguća je izvedba betona za nagib iznad sloja toplinske izolacije. Tada se izvodi dilatiranje betona za nagib u manja polja, a hidroizolacijski sloj ne smije biti čvrsto vezan za podlogu. Primjenom staklene pjene (foamglass) ili ekstrudiranog polistirena možemo izvoditi obrnute (inverzne) krovove kod kojih sloj toplinske izolacije dolazi iznad hidroizolacije. Ekstrudirani polistiren je materijal potpuno zatvorenih strukturnih ćelija te ne upija vodu i ne mijenja svojstva pod njezinim utjecajem. Ovaj materijal potrebno je dodatno opteretiti nasipom oblutaka (ϕ 16-32 mm) ili betonskim pločama. Debljina tog sloja je 5-9 cm (obluci), odnosno 4-6 cm (betonske ploče), a određuje se prema debljini ploča izolacije.

4. Hidroizolacija

Hidroizolacije mora spriječiti prodiranje vode na ostale slojeve krova i prostore ispod. Za hidroizolaciju rabe se bitumenske hidroizolacijske trake s ulošcima od staklenog voala (radi povećanja čvrstoće), trake od plastičnih masa, itd. Postoje i hidroizolacijski slojevi kao premazi na bazi prirodnih ili umjetnih smola. Hidroizolacija u obliku traka izvodi se kao višeslojna opna, djelomično lijepljena ili slobodno položena na podlogu. Međusobni je spoj traka varenjem ili lijepljenjem (toplo ili hladno spajanje). Djelomično lijepljene i slobodno položene trake rabe se na podlogama kod kojih se očekuje rad (toplinski i dr.) koji bi mogao

prouzročiti pukotine. Takve trake treba dodatno opteretiti. Težim zaštitnim slojem spriječilo bi se moguće podizanje zbog djelovanja vjetra. Hidroizolacijska opna ne smije ostati nezaštićena osim hidroizolacijskih materijala koji imaju izveden završni zaštitni sloj.

5. Zaštitni sloj

Zbog zaštite hidroizolacijskog sloja od mehaničkog djelovanja, ali i od utjecaja insolacije i toplinskih oscilacija izvodimo zaštitni sloj. Ravni se krovovi dijele na neprohodne i prohodne, a o tome ovisi i izbor završnoga zaštitnoga sloja.

Prijašnjih su godina izvedeni ravni neprohodni krovovi imali zaštitu izvedenu uvaljanim šljunkom u vrući bitumen. S vremenom bitumen između zrna šljunka nestane pod djelovanjem ultraljubičastih zraka, vode i zraka te se zrnca šljunka oborinskom vodom i vjetrom speru s površine krova. Danas se zaštita izolacije izvodi nasipom oblutaka (ϕ 16-32 mm) debljine sloja najmanje 5 cm. Zaštita oblucima osigurava mehaničku zaštitu ali i zaštitu od insolacije. Na tržištu postoje i zaštitni premazi koji se nanose na posljednju izolacijsku traku i služe kao reflektirajući sloj za zaštitu od insolacije, ali ne pružaju potrebnu mehaničku zaštitu.

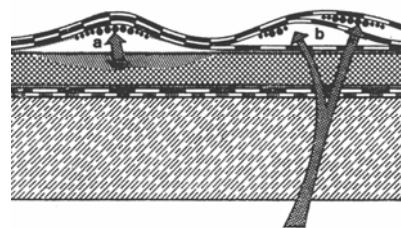
Prohodni ravni krovovi moraju imati ravnu hodnu plohu koja omogućava sigurno kretanje i štiti slojeve ravnog krova. Zaštita može biti izvedena lijevanim asfaltom, prirodnim ili umjetnim kamenim pločama te keramičkim pločicama. Lijevani asfalt može se postaviti na bilo koju vrstu bitumenske hidroizolacije, ali treba obvezatno biti odvojen slobodno položenom bitumenskom ljepenkom ili sintetskom PE folijom. Ploče od prirodnog ili umjetnog kamena mogu biti položene na sloj pijeska ili na podloške. Podlošci se izrađuju od gume, plastike ili betona. Podlošci pojedinih proizvođača omogućavaju promjenu

visine kako bi se obloga mogla izravnati. Keramičke pločice namijenjene vanjskom oblaganju polažu se u cementni mort na betonskoj podlozi. Zbog toplinskog je rada ovaj sloj obvezatno odvojen od hidroizolacije dvostrukom PE folijom i dilatiran u polja dimenzija oko 2 x 2 metra.

Ravni zeleni krov, neprohodni ravni krov, izvodi se sa slojevima koji omogućavaju rast biljaka i zaštitu ostalih slojeva krova. Debljina sloja za rast biljaka ovisi o vrsti biljaka. Kod ovog krova valja naročitu pažnju posvetiti odabiru sloja za zaštitu hidroizolacije od korijenja biljaka. U slojevima zelenog krova treba predvidjeti drenažni sloj koji će odvoditi prekomjernu količinu vode, ali i sloj koji će zadržavati vlagu za sušnih dana. Pravilno projektirani zeleni krovovi opremljeni su i sustavom za dovod vode, kako bi se navodnjavanjem osigurala dovoljna vlaga za rast biljaka. Česti su slučajevi da projektirani i izvedeni zeleni krovovi zbog nebrige i neodržavanja djeluju vrlo otužno i narušavaju ukupnu sliku građevine.

