KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

– STRUKOVNI DIO –

CROSKILLS
ENERGETSKA UČINKOVITOST



PRIRUČNIK ZA TRENERE

GRAĐEVINSKO ZANIMANJE KROVOPOKRIVAČ

IMPRESSUM:

Urednica:
prof.dr.sc. Ivana Banjad Pečur**,** *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Autori:
Tatjana Vadas, *Graditeljska škola Čakovec*
Ljiljana Tepavac-Kocijan, *Graditeljska škola Čakovec*
doc.dr.sc. Bojan Milovanović, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Recenzenti:
prof.dr.sc. Ivana Banjad Pečur, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*
prof.dr.sc. Nina Štirmer, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*
Ivana Carević, *Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet*

Dizajn i prijelom:
Antonija Čičak

ISBN:
978-953-6272-97-6

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 000956729.

Tisak:
Printera Grupa d.o.o.
Dr. F. Tuđmana 14/A, 10431 Sv. Nedelja, Hrvatska

Odgovornost za sadržaj ove publikacije preuzimaju isključivo autori. Njihov sadržaj ne odražava nužno službena stajališta Europske unije. EASME niti Europska komisija nisu odgovorni za bilo kakvo korištenje sadržanim informacijama.

Nakladnik:
Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet

Sva prava pridržavaju autori i urednica. Niti jedan dio ove knjige ne smije se reproducirati ili distribuirati bez dopuštenja autora i urednice.

Zagreb, 2016.



PRIRUČNIK ZA TRENERE

KROVOPOKRIVAČ



Uslijed nedostatka odgovarajuće stručno osposobljenih radnika na hrvatskom tržištu, prepoznata je potreba za **usavršavanjem/osposobljavanjem/prekvalifikacijom radne snage** za energetski učinkovitu obnovu i gradnju zgrada, koji će time jamčiti za kvalitetnu izvedbu. S obzirom na navedeno, u okviru europske inicijative Build Up Skills pokrenut je projekt CROSKILLS koji je podijeljen u dvije faze. U prvoj fazi izrađena je Analiza stanja u zgradarstvu Hrvatske i vještina građevinskih radnika u energetskoj učinkovitosti, uspostavljena Nacionalna kvalifikacijska platforma, te izrađene Nacionalne smjernice za kontinuiranu izobrazbu građevinskih radnika u energetskoj učinkovitosti, koje je podržalo više od 20 nacionalnih institucija i sektorskih organizacija.

Opći cilj projekta CROSKILLS jest uspostaviti sveobuhvatni program kvalifikacija i osposobljavanja građevinskih radnika, kako bi se omogućilo cjeloživotno osposobljavanje radnika u području energetske učinkovitosti te sustavna evaluacija kvalificirane radne snage u državi. Projektom CROSKILLS obuhvaćeno je sljedećih šest prioritetnih građevinskih zanimanja: ZIDAR, FASADER, KROVOPOKRIVAČ, SOBOSLIKAR-LIČILAC, MONTER SUHE GRADNJE I TESAR.

Jedna od važnih karika za uspostavljanje sveobuhvatnog programa kvalifikacija i osposobljavanja građevinskih radnika jest **obuka trenera** koji bi svoja novostečena znanja i vještine trebali prenijeti na jednu od skupina prioritetnih građevinskih zanimanja. Priručnici za šest prioritetnih građevinskih zanimanja za obuku trenera podijeljeni su na ZAJEDNIČKI DIO, s cjelinama koje su jednake za sva zanimanja, te STRUKOVNI DIO s cjelinama koje se odnose na jedno od prioritetnih građevinskih zanimanja u području energetske učinkovitosti.

Ovaj priručnik namijenjen je svima onima koji imaju znanja iz zanimanja KROVOPOKRIVAČ, s ciljem da ih dodatno usavrše u području energetske učinkovitosti. Obučavanje trenera za prenošenje potrebnih vještina i znanja drugima predstavlja osnovu za uspješnu realizaciju projekta CROSKILLS.

STRUKOVNI DIO KONTINUIRANE IZOBRAZBE GRAĐEVINSKIH RADNIKA U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI ZA ZANIMANJE KROVOPOKRIVAČ OBUHVAĆA SLJEDEĆE CJELINE I TEME, NAMIJENJENE TEORIJSKOJ NASTAVI:

Poglavlje **UVOD U KROVOPOKRIVAČKU STRUKU** daje kratki prikaz glavnih funkcija krova, vrsti krovnog pokrova prema materijalu i prema nagibu krovne plohe, kratko se objašnjava zašto je važno brtvljenje krova, te koji se materijali koriste za brtvljenje a koji štite građevinu od oborinskih voda. Nadalje unutar poglavlja kratko se objašnjava odvodnja s krovnih površina. Podpoglavlje **NOSIVA KROVNA KONSTRUKCIJA** daje pregled nosivih dijelova krovne konstrukcije prema vrsti materijala (drvene, metalne i betonske krovne konstrukcije). Podpoglavlje **KROVNA OPREMA** daje pregled svih onih dijelova krova koji su ispod glavnog pokrova i iznad toplinske izolacije, a koji se ugrađuju na konstruktivni dio krovišta: krovne folije (paropropusne i vodonepropusne), kopče protiv nevremena, ventilirano sljeme i greben te ventilacija na krovu. Krovnom opremom smatra se i oprema koja se koristi pri ugradnji fotonaponskih sustava ili solarnih ploča. Podpoglavlje **ZAŠTITA KROVNE KONSTRUKCIJE** objašnjava izolaciju krovišta i detalje kvalitetnog spoja krova sa zidom, funkcioniranje ventiliranog krova, detalji izolacije jednostruko i dvostruko ventiliranih krovišta, te važnost pravilne izvedbe zrakonepropusne krovne konstrukcije. Također su ukratko objašnjeni toplinski gubici uzrokovani problemima u zrakopropusnoj ovojnici. Kao dio UVODA U KROVOPOKRIVAČKU STRUKU navode se vezna sredstva, pribor, alat i strojevi kojima se služe krovopokrivači. U podpoglavlju **UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE** navode se zahtjevi pravilne ugradnje stolarije, te različiti sustavi brtvljenja: pomoću RAL PVC letvica, pomoću folija i ekspandirajuće brtve, te pomoću brtvenih traka. U ovom je dijelu Priručnika objašnjena i ugradnja krovnih prozora, svjetlosnih tunela i prozora za ravne krovove, te ukazano na posljedice nepravilne ugradnje vanjske stolarije.

Poglavlje **POKROV CRIJEPOM** obrađuje teme redoslijeda i načina postavljanja pojedinih elemenata pokrova, prekrivanja krovne površine crijepom i vrste crijepova prema materijalu (glineni crijep, betonski crijep, stakleni crijep, crijep od polikarbonata (tzv. crijep od plastike) i crijep za posebne namjene tzv. solarni crijep (kombinacija materijala).

U poglavlju **POKROV LIMOM** navedene su prednosti i nedostaci pokrivanja limom, sam postupak pokrivanja te materijali koji se koriste za pokriva-

nje limom. U podpoglavlju T**OPLINSKO-IZOLACIJSKI SENDVIČ KROVNI PANELI** obrađuje se njihova podjela, oblik i sastav toplinsko-izolacijskog krovnog panela, antikorozivna zaštita lima, načini pričvršćivanja i ugradnje, te difuzija vodene pare kod toplinsko-izolacijskih sendvič krovnih panela. Podpoglavlje **TOPLINSKO-IZOLACIJSKI KROVNI PANELI U OBLIKU CRIJEPA** navodi prednosti toplinsko-izolacijskih krovnih panela u obliku crijepa i njihov presjek. Podpoglavlje **PROZIRNA KROVNA PLOČA** navodi obilježja kakvoće i svojstva prozirnih krovnih ploča, te presjek krovnih prozirnih ploča.

Kao jedan od oblika pokrova, **KROVNE PLOČE** opisane su u istoimenom poglavlju – one se koriste za pokrivanje svih vrsta objekata i na različitim podkonstrukcijama s velikim rasponom nagiba krova. Njihova je glavna odlika brzina izvedbe pokrova zbog većih dimenzija i male težine, što smanjuje opterećenje na nosivu konstrukciju. Proizvode se od različitih materijala, te razlikujemo vlaknasto-cementne, bitumenske, polikarbonatne, PVC i metalne ploče. Kroz povijest gradnje razvili su se različiti tipovi, oblici i izvedbe krovova uvjetovani određenim klimatskim uvjetima i raspoloživim materijalom za pokrivanje krovova iz neposredne okoline.

POKROV OD ORGANSKIH MATERIJALA daje kratki osvrt na jednostavne prirodne pokrove kao što su slama, šindra (posebno je obrađen pokrov od drvene šindre) i kamen.

Kod **RAVNIH KROVOVA**, kod kojih se pojavljuju značajne greške tijekom izvođenja, obrađeni su funkcionalni slojevi ravnog krova, detalji veza i prodora krova, te najčešći problemi koji se pojavljuju kod ravnih krovova, uz načine njihovih sanacija.

Poglavlje **GRAĐEVINSKA LIMARIJA** odnosi se na izradu i postavu završnih elemenata od crnih i obojenih limova na objektima visokogradnje (horizontalni oluci/žljebovi, vertikalni oluci, krovne uvale, limeni opšavi).



Croatian labour market lacks adequately qualified workers in the field of energy efficiency. Consequently, a need has been identified for basic **training / specialisation / retraining** of the workforce (craftsmen, entrepreneurs) in energy efficiency i.e. in refurbishment and construction of new buildings, thus guaranteeing for high quality performance. Poor workmanship as well as the requirement for highly skilled workers for constructing nZEBs are the basis of the European initiative Build Up Skills, which started the CROSKILLS project, divided in two phases: CROSKILLS Pillar I and CROSKILLS Pillar II. During the Pillar I stage, Status Quo Analysis of the building sector in Croatia was performed where skills of construction workers in the field of energy efficiency and renewable sources of energy were assessed, and the National Qualification Platform established, which derived the National Roadmap for Lifelong Education of the Construction Workers in the Field of Energy Efficiency. The National Roadmap was endorsed by more than 20 national institutions and sectoral organizations.