Detalji prodora i veza krova

Vrlo su često detalji oko prodora kroz slojeve krova (dimnjaci, slivnici, odzračnici ...) i veza krova s ostalim elementima (ograda, nadozid i sl.) mjesta gdje počinju oštećenja. Uzrok tome su neprimjereno projektirani detalji i/ili nepravilno izvedeni spojevi.



Slika 6. Stvaranje "klobuka" od utjecaja pritiska vodene pare

Rubovi krova

Rubovi krova su mjesta koja moraju zatvarati krov na graničnim linijama. Ovisno o tome radi li se o prohodnom ili neprohodnom krovu te o

krovu s rubnim nadozidom ili bez njega, u praksi postoje detalji koji se preporučuju.

Pri projektiranju i izvedbi ovih detalja treba postignuti:

- da se hidroizolacijski sloj podigne na određenu visinu ili da se završi prepustom, kako bi se spriječilo podlijevanje kiše, ali i vlaženje od topljenja snijega, te da se ovaj sloj zaštiti od insolacije
- izvedbu ruba krova kako bi se kod krova s nasipom oblutaka kao završnim slojem spriječilo njihovo ispiranje i otpuhivanje
- izvedbu toplinske izolacije na način da se prekinu toplinski mostovi odnosno da se oni svedu na najmanju mjeru
- da se otvori za rubno prozračivanje parorasteretnog sloja ili ventiliranog sloja hladnog krova osiguraju od utjecaja oborinske vode te da se osigura pravilno prozračivanje ovih slojeva.

Vertikalni zidovi

Osim već opisanih rubnih detalja, treba paziti na prijelaz hidroizolacijskog sloja iz horizontalne u vertikalnu ravninu. Prijelaz mora biti riješen kao blagi kut (45°), što se najčešće postiže rubnim trakama izolacijskog materijala (trapezni rubni umetak). Vertikalni dio hidroizolacije također treba biti zaštićen od ultraljubičastih zraka i insolacije. Ultraljubičaste zrake uništavaju materijal a pretjerana ga insolacija zagrijava pa on može spuznuti i naborati se. Vertikalna hidroizolacija na podlogu može biti lijepljena ili pridržana mehanički na gornjem rubu.

Dilatacije

Vrlo često na većim građevinama ili na spoju dviju građevina nailazimo na dilatacijske spojnice. Detalj rješenja dilatacijske spojnice treba omogućiti pomake i u slojevima konstrukcije ravnog krova bez njihova oštećenja. Najkritičniji sloj je svakako

hidroizolacijski sloj. Najsigurnije je rješenje s nadvišenjem jer se hidroizolacijski sloj iz ravnine ocjedne vode podiže naviše. Iznad nadvišenja limom se rješava detalj koji osigurava zaštitu od oborinske vode te od mehaničkog oštećenja i insolacije. Na prohodnim krovovima gdje nam takva nadvišenja smetaju, dilatacija se rješava s plastičnim odnosno neoprenskim cijevima namijenjenim za tu priliku. Blago nadvišenje sloja hidroizolacije događa se unutar završnih slojeva i ne vidi se na površini krova.