The main goal of the CROSKILLS project is to establish a large-scale qualification and training scheme for Croatian blue-collar building workers, in order to enable lifelong training of workers in the field of energy efficiency and the systematic evaluation of skilled workforce in Croatia. CROSKILLS project targets 6 priority construction professions: **BRICKLAYERS, PLASTERERS, ROOFERS, CARPENTERS, HOUSE PAINTERS** and **DRYWALL SYSTEM INSTALLERS.**

An important link in the establishment of a comprehensive worker qualification and training scheme is the **training of trainers.** These trainers would transfer their newly acquired knowledge and skills to one of the priority construction professions (blue-collar workers). Each of the manuals for 6 priority professions consists of two parts: COMMON SECTIONS covering topics that are equally relevant for all occupations, and PROFESSION-SPECIFIC SECTIONS covering knowledge that a particular profession has to master in the field of energy efficiency

This manual is intended for all those possessing certain knowledge in the profession of ROOFERS, with interest for further training and improvement in the field of energy efficiency. Training of trainers is the basis for successful implementation of the CROSKILLS goals where trainers will be adequately instructed and advised for the transfer of necessary skills and knowledge to blue-collar workers.

PROFESSION-SPECIFIC SECTIONS OF THE MANUAL FOR ROOFERS IN THE FIELD OF ENERGY EFFICIENCY INCLUDE THE FOLLOWING TOPICS, INTENDED MAINLY FOR THEORETICAL PART OF THE EDUCATION:

The section **INTRODUCTION TO ROOFING** reviews the main functions of roofs, types of roofing materials and roof slopes, explains the importance of roof sealing, types of sealing materials and protective materials for preventing precipitation damage, as well as water drainage from the roof surfaces. The chapter on **SUPPORT STRUCTURE** provides an overview of supporting parts of of the ropofing construction according to the type of material (wooden, metal and concrete-based). The chapter on **ROOF FITTINGS** defines parts of the roof between the outer layer and thermal insulation, fitted onto the supporting structure: underlayment (vapour-proof and waterproof), weather clamps, ventilated ridge and roof vents, as well as the fittings used for installation of photovoltaic systems or solar panels. The chapter on **ROOFING STRUCTURE PROTECTION** explains the process of roofing insulation and details of proper roof-to-wall connections, functioning of a ventilated roof, insulation details for single and double ventilated roofs, and the importance of correct construction of an airtight roofing structure. It also looks at heat losses due to inadequate airtight layers. The section also includes an overview of binding agents, equipment, tools and machinery used by the roofers in their work, while the **MOUNTING OF EXTERIOR JOINERY** chapter lists the requirements of proper joinery mounting, as well as various sealing systems - using RAL PVC bars, using foil and intumescent strips, using foil, and using seal strips. Installation of skylights and tubular daylight devices is explained, as well as the consequences of improper joinery installation works.

The section on **ROOF TILING** discusses the sequence and types of mounting various roof cover elements, roof tiling process and types of tiling material (clay tiles, concrete tiles, glass tiles, polycarbonate/plastic tiles, and special purpose tiles or the so-called solar shingles (a blend of materials)).

The **SHEET METAL TILING** section states the advantages and disadvantages of metal sheeting, the tiling procedure and materials used in tiling. The chapter on **HEAT INSULATED SANDWICH PANELS** gives an overview of types, shapes and composition of sandwich panels, anti-corrosion protection of metal, fastening and mounting methods, as well as vapour diffusion issues. Chapter on **TILE-SHAPED HEAT INSULATED ROOF PANELS** dis-

cusses the advantages, types and characteristics of tile-shaped roof panels, while the chapter on **TRANSPARENT ROOF PANELS** discusses their qualities, features and main types.

As one of the outer roofing layers, **ROOFING SLATES AND SHEETS** are described in a corresponding section – these are used for covering of all building types and can be mounted on various support structures with a large range of roof slopes. Due to their large dimensions and light weight, their main advantages lie in quick mounting and less strain on the support structure. They come as slates or flat/corrugated sheets made of various materials, including fibre-reinforced cement, bitumen, polycarbonate, PVC and metal.

The history of construction saw an evolution of various roof types, shapes and solutions, conditioned by climate and roofing materials available in immediate surroundings – therefore the **ROOFING WITH ORGANIC MATERIAL** section reviews a range of simple natural roof coverings such as thatch, shingle (especially wood shingle) and flagstone.

The **FLAT ROOFS** section discusses the common construction mistakes, functional roof layers, details of connections and projections in roofs, and some of the most common problems ocurring with flat roofs as well as the repairing options.

The **SHEET METAL WORKS** section concerns construction and mounting of finishing ferrous and non-ferrous sheet metal elements on buildings (horizontal and vertical gutters and downspouts, valleys and sheet metal fascias).

SADRŽAJ

1 UVOD U KROVOPOKRIVAČKU STRUKU 17
1.1 DJELATNOST KROVOPOKRIVAČA 17
1.2 VRSTE KROVNOG POKROVA 18
1.2.1 Podjela krovnog pokrova prema materijalu 18
1.2.2 Vrste krovnog pokrova prema nagibu krovne plohe 19
1.2.3 Brtvljenje krova 21
1.2.4 Odvodnja s krovnih površina 21
1.2.5 Održavanje i popravci krova 23
1.3 NOSIVA KROVNA KONSTRUKCIJA 25
1.3.1 Drvene krovne konstrukcije 25
1.3.2 Čelična krovna konstrukcija 28
1.3.3 Masivna (betonska) krovna konstrukcija 30
1.4 KROVNA OPREMA 31
1.4.1 Kopče protiv nevremena 31
1.4.2 Ventilirano sljeme, greben i okapnica 32
1.4.3 Ventilacija na krovu 33
1.4.4 Ostali krovni proboji 34
1.4.5 Otparivanje objekta 35
1.5 ZAŠTITA KROVNE KONSTRUKCIJE 37
1.5.1 Izolacija krovišta 38
1.5.2 Posljedice loše izvedene paro- i zrakonepropusne ovojnice 56
1.6 VEZNA SREDSTVA, PRIBOR, ALAT I STROJEVI 59
1.6.1 Vezna sredstva 59
1.6.2 Pribor, alat i strojevi kod krovopokrivača 64
1.7 UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE 75
1.7.1 Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve 77
1.7.2 Sustav brtvljenja pomoću folija 78
1.7.3 Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka 78
1.7.4 Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica 80
1.7.5 Krovni prozori 81
1.7.6 Svjetlosni tuneli 88
1.7.7 Prozori za ravni krov 91

2 POKROV CRIJEPOM 95
2.1 TOPLINSKA IZOLACIJA DRVENOG KROVIŠTA 97
2.2 POKRIVANJE KROVA CRIJEPOM 104
2.2.1 Postavljanje i pričvršćivanje okapnog lima na krovne grede uzduž okapnice 104
2.2.2 Postavljanje paropropusne-vodonepropusne folije 104
2.2.3 Postavljanje kontra letvi 105
2.2.4 Postavljanje okapne letve 106
2.2.5 Element zračnika na okapnici 106
2.2.6 Postavljanje krovnih letvi 106
2.2.7 Pokrivanje 107
2.3 GLINENI CRIJEP 113

2.3.1 Završna obrada crijepa ... 114
2.3.2 Biber crijep ... 115
2.4 UTORENI CRIJEP ... 120
2.4.1 Jednostruko utoreni crijep ... 120
2.4.2 Dvostruko utoreni crijep ... 121
2.5 KUPA KANALICA ... 122
2.6 BETONSKI CRIJEP ... 123
2.7 CRIJEP OD POLIKARBONATA (TZV. PLASTIČNI CRIJEP) ... 124
2.8 STAKLENI CRIJEP ... 125
2.9 SOLARNI CRIJEP ... 126
2.9.1 Pokrov fotonaponskim pločama ... 127

3 POKROV LIMOM ... 129
3.1 PREDNOSTI I NEDOSTACI POKRIVANJA LIMOM ... 129
3.1.1 Prednosti limenog pokrova ... 129
3.1.2 Nedostaci limenog pokrova ... 129
3.1.3 Vrste lima ... 129
3.1.4 Završna obrada ... 129
3.1.5 Spajanje limova ... 129
3.2 OPĆE UPUTE ZA POKRIVANJE LIMOM ... 130
3.2.1 Materijali za pokrivanje limom ... 130
3.2.2 Nagib krova i vrsta limenog krovnog pokrova ... 132
3.3 POKRIVANJE KROVA LIMOM ... 132
3.3.1 Pokrov krovova ravnim limenim pločama koje se spajaju na gradilištu ... 132
3.3.2 Pokrivanje krovova predgotovljenim limom ... 137
3.4 TOPLINSKO-IZOLACIJSKI SENDVIČ KROVNI PANELI ... 170
3.4.1 Općenito o toplinsko-izolacijskim krovnim panelima ... 170
3.4.2 Ugradnja toplinsko-izolacijskih krovnih panela ... 174
3.5 TOPLINSKO-IZOLACIJSKI KROVNI PANELI U OBLIKU CRIJEPA ... 188
3.5.1 Prednosti ... 189
3.6 PROZIRNA KROVNA PLOČA ... 190

4 KROVNE PLOČE ... 193
4.1 RAVNE KROVNE PLOČE ... 193
4.1.1 Vlaknastocementne ploče ... 193
4.2 VALOVITE KROVNE PLOČE ... 197
4.2.1 Vlaknastocementne krovne ploče ... 197
4.2.2 Valovite bitumenske krovne ploče ... 199
4.2.3 Valovite ploče od drugih materijala ... 200
4.3 PLOČE OD UMJETNIH MATERIJALA (POLIMERA) ... 202
4.3.1 Polikarbonatne i akrilne ploče ... 203
4.3.2 Polikarbonatne pune ploče ... 208
4.3.3 Akrilne ploče ... 209

5 POKROV OD ORGANSKIH PRIRODNIH MATERIJALA ... 211
5.1 UVOD ... 211

5.2 POKROV SLAMOM 211
5.2.1 Slama kao materijal za pokrivanje krova 211
5.2.2 Tehnologija pokrivanja slamom 212
5.2.3 Pokrov trskom 217
5.3 ŠINDRA KAO KROVNI POKROV
5.3.1 Općenito o šindri 219
5.3.2 Pokrov drvenom šindrom 220
5.3.3 Primjena drvene šindre 221
5.3.4 Pokrivanje drvenom šindrom 222
5.4 POKROV KAMENOM 223
5.4.1 Ploče od prirodnog kamena 223
5.4.2 Učvršćivanje kamenih ploča čavlima 228
5.4.3 Dobri primjeri kamenog krovnog pokrova 229

6 RAVNI KROVOVI 231
6.1 PODJELA RAVNIH KROVOVA S OBZIROM NA RASPORED SLOJEVA 233
6.2 FUNKCIONALNI SLOJEVI RAVNOG KROVA 235
6.3 DETALJI PRODORA I VEZA KROVA 247
6.4 NAJČEŠĆI PROBLEMI NA RAVNIM KROVOVIMA 249
6.5 SANACIJA RAVNIH KROVOVA 253

7 GRAĐEVINSKA LIMARIJA 255
7.1 ZNAČAJKE GRAĐEVINSKE LIMARIJE 255
7.2 RACIONALIZACIJA I INDUSTRIJALIZACIJA GRAĐEVINSKE LIMARIJE 255
7.2.1 Propadanje limova 256
7.2.2 Elektroliza 257
7.2.3 Toplinske oscilacije 257
7.3 MATERIJALI ZA GRAĐEVINSKU LIMARIJU 257
7.3.1 Vrste limova i legura 257
7.4 POVRŠINSKA OBRADA I ZAŠTITA LIMOVA 258
7.4.1 Mehanička obrada limova 258
7.4.2 Kemijska obrada limova 259
7.4.3 Premazi i prevlake 259
7.5 SASTAVLJANJE LIMOVA 259
7.5.1 Lemljenje 259
7.5.2 Previjanje 259
7.5.3 Lijepljenje 259
7.5.4 Preklapanje 260
7.5.5 Zakivanje 260
7.6 ELEMENTI GRAĐEVINSKE LIMARIJE U KROVOPOKRIVAČKOJ STRUCI 260
7.6.1 Sakupljanje i odvod vode s kosih i ravnih krovova 261
7.7 GRIJANJE OLUKA I ODVODA OBORINSKE VODE 271

8 REFERENCE 273

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE
KROVOPOKRIVAČ



UVOD U KROVOPOKRIVAČKU STRUKU

1 UVOD U KROVOPOKRIVAČKU STRUKU

1.1 DJELATNOST KROVOPOKRIVAČA

Krovni pokrov sustav je kojim se pokrivaju krovne konstrukcije, sa sljedećim ulogama:

1. zatvaranja objekta prema vanjskom okruženju;
2. zaštite objekta od utjecaja atmosferskih prilika;
3. zvučne izolacije potkrovnih prostorija;
4. toplinske izolacije;
5. zaštite od groma;
6. mehaničke zaštite od prodora stranih tijela;
7. sigurnosti kretanja po krovu;
8. trajnosti korištenja.

Izbor vrste krovnog pokrova ovisi o:

- klimatskim uvjetima;
- geografskim uvjetima;
- namjeni građevine;
- oblikovanju građevine;
- nagibu krovišta;
- gospodarskim uvjetima;
- ekološkim i estetskim parametrima okruženja u kojima nastaje;
- statičkim mogućnostima nosive konstrukcije krova;
- načinu održavanja i popravljanja.

Krov služi kako bi štitio građevinu od vjetra i različitih vremenskih prilika. Kosi krovovi sastoje se od krovne konstrukcije i krovnoga pokrova. Krovni pokrov mora biti nepropustan, postojan i otporan na atmosferske utjecaje, nezapaljiv, dobar toplinski izolator i lagan. Problem kod pokrivanja krovova predstavljaju prvenstveno reške između pojedinih elemenata krovnog pokrova, kroz koje pod utjecajem oborina i vjetra može doći do prodora vode. Prva zadaća krovnog pokrova jest sprječavanje prodora vanjske vlage i vjetra u unutrašnjost građevine. Ispunjavanje ove zadaće kroz dulje vremensko razdoblje vrlo je zahtjevno. Površina krova relativno je velika te nisu potrebna velika, vidljiva oštećenja kako bi voda i vjetar prodrli u građevinu - dovoljna je sitna pukotina.



Slika 1-1 *Krovni pokrov kao element oblikovanja [1]*

Kakvoću krova kao cjeline tako određuje kakvoća najslabije izvedenog detalja, odnosno stanje krova na najosjetljivijem mjestu *(Slika 1-1)*. Krovni je pokrov osim toga najizloženiji dio zaštitne lju-

ske građevine. Dnevno na krovni pokrov djeluju različiti čimbenici: sunce, kiša, snijeg i tuča, vrućina i mraz, izmjenično smrzavanje i otapanje, vjetar (koji djeluje silom pritiska i usisa), agresivni plinovi iz dimnjaka i ventilacijskih uređaja. Zbog svega navedenog, krovni pokrov mora biti postojan i dobro pričvršćen, velike elastičnosti kako bi bez oštećenja podnio vlastite deformacije te deformacije nosive konstrukcije koje mogu nastati uslijed razlika u temperaturi ili promjeni opterećenja. Krovni pokrov mora biti i estetski dobro odabran, jer utječe na cjelokupni izgled građevine, ali pokrovu se danas postavljaju i neki drugi zahtjevi (osnovna kakvoća pokrova koja se dokazuje atestima proizvođača) kao što su: dopuštena vlastita težina, požarna postojanost, samočišćenje, primjerena prohodnost, paropropusnost, kompatibilnost s drugim materijalima i, na kraju, cijena. Osim svega navedenog krov je izložen i djelovanju kapilarne vlage , kondenzata iz stambenog tavanskog prostora, snijega na krovnoj površini, te stvaranja leda na strehi krova kod niskih temperatura, što zahtijeva posebna rješenja za sprječavanje oštećenja.

Zbog toga se preporučuje izvođenje provjetravanih krovova, upotreba dodatnih elemenata (krovna folija, izolacijske ploče, komprimirane trake ili premazi) te pravilno izvođenje sljemena, grebena, uvala, snjegobrana i sustava za otapanje snijega i leda duž strehe.

Posebnu pažnju potrebno je posvetiti izvedbi detalja koji prodiru kroz krovnu konstrukciju (krovni prozori, dimnjaci). Ventilirani krovovi obveza su s aspekta reguliranja temperature i vlažnosti zraka te se njima osigurava sposobnost „disanja“ sustava krova, radi stvaranja kvalitetnih uvjeta za boravak u potkrovlju. Kod nestambenog potkrovlja moraju postojati otvori za dovod zraka na strehi i odvod zraka na sljemenu krova. U slučaju uređenog stambenog potkrovlja mora postojati dvostruko odzračivanje (vidi poglavlje **Funkcioniranje ventiliranog krova**).

1.2 VRSTE KROVNOG POKROVA

1.2.1 Podjela krovnog pokrova prema materijalu

Krovni pokrov prema materijalu dijelimo na:

1. Pečeni glineni
   – običan ravan crijep, utoren, žljebnjaci, valoviti
2. Ploče od prirodnog i umjetnog kamena
   – škriljevac (prirodni kamen), beton
3. Pokrov limom
   – čelični, aluminijski, olovni, bakreni, pokrov predgotovljenim samonosivim toplinsko-izolacijskim panelima
4. Trake (folije) i premazi
   – na bazi bitumena ili sintetskih materijala
5. Pokrov od organskih prirodnih materijala
   – drvena šindra, slama, trska, glina

6. Ostalo

– staklo (stakleni crijep), polikarbonat (leksan), bitumenska šindra, sintetičke mase (tvrdi PVC, armirani poliester), reciklažne PVC ploče, solarni pokrovni materijal (solarne krovne opeke, solarni šljunčani sustavi ili solarni metalni pokrovni materijal).

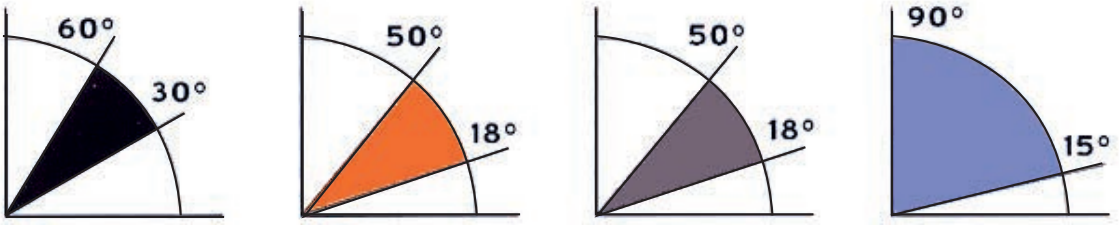
1.2.2 Vrste krovnog pokrova prema nagibu krovne plohe

Nagibi krovnih pokrova regulirani su propisima radi postizanja pravilne odvodnje s krova, onemogućavanje podizanja pokrova uslijed vjetra te zaštite od prokišnjavanja.