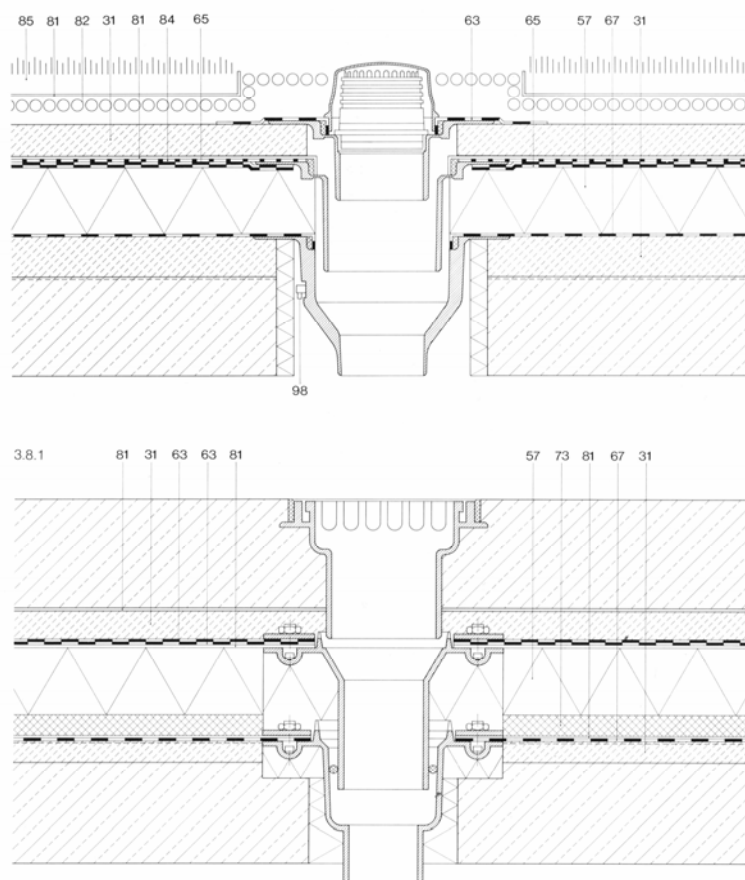
Prodori

Kroz krovnu su ravninu neminovni i prodori koji predstavljaju kritična mjesta. Prodori za vodolovna grla (slivnike), prodori odzračnika parorasteretnog sloja, prodori ventilacijskih kanala, dimnjaci i ostalo nalaze se gotovo na svakome ravnom kro-

vu. Razlog propuštanju spoja uz ove elemente temelji se u najvećem broju slučajeva na nepravilnoj izvedbi. Na tržištu se danas nudi cijeli niz proizvoda koji nam osiguravaju kvalitetno izvođenje ovih detalja. Problemi se pojavljuju pri nepravilnoj ugradnji elemenata i nepridržavanju propisanih uputa. Osim pravilne izvedbe spoja hidroizolacije s ovim elementima pažnju treba posvetiti i prekidu eventualnih toplinskih mostova. Ovi elementi riješeni su za slučajeve prohodnih i neprohodnih krovova te prema našoj potrebi treba odabrati i adekvatne elemente.

Svjetlosne i odzračne kupole

Krovno nadsvjetlo danas se uglavnom rješava svjetlosnim kupolama izrađenim od poliesterskih materijala s toplinski izoliranim bočnim stranicama i dvostrukom kupolom, kako bi osigurali što bolju toplinsku zaštitu.



Slika 7. Vodolovno grlo

Na tržištu postoje gotove kupole raznih dimenzija i oblika koje odabiremo prema našim zahtjevima. Sve elemente za spoj s ostalim slojevima ravnog krova riješio je proizvođač pa se treba u potpunosti pridržavati uputa, odnosno u specijalnim slučajevima kontaktirati s proizvođačima o dodatnim savjetima i detaljima.

Svi ovdje navedeni elementi ravnog krova tema su istraživanja i razvoja proizvodnih programa poznatih i priznatih proizvođača. Pri odabiru sustava zaštite ravnog krova najbolja je odluka odabir sustava jednog proizvođača koji će nam uz osnovne elemente za hidroizolacijsku zaštitu krova ponuditi i sav ostali pribor i elemente za izvedbu krova. Proizvođači, odnosno njihovi predstavnici, ponudit će i listu ovlaštenih izvođača nakon čije ugradnje investitor dobiva jamstvo za izvedeni rad i ugrađeni materijal. Događa se, nažalost nerijetko, da se kvalitetni materijali nepravilno ugrađuju i time osim problema investitoru stvaraju negativni publicitet kvalitetnim materijalima i njihovim proizvođačima.

Sanacije oštećenja

Posljedice neispravne konstrukcije proizišle iz projekta ili zbog loše izvedbe teško se mogu ispraviti bez većih zahvata.

Slojevi za izolaciju ravnog krova zbijeni su i nepristupačni, osim završnoga zaštitnoga sloja, pa je kontrola pojedinog sloja i utvrđivanje oštećenja vrlo teško, gotovo nemoguće. Kada se otkriju nedostaci tre

ba obaviti detaljan pregled i ustanoviti uzrok te nakon toga izraditi projekt sanacije.

Pojave unutarnjih gljivica i plijesni na unutarnjim površinama rubnih dijelova krova rezultat su nedovoljne toplinske izoliranosti krova na tim mjestima (toplinski mostovi). Problem se može riješiti dodatnom toplinskom izolacijom tih rubnih područja jer ovaj zahvat ne zahtijeva prevelika ulaganja. Najčešća je pojava propuštanje vode. Ovo oštećenje, nažalost, uočavamo tek u trenutku kada je voda prodrla kroz sve slojeve ravnog krova i počela vlažiti unutarnju plohu stropa. Mjesto prodora vode kroz hidroizolacijski sloj gotovo je nemoguće ustanoviti. Voda ulaskom ispod završnog hidroizolacijskog sloja traži i pronađe put i kroz ostale slojeve. Na svom putu ovlaži i toplinskoizolacijski sloj kojemu se u tom slučaju umanjuje predviđena uloga (osim ekstrudiranog polistirena i staklene pjene), a veliki su problemi i s isušivanjem ovog sloja nakon izvedene sanacije hidroizolacijskog sloja.

Pogreške pri sanaciji krova su također česte. Sanaciji se često pristupa bez projekta sanacije krova, bez otvaranja i pregleda postojećih slojeva i bez pravilne analize uzroka koji su doveli do problema.

Najčešća pogreška pri sanaciji oštećenog ravnog krova jest zamjena hidroizolacijskog sloja samo na dijelu izmjenu slojeva na cijeloj dilataciji. Druga česta pogreška je zamjena samo hidroizolacijskog sloja. Voda

koja se prije sanacije nalazila u konstrukciji bit će nakon sanacije zatvorena i tražit će put da izađe, a posljedice će se vidjeti kao vlažne mrlje na podgledu stropa koje se mogu pojavljivati i nekoliko godina nakon sanacije, ili kao napuhnuti klobuci na hidroizolacijskom sloju. Voda se isušuje iz slojeva kao para te pritišće na hidroizolacijski sloj koji je ujedno i parna brana. Kako ne uspijeva izaći podiže izolaciju. Ovo podizanje može pridonijeti i novom oštećivanju hidroizolacijskog sloja. "Zarobljena" voda može pronaći put i prema unutarnjim prostorima i stvoriti nova dodatna oštećenja. Problem se može riješiti izvedbom odzračnika koji će omogućavati isušivanje konstrukcije i nakon sanacije, odnosno pravilnije izmjenom svih oštećenih slojeva krova pa tako i navlažene toplinske izolacije u kojoj se zadržava najveći dio vode.

Nakon izvedene sanacije krova često se završni sloj hidroizolacije ostavlja nezaštićen. Djelovanje ultraljubičastih zraka i insolacije uvjetovat će ponovno oštećivanje ovog sloja u sljedećih nekoliko godina.

Pri pravilnoj sanaciji oštećenoga ravnog krova treba izmijeniti sve oštećene slojeve na cijeloj dilataciji građevine. To zasigurno nije jeftino rješenje ali je jedino ispravno. Pravilno izvedeni ili pravilno sanirani ravni krov može izdržati i više desetaka godina, uz pravilno održavanje i minimalnu sanaciju oštećenja u najranijoj fazi.

Mr. sc. Zoran Veršić, dipl. ing. arh.

KOSI KROVOVI STAMBENIH POTKROVLJA

Graditeljstvo kontinentalne Hrvatske obilježavaju kuće s blagim i strmim kosim krovovima. Često graditelji potkrovlja prostor ispod strmih krovova namjenjuju stanovanju, iako su nerijetko izvedeni toplinski neodgovarajućim izoliranim stijenama i s laganim stropovima, u posljednje vrijeme i bez zračnog sloja za prozračivanje ispod pokrivača.

Grijanje tako izvedenih potkrovnih prostora je skupo, a ljeti je u njima neprimjereno visoka temperatura. U zimama s više snijega na strehama takvih potkrovlja pojavljuju se veća smrzavanja i zaleđivanja sa svim posljedicama.

Posljednjih je godina projektiranje stambenih prostora u potkrovljima novih i starih zgrada u velikom porastu. Nedostatak stanova rješava se adaptacijama starih potkrovlja. Prodaja tako dobivenih stanova često financira sanaciju krovovišta, krova ili pročelja. Ugodno stanovanje pod krovom omogućuju suvremeni građevni materijali i nova tehnička rješenja krovnih konstrukcija.

Projektom i izvedbom krovne konstrukcije iznad stambenih potkrovnih prostora potrebno je stoga postignuti:

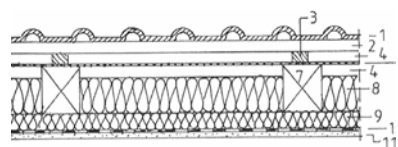
- osiguranu i trajnu zaštitu krovne konstrukcije i unutarnjih prostora od vlage
- optimalnu toplinsku zaštitu prostora u svim godišnjim razdobljima
- potrebnu zvučnu zaštitu
- zahtjevanu zaštitu od požara
- statičku sigurnost.

U suvremenoj konstrukciji strmog krova, sa svim usporednim slojevima od pokrivača do stropne obloge, vrlo je važna i praktički nužna tzv. dodatna hidroizolacija (često se naziva sekundarnim pokrivačem). To je vodonepropustan odnosno vodoodbojan sloj ispod crjepova kojim se zajamčeno štite donji slojevi od nav-

laživanja kišnicom, snijegom ili kondenziranom vodom.

Krov s dodatnom hidroizolacijom projektira se zapravo na dva načina:

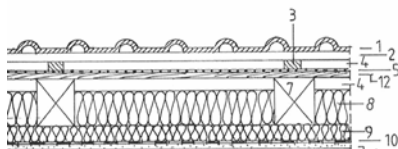
- s dva sloja zraka za prozračivanje, iznad i ispod sekundarnog pokrivača (slike 1. i 2.)
- s jednim slojem zraka za prozračivanje, samo iznad dodatne hidroizolacije (slike 3. i 4.).



Slika 1. Krov s dodatnom hidroizolacijom i dva sloja zraka za prozračivanje

Na slici 1. prikazana je krovna konstrukcija sa dva sloja zraka za prozračivanje, s dodatnom sintetičkom hidroizolacijom, djelomično paropropusnom i najčešće armiranom folijom.