Nagib krovnih ploha ovisi o klimatskoj zoni, funkciji krova i pokrovu; primjerice običan ravan crijep zahtijeva nagib od 22-35°; utoren crijep – jednostruko pokrivanje 33-45°, dvostruko pokrivanje 22-45°, a žljebnjaci nagib od 20-35° *(Slika 1-2)*.



Slika 1-2 *Vrste krovnog pokrova prema nagibu krovne plohe [2]*



Prirodni kamen *Crijep-kupa kanalica* *Betonski crijep* *Kanadska šindra*

Slika 1-3 *Nagib krova za pojedine vrste krovnog pokrova [3]*

Kod svih vrsta krovnih pokrova treba se pridržavati uputa proizvođača koje osim značajki pokrova sadrže i podatke o pokrovnoj konstrukciji, načinu slaganja i povezivanja elemenata međusobno i za podlogu, te dodatni asortiman pratećih proizvoda.

Tri su vrste krovova prema nagibima i karakterističnom pokrovu *(Slika 1-3)*:

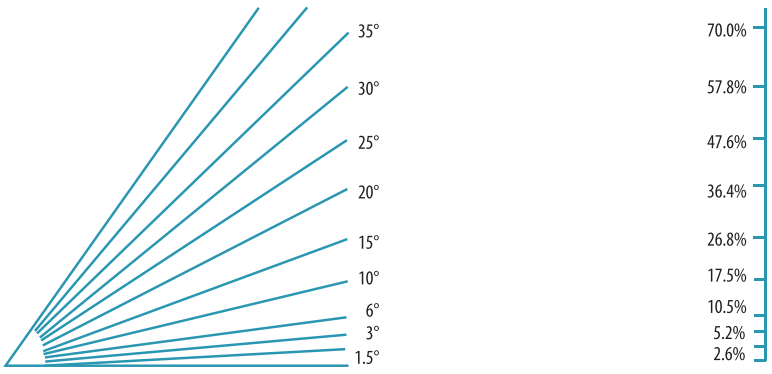
a) > 25 %: strmi krovovi (crijep, žljebnjaci)

b) 5 - 25 %: krovovi blagog nagiba – položeni (salonit ploče, limovi)

c) < 5 %: krovovi neznatnog nagiba - ravni krovovi.

vrsta pokrova		najmanji nagib		Masa kg/m³
		stupnjevi	cm/m	
Obični crijep	Jednostruki	40°	84	65
	Dvostruki	30°	58	90
	Krunski			
Vučeni utoreni crijep		22°	40	65
Tlačeni utoreni crijep				60
Žljebnjaci na letvama		22°	40	110
Škriljac, dvostruki pokrov		18°	32	140
Vapnenocementne ploče, dvostruko pokrivanje				45
Vapnenocementne ploče, dijagonalno pokrivanje				35
Vapnenocementne ploče	Preklop 1/2 val/15cm	17°	31	25
	Preklop 1 1/2 val/20cm	10°	18	
	Brtvljeni preklop 1 ½, val/20cm	7°	12	
	1 ploča, brtvljeni preklop	3°	5	
Staklene ploče	U lemu	30°	58	30
	Bez lema	17°	31	
Lim	Lijepljene trake	3°	5	28
	Profilirani pokrov	6°	10	30
	Valovite ploče	10°	18	
	Valovite brtvljene ploče	7°	12	
Sendvič sustav - panel		6°	10	12
Slama i trstika		40°	84	60
Daščice	Dvostruki pokrov	40°	84	30
Bitumenska ljepenka na drvenoj oplati	Jednostruki	6°	10	35
	Dvostruki	3°	5	40
	Trostruki	-	0.5	70
Plastične trake s cementnim namazom		-	0.5	65

Tablica 1-1 *Odabir pokrova ovisno o nagibu krova*



Slika 1-4 *Nagib krova iskazan u stupnjevima i postocima [4]*

1.2.2.1 Pokrovi strmih krovova

Strmi krovovi imaju nagib veći od 25° i najčešće se pokrivaju glinenim crijepom. Uz crijep se upotrebljavaju ravne i valovite cementne ploče, ploče od metalnih limova i staklene ploče, a za lake pokrove upotrebljavaju se valovite ploče od plastičnih masa. Tradicijski su pokrovi od dasaka, šindre, slame i trske lako zapaljivi, pa se postavljaju samo u iznimnim slučajevima.

1.2.2.2 Pokrovi krovova blagog nagiba - položeni krovovi

Krovovi blagog nagiba imaju nagib od 5° do 25°. Krovovi blagog nagiba pokrivaju se tlačenim crijepom i žljebnjacima, prirodnim škriljevcem, salonit pločama, valovitim limom i valovitim pločama od plastike, predgotovljenim samonosivim panelima ili krovnom ljepenkom pod određenim nagibima.

1.2.2.3 Pokrovi krovova neznatnog nagiba – ravni krovovi

Najmanji nagib krovnih ploha ne smije biti ispod 0,5° i ide do 5°. Takav se krov pokriva višeslojnim hidroizolacijama i propisanim sustavima za ravne krovove.

1.2.3 Brtvljenje krova

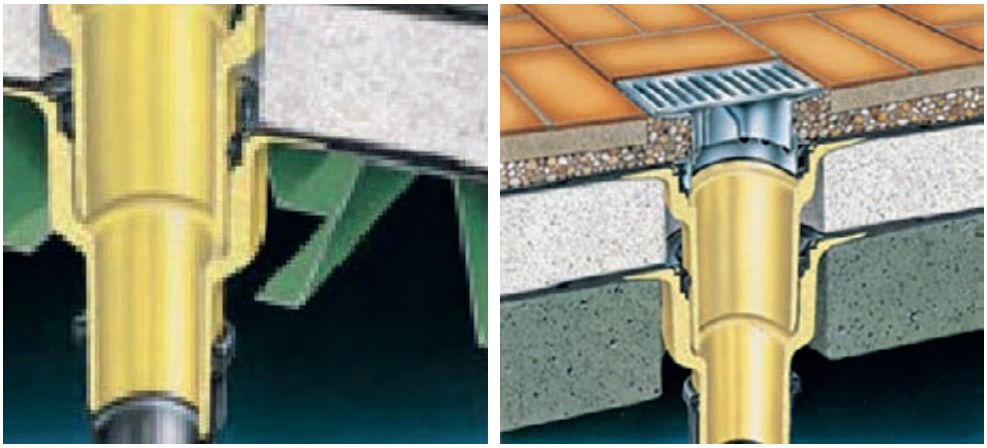
Brtvljenje krova, a posebno ravnih krovova vrši se u pravilu materijalima za brtvljenje u obliku staza te predstavlja vodonepropusni sloj preko cijele površine krova. Oni štite građevinu od oborinskih voda, i nepropusni su za one količine vode koje se privremeno zadržavaju na površini krova. Krovni pokrov mora biti otporan na temperaturne oscilacije, na mehanička naprezanja uslijed istezanja ili skupljanja kao i na UV-zračenje i toplinu zračenja. Krovni pokrov mora biti dostupan i prohodan za poslove održavanja i popravaka. Uobičajeni materijali za brtvljenje krovova su bitumenske ljepenke, trake od plastičnih materijala, trake od kaučuka, tekuće folije, kao i krovovi s glatkim premazima, koji imaju umetke od staklenog vlakna.

Kao pribor za pokrivanje krovova za krovne priključke koriste se profili od aluminija, cinka, bakra, čelika, vlaknastog cementa ili gotovi elementi od betona.

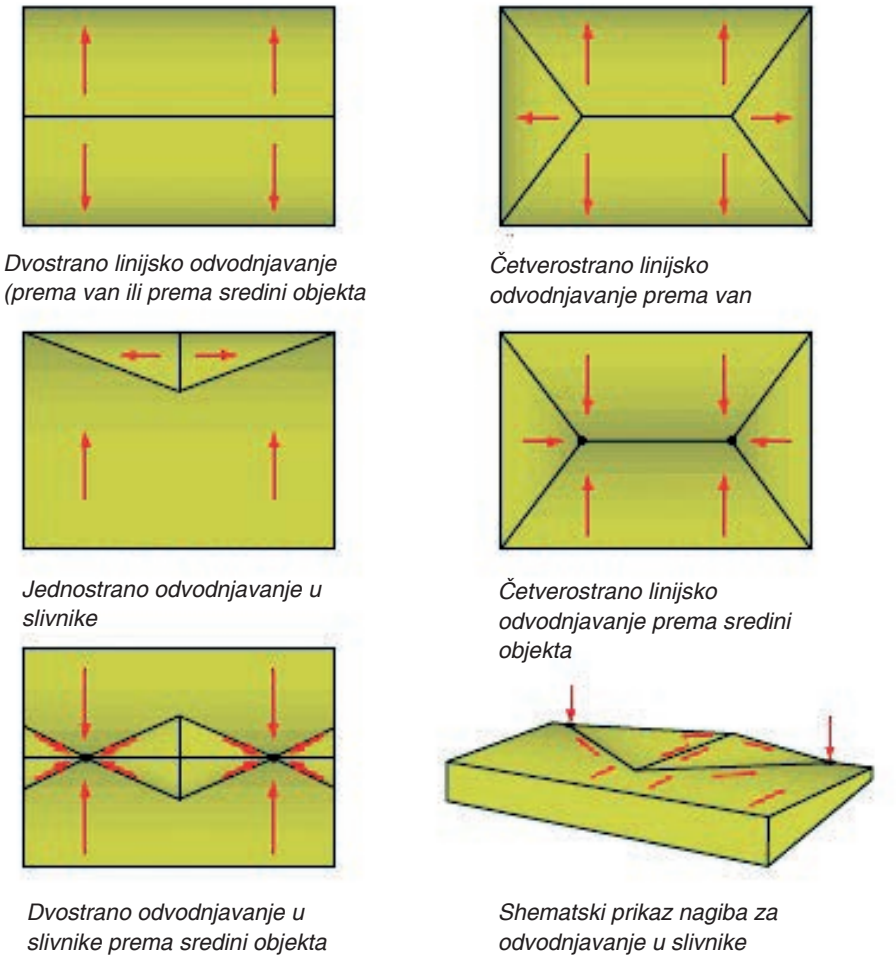
1.2.4 Odvodnja s krovnih površina

Odvodnja s krovova s nagibom vrši se preko krovnih oluka i žljebova. Treba redovito provjeravati oluke, krovne žljebove i vodolovna grla *(Slika 1-5).*

Krovni odvodi služe za odvodnju s ravnog krova. Odvodi se ugrađuju na najnižoj točki krovne površine, a njihov broj određuje se prema veličini krovne površine *(Slika 1-6).*



Slika 1-5 *Odvodnja vode s ravnog krova pomoću vodolovnih grla [5]*



Slika 1-6 *Tlocrtne sheme odvodnje vode s ravnog krova [6]*

1.2.5 Održavanje i popravci krova

Svi krovni elementi moraju se provjeravati u pravilnim vremenskim razmacima (od 3 do 5 godina), a nakon težih vremenskih nepogoda (oluja, tuča i sl.) odmah, i to od strane stručnjaka.