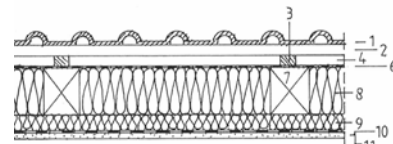
Često se za podlogu za dodatnu hidroizolaciju izvodi drvena oplata iznad rogova (slika 2.). I u tom se slučaju za dodatnu hidroizolaciju upotrebljava djelomično paropropusna i vodonepropusna sintetička folija ili odgovarajući sloj od drugog materijala. Ponekad krovopokrivači za tu svrhu upotrebljavaju bitumensku ljepenku, što je uobičajeno u krajevima s većom količinom snijega odnosno kod krovova pokrivenih manje sigurnim pokrivačem s gledišta zaštite od oborinske vode (drvena šindra).



Slika 2. Krov s dodatnom hidroizolacijom na drvenoj oplati i dva sloja zraka za prozračivanje

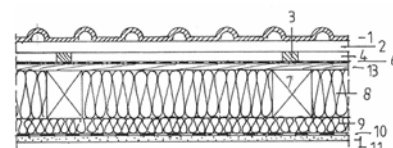
Na slici 3. prikazana je suvremenija krovna konstrukcija sa samo jednim slojem zraka za prozračivanje. Kod nje je dodatna hidroizolacija nepro-

pusna i paropropusna sintetička folija s relativnim otporom difuziji vodene pare $r = 0,02$ m (oznaka r je prema DIN S_d). Polaže se neposredno na rogove odnosno na toplinsku izolaciju koja se stavlja između rogova.



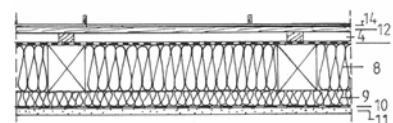
Slika 3. Krov s dodatnom hidroizolacijom na toplinskoj izolaciji i jednim slojem zraka za prozračivanje

Na konstrukciji (slika 4.) dodatna hidroizolacija leži na drvenoj podlozi od dasaka koje prema propisima (norma DIN 68800-2 /Holzschutz/ - 1996) ne smiju biti šire od 10 cm, na međusobnom razmaku širokom najmanje 0,5 cm.



Slika 4. Krov s dodatnom hidroizolacijom na drvenoj oplati i jednim slojem zraka za prozračivanje

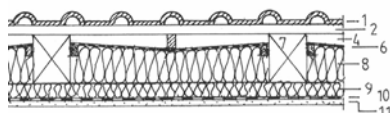
Krovne konstrukcije s dodatnom hidroizolacijom preporučljivo je izvesti i onda kada se kao pokrov rabi bitumenska šindra ili ravni lim koji leži na drvenoj oplati (slika 5.).



Slika 5. Krov s pokrovom na drvenoj oplati i dodatnom hidroizolacijom na toplinskoj izolaciji

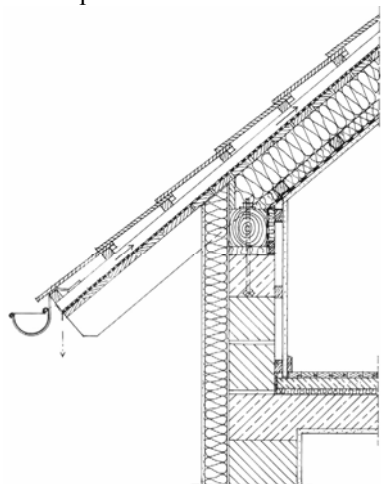
Pri naknadnoj izvedbi izolacijskih slojeva na postojećim potkrovljima, koja se hoće prenamijeniti u stambena, potpuna i besprijekorna izvedba krova nije moguća ako se s krova ne odstrane crjepovi i letve. Između rogova može se ugraditi dodatna paropropusna folija s vrijednosti $r = 0,02$

m i do nje toplinska izolacija, no tada su rogovi nezaštićeni od vlage (slika 6.). Prikazano je i rješenje izvedbe izolacijskih slojeva iz potkrovlja. To je moguće učiniti kada se radi o privremenom rješenju i kada se može očekivati trajnija vodonepropusnost pokrova. Pri kasnijoj zamjeni pokrova, krov je potrebno opremiti novom dodatnom hidroizolacijom iznad rogova.



Slika 6. Krov s ugrađenom dodatnom hidroizolacijom s donje strane

Kod svih se krovova dodatna hidroizolacija mora izvesti do ruba vijenca. Najbolje je ako se moguća zatečena voda odvodi na tlo ispred žlijeba (slika 7.). Time je moguća kontrola vodonepropusnosti pokrova. Ako se utvrdi moguće otjecanje vode s dodatne hidroizolacije, treba sanirati krovni pokrov.



Slika 7. Prikaz detalja krova uz vijenac

Dodatna hidroizolacija mora biti vodonepropusno priključena na sve krovne elemente, kao što su to krovni prozori ili dimnjaci.

Sloj zraka iznad dodatne hidroizolacije u sastavu konstrukcija, prikazanih na slikama 1. - 5. i 7. - 8., dobije se tzv. kontraletvama koje su visoke 3-5 cm i pribijene na rogove. Zračni sloj ispod krovnog pokrova mora se

ZNAČENJE BROJČANIH OZNAKA NA SLIKAMA 1. - 9.

1. pokrov (glineni ili betonski crjepovi)
2. letve
3. kontraletve
4. sloj zraka za prozračivanje
5. dodatna hidroizolacija s djelomičnom paropropusnošću ($r = 3 \text{ m}$)
6. dodatna hidroizolacija s velikom paropropusnošću ($r = 0,02 \text{ m}$)
7. rogovi
8. toplinska izolacija između rogova
9. toplinska izolacija između letava potkonstrukcije za stropnu oblogu
10. parna brana
11. stropna obloga (gips - kartonske ploče)
12. drvena oplata
13. prorijedena drvena oplata (daske $\leq 10 \text{ cm}$, razmaci $0,5 \text{ cm}$)
14. pokrov (lim u pločama, bitumenska šindra)
15. vidljiva drvena oplata
16. sloj zraka
17. vidljiva drvena oplata
18. sloj zraka

prozračivati vanjskim zrakom, što se postiže otvorima uz vijenac i sljeme. Prozračivati se mora i donji sloj zraka prikazan na konstrukcijama na slikama 1. i 2. Pri dimenzioniranju otvora za zračenje zračnih slojeva ispod pokrova i dodatne hidroizolacije treba poštivati zahtjeve koji su navedeni u normama o toplinskoj zaštiti građevina.

Ploština dovodnih otvora kod vijenca mora biti 2 % tlocrta krova, ali ne manje od 200 cm^2 na tekući metar vijenca. Ukupna ploština odvodnih otvora mora po DIN 4108 (Wärmeschutz) biti najmanje 0,5 % tlocrtne ploštine krova.

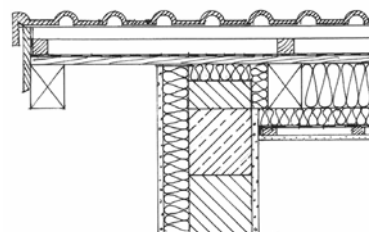
Kod krovova u kontinentalnom dijelu zemlje pravilno je ako su otvori za dovod zraka iz potkrovlja po ploštini jednaki ili veći od odvodnih otvora. Dobro i potrebno prozračivanje krova postiže se s pomoću odvodnih otvora koji su tako izvedeni da ih snijeg ne može zatrpati. Stoga su dobra mjesta za postavljanje odvodnih ventilacijskih otvora stijene zabata ispod sljemena.

Za toplinsku izolaciju strmih kosih krovova najčešće se upotrebljavaju

negorivi i paropropusni materijali, poput, na primjer, kamene i staklene vune. Za krovove prikazane na slikama 3. - 6. i 9. uvjet je velika paropropusnost toplinske izolacije. Preporučena U-vrijednost ($U =$ koeficijent provođenja topline) jest do $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ i nikako ne smije biti viša od $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Detalj spoja krovnih slojeva na vanjske zidove potrebno je riješiti bez toplinskih mostova jer se inače može očekivati kondenzacija u kutovima i uglovima zidnih površina. To se najbolje izvodi postavljanjem toplinske izolacije na vanjsku stranu zidova (slika 8.).

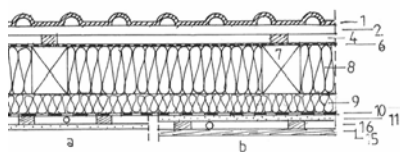
Kod svih krovova koji su sastavljeni od rogova i toplinskoizolacijskih materijala važna je parna brana koja mora biti zrakonepropusno izvedena između traka na spoju sa zidovima i



Slika 8. Prikaz detalja krova uz zid zabata

krovnim probojima. Za parne se brane najčešće upotrebljava PE folija, rjeđe aluminijska folija. Stručnjaci građevinske fizike preporučuju parne brane s visokom paropropusnošću ($r = 2 \text{ m}$), s obzirom na to da u većini slučajeva iznad stambenih prostora nije potrebna niti zahtijevana veća paronepropusnost slojeva ispod toplinske izolacije. U posebnim je uvjetima čak dopušteno projektirati takve krovove bez posebne parne brane. Dovoljna je zrakonepropusno izvedena obloga od gips-kartonskih ploča. U takvim slučajevima toplinska izolacija mora imati priličan toplinski otpor. Pravilnost tih konstrukcija potrebno je dokazati proračunom difuzije vodene pare. Za stropne se obloge često upotrebljavaju gips-kartonske ploče koje se ugrađuju na drvene letve ili posebne

metalne profile. Između letava se ugrađuje toplinska izolacija, a na letve najčešće i parna brana.