1.2.5.1 Pregled ispravnosti krova

Prilikom pregleda ispravnosti krova potrebno je provesti provjeru:

- sigurnog sidrenja konstrukcije,
- eventualnih šteta nastalih uslijed vlage (truljenje, korozija),
- utjecaja temperaturnih razlika,
- šteta nastalih djelovanjem insekata,
- pukotina i njihovih uzroka na masivnim konstrukcijama.

Drvene i metalne dijelove potrebno je periodično tretirati (zaštita drveta, antikorozijska zaštita).

Provjera brtvljenja krovnog omotača kod ravnih krovova uključuje:

- eventualne pukotine uslijed naprezanja,
- štete na brtvljenju krova nastale oštrim predmetima,
- propusnost na krovnim priključcima i sl. *(Slika 1-7)*



Slika 1-7 *Oštećenje hidroizolacije ravnog krova [7]*

Popravci se provode ovisno o vrsti korištenog materijala lijepljenjem, brtvljenjem, zavarivanjem ili tretiranjem oštećenih mjesta. Prilikom popravaka ravnog krova *(Slika 1-8)*, svakako treba voditi računa o kompatibilnosti materijala za krovno brtvljenje i sanacijskih materijala.



Slika 1-8 *Popravak ravnog krova [7]*

Također je potrebno provjeravati sljedeće:

- nagib krovnog omotača/ploča te propusnost, truljenje, propadanje-pucanje brtvenog materijala na točkama preklapanja. Popravak se vrši zamjenom oštećenih ploča novim pločama i izvedbom nove brtve;
- propusnost krovnog omotača kod ljuskastih izvedbi uslijed oštećenja pokrivnog materijala (štete nastale zbog nevremena i tuče), posebno na sljemenu, rebrima i žljebovima. Popravak se vrši zamjenom oštećenih dijelova;
- krovnu toplinsku izolaciju ukoliko je uočeno vlaženje, odnosno vlažna toplinska izolacija više ne ispunjava svoju osnovnu funkciju. Popravak je uglavnom moguć kompletnom izmjenom krovne konstrukcije te je samim time to zahtjevan i vrlo skup zahvat;
- odvodnju s krova zbog začepljenja uglavnom lišćem, oslobađanje krovnih kanalica i žljebova od snijega i leda *(Slika 1-9)*. Oštećeni dijelovi žljebova se obnavljaju, jer usporavanje vode i otjecanje u drugom smjeru izaziva vlaženje potkrovnih prostora i fasade.



Slika 1-9 *Čišćenje odvodnje s ravnog krova, NAPOMENA: Zaštita na radu [7]*

1.3 NOSIVA KROVNA KONSTRUKCIJA

Krovišta su konstrukcije koje štite zgradu od djelovanja atmosferskih i drugih vanjskih utjecaja. Trajnost zgrade ovisna je o kakvoći izvedbe krova. Krov se sastoji od krovne konstrukcije i krovnog pokrova.

Krovna konstrukcija konstruktivni je sklop koji neposredno prima i na nosive zidove prenosi opterećenje krovnog pokrova, snijega, vjetra i slučajnog opterećenja. Izrađuje se od drveta, metala ili armiranog betona.

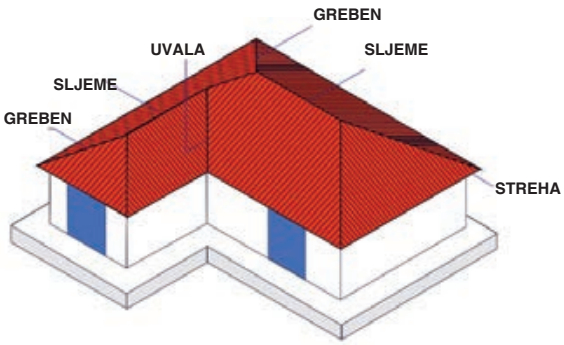
Krovni pokrov vidljivi je dio krova. Neposredno je izložen atmosferskim utjecajima. Izrađuje se od materijala nepropusnih na vodu, otpornih na udare vjetra i dr.

1.3.1 Drvene krovne konstrukcije

Kao krovni pokrov kod drvenih krovnih konstrukcija primjenjuju se sve vrste tradicionalnih pokrova te suvremeni krovni pokrovi od lima, ravnih i valovitih ploča. Prema namjeni i veličini zgrade, njezinom tlocrtnom obliku i položaju, a s obzirom na praktične potrebe i estetske zahtjeve, izrađuju se različite vrste drvenih krovišta. Razlike se očituju po složenosti tlocrta zgrade, koje uvjetuju broj krovnih ploha i raščlanjenost krovova te način izvedbe osnovnih elemenata krova *(Slika 1-10).*

Osnovna podjela drvenih krovnih konstrukcija:

- jednostrešna krovišta,
- dvostrešna krovišta,
- složena krovišta,
- šatorasta krovišta,
- tornjevi,
- kupole,
- bazilikalni i zaobljeni krovovi.



Slika 1-10 *Elementi krova [8]*



Slika 1-11 *Aksonometrijski prikaz drvene krovne konstrukcije [9]*

Razlikujemo dvije skupine krovnih konstrukcija :

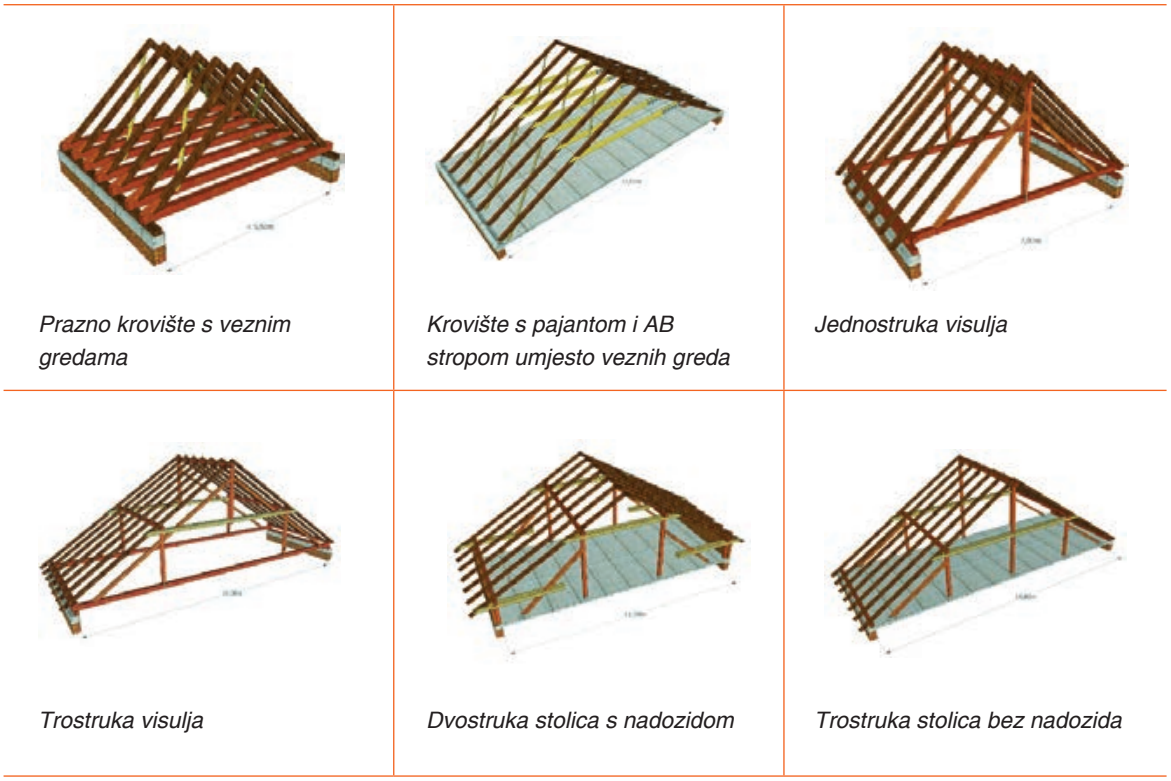
a) Tradicionalne konstrukcije krovova

b) Inženjerske krovne konstrukcije od lameliranih nosača

1.3.1.1 Osnovni dijelovi drvenog krovišta

Prema konstruktivnom sastavu greda u krovnom nosaču i načinu prenošenja opterećenja na oslonce, imamo sljedeće vrste krovnih konstrukcija *(Slika 1-12)*:

1. Prazno krovište
2. Krovište s pajantom
3. Krovna konstrukcija tipa stolica – jednostruka, dvostruka i trostruka stolica
4. Krovna konstrukcija tipa visulja – jednostruka, dvostruka i trostruka visulja
5. Kombinirana krovišta
6. Krovišta s rešetkastim nosačima
7. Krovna konstrukcija od lameliranih nosača



Prazno krovište s veznim gredama | *Krovište s pajantom i AB stropom umjesto veznih greda* | *Jednostruka visulja*

Trostruka visulja | *Dvostruka stolica s nadozidom* | *Trostruka stolica bez nadozida*

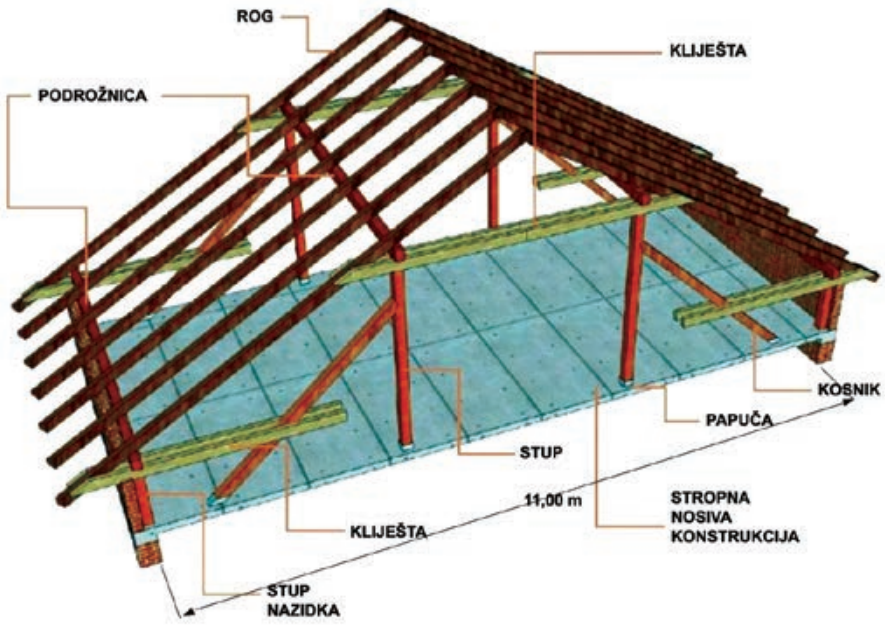
Slika 1-12 *Primjeri vrsta krovnih konstrukcija [8]*

Primjena pojedinih konstruktivnih sustava krovnih nosača ovisi o tome je li raspon krova ujedno i slobodan raspon nosača, ili postoji osim vanjskih još i uzdužni ili poprečni konstruktivni zid ili stup unutar raspona koji može primiti opterećenje od nosača.

Spajanje i vezivanje pojedinih dijelova drvenih konstrukcija mora se izvesti po propisanim pravilima za tesarske veze u jednu čvrstu konstruktivnu cjelinu.

1.3.1.1.1 Konstruktivni elementi krova

Slika 1-13 prikazuje konstruktivne elemente krova.



Slika 1-13 *Aksonometrijski prikaz drvenog krovišta i svih konstruktivnih elemenata [10]*

1. **Rogovi** - neposredno primaju opterećenje od krovnog pokrova i vanjskih sila (snijega i vjetra). Spajaju se u parovima sa suprotnih krovnih površina, postavljaju na razmaku od 0,8-1,0 m, a izrađuju od piljenih ili tesanih greda dimenzije prema vrsti i težini pokrova s presjecima 8/10, 10/12 ili 10/14 cm, s time da slobodna dužina roga nije veća od 4,5 m.
2. **Podrožnice** - uzdužne horizontalne grede položene ispod rogova kao ležajevi za rogove. Dimenzioniraju se na osnovu statičkog računa. Kod manjih krovnih konstrukcija presjeci za podrožnice su 14/18, 14/20, 14/22, 16/20, 16/22 ili 16/24 cm, pri slobodnoj dužini podrožnice (razmak krovnih vezača) od 3,5 do 4,5 m. Nazidnice su također podrožnice, ali koje leže na zidovima.
3. **Stupovi (stupci)** - vertikalne grede koje primaju opterećenje od podrožnica s kojima su vezani kratkim kosnicima (ruke, pajante), a služe za uzdužno ukrućenje krovne konstrukcije. Empirijske dimenzije stupaca za manje krovove iznose 12/14 do 14/16 cm.
4. **Kosnici** - grede u kosom položaju vezane na vertikalne stupove i vezne grede, koje služe za poprečno ukrućenje te prijenos kosih sila na veznu gredu. Dimenzije su 12/14 ili 14/16 cm.
5. **Razupora** – vodoravna greda od jednog ili dva komada drveta koji djeluju kao kliješta, veže stupce u poprečnom pravcu krova i služi za poprečnu vodoravnu vezu krovnog vezača. Dimenzije su 12/14 ili 14/16 cm, a kao kliješta 2×6/12 i 2×8/16 cm.
6. **Vezna greda** - donja horizontalna greda koja prima opterećenje od stupaca i kosnika i prenosi ga na glavne nosive zidove. Vezne grede postavljaju se na razmak od 3,5 - 4,0 - 4,5 m. Dimenzionira se na osnovu statičkog računa, a kod manjih krovnih konstrukcija empirijski joj odgovaraju presjeci 18/20, 20/22 ili 22/24 cm, već prema rasponu krova.

7. **Kliješta** - par greda presjeka 2×6/12 i 2×8/16 koja povezuju rogove, stupove i podrožnicu.
8. **Ruke** - kosi elementi koji ukrućuju stupove i podrožnice, dimenzija 10/14 cm.
9. **Vjetrovni vez** - preuzima na sebe sile vjetra.
10. **Krovni nosač** - glavni konstruktivni element u krovu, sastoji se od više dijelova već prema rasponu krova i opterećenju od krovnih površina. Jednostavni krovni nosač sastoji se samo od vezne grede i para rogova vezanih međusobno u obliku trokuta. Složeni krovni vezač ima još i vertikalne i kose stupce, razupore ili kliješta koji su međusobno vezani u jedan konstruktivni sustav u vertikalnoj ravnini. Krovni vezači raspoređuju se u tlocrtu krova na međusobni razmak od 3,5 - 4,0 - 4,5 m. Ovako raspoređeni nosači zovu se "puni vez" krovne konstrukcije. Izbor sustava po kojem će se izvoditi krovna konstrukcija odnosi se na izbor i rješavanje krovnog nosača.

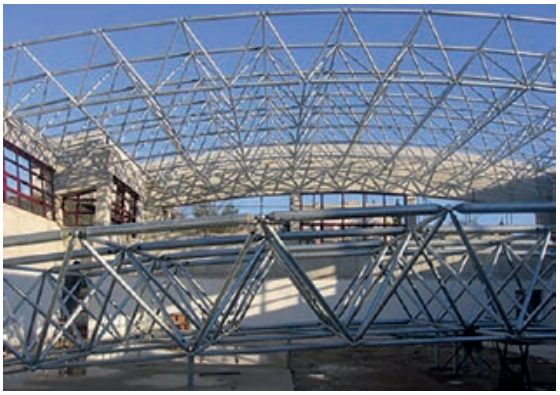


Slika 1-14 *Elementi povezani u čvrstu drvenu konstrukciju [7]*

Složenije drvene konstrukcije sastavljaju se redovno od mnogo pojedinačnih komada drveta. Svaki pojedinačni komad povezuje se na razne načine s drugim komadom, a svi zajedno složeni i povezani tvore čvrstu drvenu konstrukciju *(Slika 1-14)*.

1.3.2 Čelična krovna konstrukcija

Prema vrsti i namjeni pojedine zgrade te prema rasponu i opterećenju izvode se različite vrste čeličnih krovnih konstrukcija. Za raspone od 8-24 metra najpovoljnije su trokutne i gredne rešetkaste krovne konstrukcije *(Slika 1-15, Slika 1 -16)*.



Slika 1-15 *Ugradnja čelične krovne konstrukcije [11]*

Za veće raspone, čak do 100 metara, izrađuju se specijalne rešetkaste krovne konstrukcije od čelika za tvorničke hale. Trokutne rešetkaste krovne konstrukcije prvenstveno se koriste kod dvostrešnih krovova, kojima su štapovi simetrično nagnuti prema strehi pod kutom od 15° do 30°. Prema rasporedu štapova rešetke razlikuju se engleski, belgijski i njemački nosači.

Gredne rešetkaste krovne konstrukcije razlikuju se od trokutnih najviše po tome što im oba gornja pojasa od sljemena do strehe padaju u blagom nagibu 5° do 10°, a vanjski su im krajevi iznad ležišta uzdignuti vertikalnim štapovima. Na čeličnu nosivu konstrukciju najčešće se kao pokrov a ujedno i toplinska izolacija postavljaju lagani krovni paneli tzv. sendvič paneli *(Slika 1-17)*.



Slika 1-16 *Ugradnja metalne konstrukcije - krov [12]*



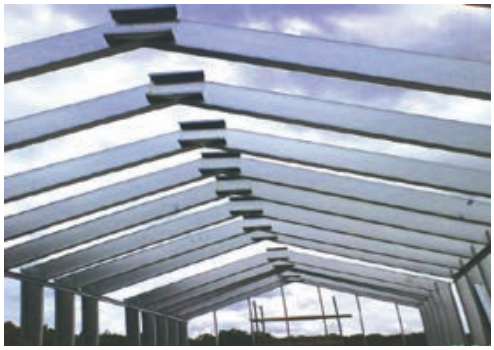
Slika 1-17 *Ugradnja krovnih i fasadnih panela -pokrivanje [12]*















Slika 1-18 *Ugradnja metalne potkonstrukcije, ugradnja zidnih toplinsko-izolacijskih panela i pokrivanje krova profiliranim limom [13]*

1.3.3 Masivna (betonska) krovna konstrukcija

Masivne krovne konstrukcije skuplje su od drvenih i čeličnih krovova, a veći se troškovi mogu opravdati velikom trajnošću i sigurnošću (požar, prokišnjavanje i dr.). Izvode se u oplati u cijelosti na licu mjesta, ili kao polumontažni od šupljih opekarskih ili betonskih (lakobetonskih) elemenata, kao gotovi montažni elementi u obliku pune ili rešetkaste konstrukcije, kao kosi armiranobetonski stropovi, okvirni nosači ili ljuske.