Slika 9. Krov sa stropnom oblogom i slojem zraka za razvod instalacija a) obloga od gipsa, b) drvena oplata

Kada se žele zadovoljiti veći zahtjevi što se tiče zaštite od požara, za stropnu se oblogu upotrebljavaju protupožarne gips-kartonske ploče u jednom ili čak dva sloja. I u kupao-nicama i kuhinjama često se ugrađuju takve ploče, samo što su tada impregnirane.

Stropna se obloga može izvesti i tako da je slojem zraka odvojena od parne brane (slika 9., dio a). U tom

se sloju zraka mogu provoditi i instalacije.

Ako se zahtijeva protupožarna zaštita krovne konstrukcije, a za strop se želi upotrijebiti vidljiva drvena oplata, tada se ona izvodi ispod obloge od protupožarnih gips-kartonskih ploča (slika 9., dio b).

T. Vrančić

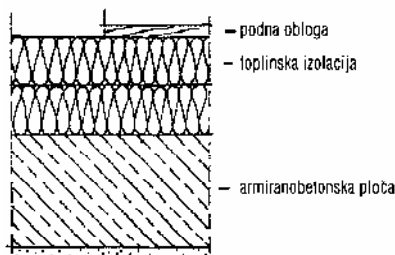
IZVOR: Informativni list *Za učinkovito rabo energije*, Građbeni inštitut ZRMK

STROPNE I PODNE KONSTRUKCIJE

Stropne konstrukcije ispod ventiliranih potkrovlja

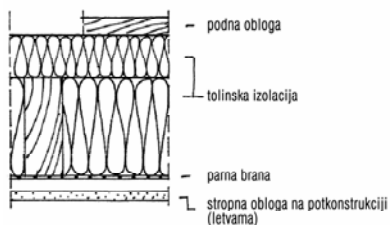
Masivne konstrukcije koje graniče sa zračenim potkrovljima najbolje je izolirati s gornje strane (slika 1.).

Na stropnoj ploči odnosno ispod toplinske izolacije obično nije potrebna ugradnja parne brane.



Slika 1. Masivni strop ispod zračenog potkrovlja

Kod lakih stropnih konstrukcija s lakšim montažnim stropnim oblogama potrebna je parna brana (slika 2.). Važno je da je taj sloj ugrađen potpuno zrakonepropusno.



Slika 2. Laki strop ispod zračenog tavana

Stropne bi konstrukcije trebale imati U-vrijednost (U = koeficijent provo-

đenja topline) koja ne bi smjela prelaziti $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$, za lakše se stropove preporučuje U-vrijednost do $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$. Debljina toplinske izolacije od 20 cm u takvim stropovima nije pretjerana.

Sve stropne konstrukcije, posebno one lakše, moraju biti sasvim zaštićene od oborinskih ili drugih voda. Zato se preporučuje ugradnja dodatnog pokriva.

Stropne konstrukcije iznad negrijanih prostora – podruma

Stropovi se iznad podruma mogu toplinski izolirati na nekoliko načina. Na slici 3. prikazan je presjek s toplinskom izolacijom iznad stropne konstrukcije. Toplinska izolacija sastavljena je od dva sloja: donjeg tvrdog i gornjeg mekšeg, s kojima se sprječava prijenos zvuka po konstrukciji. Toplinska izolacija može biti u jednom sloju. Važno je da njezina stišljivost nije veća od 5 mm.

Moguća su također i rješenja podnih konstrukcija izvedenih "suhim" postupkom. Tu je potrebno podnu oblogu odvojiti od donjih slojeva s odgovarajućim razdjelnim slojem. Rješenja takvih podnih konstrukcija prikazuju proizvođači zvučnih i toplinskih izolacijskih materijala.

Toplinska provodljivost stropova iznad negrijanih prostora ne smije biti veća od $0,45 \text{ W/m}^2\text{K}$.

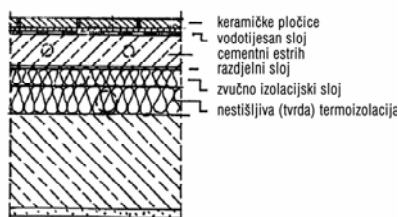


Slika 3. Konstrukcija stropa s toplinskom izolacijom iznad armiranobetonske ploče

Zbog potrebe veće debljine toplinske izolacije, visina je svih slojeva iznad nosive stropne konstrukcije nešto veća (14-16 cm). To se može iskoristiti za polaganje raznih instalacijskih cijevi u stropnu konstrukciju.