Masivne krovne konstrukcije mogu biti izvedene na mjestu gradnje, s montažnom izvedbom ili kao kombinacija armiranog betona s drugim materijalima. Kao pokrov može se izvesti pokrov krovnim panelima, ili ravan krov (bilo koji oblik) u slučaju manjeg nagiba krovnih nosača.



Slika 1-19 *Primjer betonske krovne konstrukcije i pokrova [7]*

1.4 KROVNA OPREMA

Krovna oprema dio je krovišta koji je najčešće nevidljiv, ali bez tih dijelova krov gubi svoju funkcionalnost. Sve ono što je ispod glavnog pokrova, a iznad toplinske izolacije koja se ugrađuje na konstruktivni dio krovišta, pripada u kategoriju krovne opreme: krovne folije (paropropusne i vodonepropusne), kopče protiv nevremena, ventilirano sljeme i greben, te ventilacija na krovu *(Slika 1-20).*

Ukoliko se na krov ugrađuju fotonaponski sustavi ili pak solarne ploče, oni iziskuju ugradnju dodatne potkonstrukcije i prodora koje je potrebno ugraditi na odgovarajući način *(Slika 1-21).* Ukoliko se na krov planiraju ugraditi neki od nabrojanih sustava obnovljivih izvora energije, to moraju učiniti instalateri certificirani od strane Ministarstva graditeljstva i prostornoga uređenja, a sve radove u domeni krovopokrivača (osiguranje vodonepropusnosti, paronepropusnosti i zaštita od požara) potrebno je izvesti uz savjetovanje s njima, i to prije početka samih radova.



Slika 1-20 *Primjer krovne opreme [14]*



Slika 1-21 *Primjer ugradnje fotonaponskih ploča na postojeći krov [15]*

1.4.1 Kopče protiv nevremena

Kopče protiv nevremena malen su detalj koji ima veliku važnost. Posebno veliku primjenu imaju u područjima gdje puše jak vjetar. Na primjeru crijepa vidi se kako ne samo da se svaki crijep mora čavlati, nego tek uz ugrađene kopče protiv nevremena crijep neće odletjeti kada puše vjetar. Ukoliko se učvrste crijepovi u prvom redu strehe, u zadnjem redu ispod sljemena i rubni crjepovi na zabatima, krov je gotovo 90 % siguran da ga vjetar neće dići. Vrlo rijetko dolazi do podizanja crijepa po sredini krovne plohe. Postoji nekoliko tipova kopči, ali ovisno o tipu crijepa mora se ugraditi kopča koja je proizvedena baš za taj crijep *(Slika 1-22).*



a) *b)* *c)* *d)*

a) *Kopče protiv nevremena za dvostruko pokrivanje;* ***b)*** *Kopče protiv nevremena za falcani crijep*
c) *Kopče protiv nevremena za krunsko pokrivanje;* ***d)*** *Kopče protiv nevremena za tlačeni crijep*

Slika 1-22 *Vrste kopči [16], [17]*



e) f) g) h)

e) *Kopče protiv nevremena za rezani crijep;* **f)** *Kopča za žljebnjak;*
g) *Kopča za glatki žljebnjak;* **h)** *Žica za povezivanje*

Slika 1-22 *Vrste kopči [16], [17]*

Kopča služi za zaštitu krova od jakog vjetra *(Slika 1-23)*. Izrađena je od metala te je univerzalna za sve modele crjepova. Postavlja se bočno na utor crijepa, a pričvršćuje se vijcima ili čavlima. Ovisno o geografskom području, primjenjuje se na svakom crijepu (priobalno područje) i svakom trećem crijepu (kontinent).



Slika 1-23 *Kopče protiv nevremena [18], [19]*



Slika 1-24 *Oštećenje krova uslijed vjetra [20]*

1.4.2 Ventilirano sljeme, greben i okapnica

Kako bi krov normalno funkcionirao treba postojati pravilan protok zraka. Zbog toga se ugrađuje letva koja konstrukciju s crijepom podiže za nekoliko centimetara. Nekoliko centimetara dovoljno je da se stvori zračni sloj u kojem zrak struji od strehe prema sljemenu. U ljetnom razdoblju, za vrijeme visokih temperatura zraka, zračni sloj pomaže toplinskoj izolaciji tako što je pothlađuje i za tih nekoliko stupnjeva olakšava život u potkrovlju. Zimi, kada je postotak vlage puno veći, a temperature su uglavnom ispod nule, zračni sloj prosušuje krovište. Odzračnici se ugrađuju pod sljeme i uz dovoljan dotok zraka sa strehe važni su kako bi krov održavali funkcionalnim bez straha od velike kiše ili vrućine. Tu proizvođači crijepa koriste svoju inovativnost i na razne načine vizualno prikrivaju odzračnike iz estetskih razloga, kako bi izgledalo da ih na krovu niti nema *(Slika 1-25)*.



Slika 1-25 *Plastični odzračnik [21]*

U sljemenu i grebenima potrebno je izvesti ventiliranje pomoću odzračnika *(Slika 1-26).*



Postavljanje odzračnika na sljemenu - preko mrežice postavlja se mort



Postavljanje sljemenjaka preko odzračnika

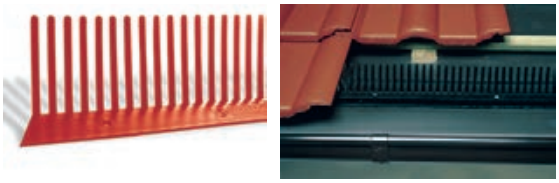
Slika 1-26 *Prikaz postavljanja odzračnika na sljemenu [19]*

Dodatno se kod ventiliranih krovova ugrađuju i ventilacijske mreže, ventilacijski češljevi, ili druga sredstva koja sprječavaju ulazak i gniježđenje ptica na ventiliranom krovu.

Ventilacijska mreža se postavlja na početnu letvu pri čemu pokriva međuprostor i štiti od ulaska ptica između početne letve i krovne folije u donji dio okapnice, a može se koristiti i kod raznih priključaka.



Slika 1-27 *Ventilacijska mreža [22]*



Slika 1-28 *Ventilacijski češalj [22]*

1.4.3 Ventilacija na krovu

Ventilacija na krovu ponekad je neugledan detalj krova. Ventilaciju koja dolazi iz sanitarnih čvorova ili kuhinje najčešće je izvodio limar koja je na krovu građevine izgledala poput nezavršenog pravog dimnjaka. Proizvođači crijepa prodavali su plastične, a sve češće i glinene ventilacije *(Slika 1-29).*

Plastika bi već nakon nekoliko godina promijenila boju i sve više zabrinjavala vlasnika hoće li nestati. Glina daje daleko više sigurnosti, ali u prvom redu cijena, a ponekad i izgled, odbijale su potencijalne korisnike.

Neki proizvođači nisu nikada ni pokušavali proizvesti ventilaciju već su prepuštali limarima da na licu mjesta skroje ventilacijske cijevi od lima, koje bi nakon nekoliko godina korodirale i kvarile izgled nekoć prelijepom krovu.



Slika 1-29 *Ventilacijski elementi na krovu [19], [22]*

1.4.4 Ostali krovni proboji

Osim ventilacijskih proboja krova, na tržištu postoje i rješenja za izvođenje antenske cijevi kroz proboj. Komplet se sastoji od UV-stabilnog osnovnog PVC crijepa i adaptera *(Slika 1-30b).* Adapter se rezanjem može prilagoditi promjeru nosača od 22 do 60 mm. Osnovni crijep se učvršćuje za letvu crijepa koristeći žicu, a zatim se na njega stavlja adapter.



a) Osnovni krovni probojni PVC crijep

b) Adapter antenske cijevi

c) Adapter za fotonaponsku ploču

Slika 1-30 *Primjeri krovnih proboja [22]*

Probojni komplet za fotonaponski priključak jedno je od mogućih rješenja za izvođenje električnog kabela fotonaponskih ploča do električne razvodne podkrovne kutije *(Slika 1-30c).* Komplet se obično sastoji od UV-stabilnog osnovnog PVC crijepa i adaptera, koji se rezanjem može prilagoditi promjeru kabela. Osnovni crijep učvršćuje se za letvu crijepa koristeći žicu, a zatim se na njega stavlja adapter.