Stropne konstrukcije u mokrim prostorima

Projektiranje i izvođenje stropnih konstrukcija sa svim potrebnim slojevima, s kojima se dostiže trajna funkcionalnost, vrlo je zahtjevno za mokre prostore. U sastavu su slojeva, od podne obloge do nosive stropne konstrukcije, osim jednoga obvezatnog za zaštitu konstrukcije i obodnih zidova od navlaživanja (to nisu keramičke pločice) te toplinskoizolacijskog, i sloj kojim se sprječava prijenos udarnog zvuka po konstrukciji. U praksi se iz više razloga teško besprijekorno izvode bitumenske hidroizolacije ispod plivajućih estriha. Stoga se takva izolacija zamjenjuje tzv. "alternativnom" hidroizolacijom koja se, iz vodotijesnoga tanjeg slo-

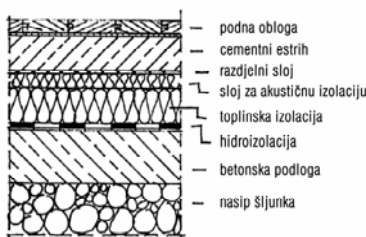


Slika 4. Stropna konstrukcija u mokrim prostorima

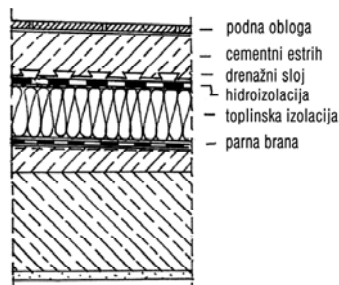
ja, prevlači po plivajućem estrihu (slika 4.). Navedeni sloj mora biti vodotijesno spojen na podne proboje (sifone i izljeve) i zidove s posebnom elastičnom brtvenom trakom. Na takav se sloj lijepo keramičke pločice.

Podne konstrukcije na podu - u suhim i mokrim prostorima

Podne se konstrukcije na tlu po svom sastavu od konstrukcija iznad negri janih podruma razlikuju samo po to me što imaju nosivu podlogu, obično od betona, s ugrađenom hidroizolacijom (slika 5.).



Slika 5. Podna konstrukcija na tlu



Slika 6. Podna konstrukcija s dijelom toplinske izolacije ispod betonske podloge

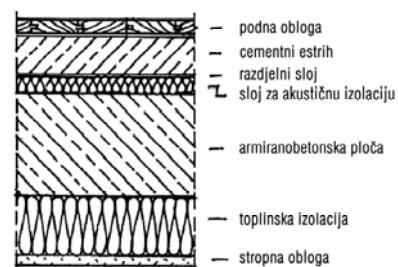
Posebno se u podrumskim prostorijama preporučuje podignuti hidroizolaciju i na zidove, do visine gotovog poda. Hidroizolacija se najčešće izvodi od bitumenskih traka položenih na zaglađenu površinu. U posebnim se primjerima može izvesti top

linska izolacija (ekstrudirani polistiren) i ispod betonske podloge (slika 6.).

Stropne konstrukcije iznad otvorenih prolaza

Stropne konstrukcije koje graniče s vanjskim zrakom zahtijevaju posebno dobru toplinsku izolaciju. Njihova U-vrijednost ne bi smjela prelaziti vrijednost od $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Najbolje je ugraditi toplinsku izolaciju na donjoj strani stropa. Dio toplinske izolacije može poslužiti i kao



Slika 7. Stropna konstrukcija iznad otvorenih prolaza

zvučno izolacijski sloj ispod plivajućeg estriha (slika 7.).

T. Vrančić

Štednja energije

STANOVANJE U PRVOJ PLUS-ENERGETSKOJ ZGRADI NA SVIJETU

Prva plus-energetska zgrada na svijetu ima pročelje obloženo valovitim pločama od Plexiglasa, koje iskorištavaju Sunčevu energiju i istodobno služe kao oblikovni element.

Graditelj Erwin Kaltenegger nazvao je svoj pilot-projekt Gemini prema svemirskoj kapsuli, koja je lansirana u orbitu prije otprilike 40 godina. U Schlossparku općine Weiz u Štajerskoj sagrađena je prva plus-energetska kuća na svijetu. To je prva kuća koja pohranjuje više energije nego što je troši. Nakon razdoblja istraživanja, koje je trajalo 7 godina i u kojem su angažirani brojni stručnjaci na izradi projekta, te uz potporu Europske unije i pokrajine Štajerske, u svibnju 2003. dovršena je gradnja ove futurističke

kuće. Za pročelje su upotrijebljene valovite ploče Plexiglas Heatstop®. Dozirano propuštanje svjetla kroz ovaj materijal omogućuje da se aktivira solarno saće iza ploča. Materijal



Slika 1. Plus-energetska zgrada u Schlossparku

je funkcionalan i istodobno zadovoljava estetske kriterije.

Na krovu se nalaze krila s fotonaponskim modulima za prikupljanje Sunčeve energije te kolektori tople vode. Najveći kut okretanja je 200° , što omogućuje optimalno usmjeravanje modula prema Suncu. Iskorištavanje Sunčeve energije veće je za 55 posto u odnosu na statične solarne uređaje. Za zagrijavanje stana od otprilike 125 m^2 dovoljno je 19 žarulja od 100 W.

Kućno računalo upravlja, regulira i nadzire sve sustave. Senzori u prostorijama stalno analiziraju rasvjetu, temperaturu i prisutnost osoba. Kad se registrira da se nitko ne nalazi u prostoriji 10 minuta grijanje se smanjuje, a svjetlo isključuje.