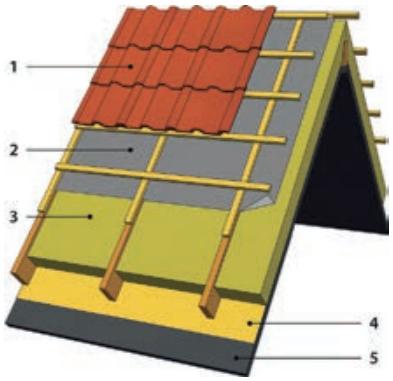
1.4.5 Otparivanje objekta

Ovisno o vrsti građevine i namjeni prostora, možemo reći kako će u gotovo svakoj zgradi doći do stvaranja određenih količina vodene pare. Izvori vodene pare mogu biti različiti: ljudi i životinje, biljke, kuhanje, kupanje, sušenje rublja, razni procesi i sl. Vlaga može doći i izvana za vrijeme vlažnih i vrućih ljetnih dana. Istraživanja su pokazala da se oko 85 % izmjene vodene pare odvija kroz vrata, prozore i postavljene ventilacijske otvore dok oko 15 % prolazi difuzijom kroz zidove i krov (ovo ovisi o načinu gradnje objekta i kakvoći izvedbe ugrađenih proizvoda, ali i objašnjava problem izmjene vlage u današnjim izvedbama građevinskih konstrukcija koje savršeno zabrtve sve moguće otvore i izmjena vlage se svodi na difuziju). Dinamika difuzije vlage kroz krovnu konstrukciju može se regulirati uporabom folija koje se postavljaju u krovnu konstrukciju, a ovisi i o ostalim materijalima (beton, drvo, vrste izolacija) koji su ugrađeni u samu konstrukciju i koji na dinamiku mogu bitno utjecati. Konačni će rezultat na kraju ovisiti o preciznosti izvedbe i pridržavanju pravila ugradnje od strane izvođača.

Zbog problema difuzije vodene pare iz unutrašnjosti zgrade, odnosno ulaska oborina u slojeve krova izvana, izrazito je bitno postaviti krovne folije odgovarajuće namjene, a sve kako će biti opisano u daljnjem tekstu. Ukoliko se ne pridržavate dolje navedenih pravila, doći će do kondenzacije vodene pare i samim time propadanja toplinsko-izolacijskog materijala, kao i same konstrukcije krovišta.

1.4.5.1 Kondenzacija vodene pare

Do kondenzacije vodene pare dolazi kada temperatura zraka koji sadrži određenu količinu vodene pare padne ispod točke zasićenja (kondenzacije). Temperatura zasićenja ovisna je o apsolutnoj količini vodene pare u zraku i to tako da većoj količini pare odgovara viša temperatura zasićenja, pa zbog toga zrak više temperature može u sebe primiti veću količinu vlage. Ovo je razlog da se folije poznate kao parne brane ili parne zapreke postavljaju na unutarnjoj, toplijoj strani krova (prostorije) jer će grijane prostorije moći primiti veću količinu vlage bez straha kako će se u prostoriji pojaviti kondenzacija *(Slika 1-31)*.



1. ***Primarni pokrov*** *(zaštita od oborina)*
2. ***Početni pokrovni sloj*** *– folija (zaštita od vlage izvana – paropropusna-vodonepropusna folija)*
3. ***Toplinska zaštita*** *(toplinska izolacija)*
4. ***Parna brana*** *(blokira ulazak vlage iznutra)*
5. ***Unutarnja obloga***

Slika 1-31 *Primjer postavljanja krovnih folija [22]*

Istovremeno, parna brana ili parna zapreka ima zadatak spriječiti izlazak zraka iz prostorije u unutrašnjost krovne konstrukcije čime se sprječavaju toplinski gubici, ali i nagli prolaz vodene pare u hladniji prostor, čiju kondenzaciju ne bismo mogli spriječiti ventiliranjem toplinske izolacije zbog premale brzine strujanja zraka niti propuštanjem kroz vanjsku paropropusnu krovnu foliju *(Slika 1-32)*, koja ne može propustiti

velike količine vodene pare u kratkom vremenu. Izvedba kvalitetne parne brane *(Slika 1-33, Slika 1-34)* vrlo je važna, naročito kod raznih spojeva i proboja za instalacije, pričvršćenja unutrašnje oplate i slično, jer kod nepravilne izvedbe dolazi do izravnog prodora vlage iz prostorije u unutrašnjost konstrukcije.

Ukoliko je parna brana ispravno postavljena, vodena para će difuzijom prolaziti kroz parnu branu: niti jedna parna brana ne zaustavlja u potpunosti prolaz vodene pare već propušta manje količine vodene pare, čija je dinamika prolaza kroz krovnu konstrukciju takva da je suvremene paropropusne krovne folije postavljene na vanjskoj strani krovne konstrukcije bez problema propuštaju, a ventilirajući sloj ispod samog pokrova odnosi izvan objekta prije nego dođe do stvaranja kondenzacije. Na taj se način odvija izmjena vodene pare između unutrašnjosti zgrade i okoline bez štetnih posljedica za krovnu konstrukciju, toplinsku izolaciju i kakvoću boravka.



Slika 1-32 *Primjer paropropusne, vodonepropusne krovne folija [23]*



Slika 1-33 *Primjer parne brane od aluminizirane polietilenske folije [24]*

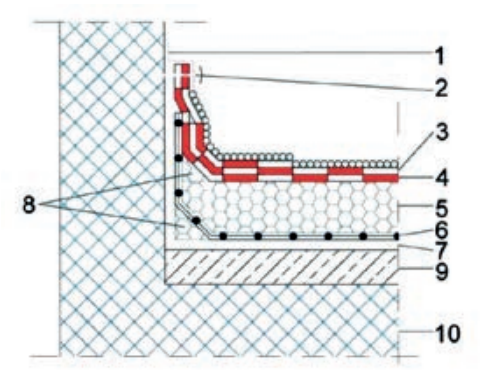


Slika 1-34 *Primjer pametne parne brane [25]*

Detaljnije se o problemu kondenzacije i zaštiti krovne konstrukcije može pročitati u *poglavljima 1.5.1 i 1.5.2* ovog Priručnika.

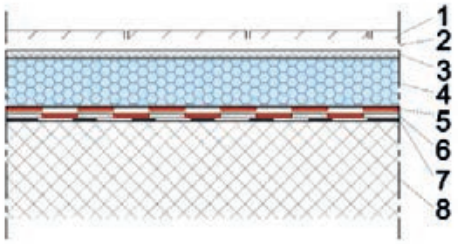
1.5 ZAŠTITA KROVNE KONSTRUKCIJE

Ravne krovne konstrukcije moraju se zaštititi od oborina s gornje strane, dok je s donje strane neophodna zaštita od difuzije pare iz unutarnjih prostorija, kako bi se izbjeglo vlaženje krovne konstrukcije. Obloga krova kod ravnih krovova sastoji se od višeslojnih brtvenih materijala od zavarenih bitumenskih, katranskih ili plastičnih brtvenih traka. Ti brtveni materijali moraju se zaštiti od djelovanja UV-zračenja slojem šljunka. Konstrukcija s donje strane mora imati blokadu pare ili difuzijski otvorenu blokadu prolaza pare, u ovisnosti o tome radi li se o konstrukcijski hladnom ili toplom krovu *(Slika 1-35 i Slika 1-36).*



1. *Mehaničko pričvršćivanje*
2. *Kapa od Al lima*
3. *Drveni podložak učvršćen u beton*
4. *Mehaničko pričvršćenje*
5. *Toplinska izolacija od ekspandiranog polistirena*
6. *Gornji sloj hidroizolacije s škriljevim posipom*
7. *Donji sloj hidroizolacije*
8. *Toplinska izolacija od ekspandiranog polistirena*
9. *Ugaona prizma od ekspandiranog polistirena*
10. *Parna brana od AL folije*
11. *Hladni bitumenski premaz*
12. *AB konstrukcija*

Slika 1-35 *Primjer neprohodnog ravnog krova s naznačenom parnom branom i hidroizolacijom (crveno) [26]*



1. *Betonske ploče*
2. *Pijesak frakcije 4 do 8 mm, minimalne debljine 3 cm*
3. *Drenažni, filterski i sloj za razdvajanje*
4. *Ekstrudirani polistiren (XPS)*
5. *Hidroizolacija i parna brana*
6. *Hidroizolacija i parna brana*
7. *Hladan bitumenski premaz*
8. *AB ploča pod nagibom (minimalno 2%)*

Slika 1-36 *Primjer obrnutog ravnog krova s naznačenom parnom branom i hidroizolacijom (crveno) [27]*

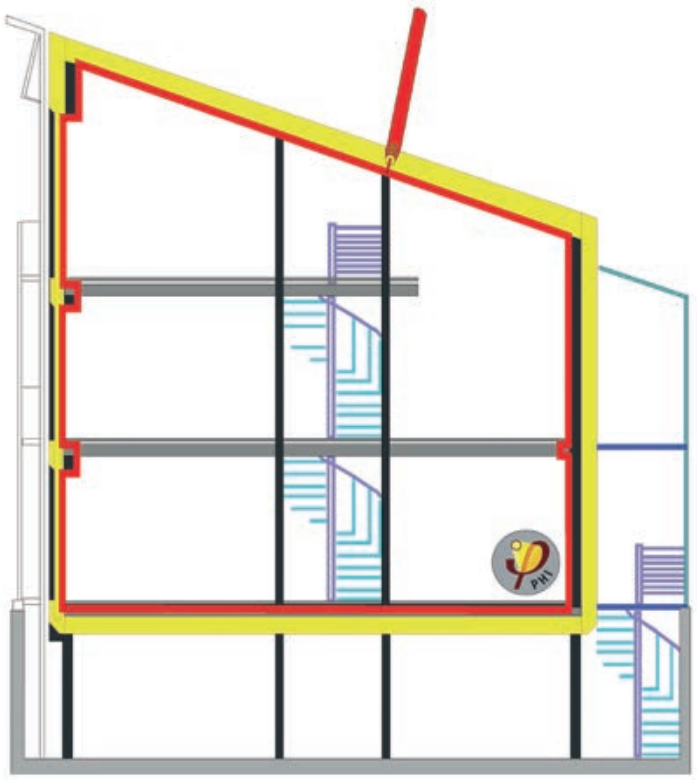
Kod kosog, tzv. hladnog krova toplinski izolirana, nosiva konstrukcija razdvojena je zračnim slojem od omotača krova. Kod kosih ali i ravnih krovova zrak može ventilirati kroz taj sloj te prenositi vlagu, ali i toplinu iz krova u ljetnom razdoblju. Rizik od građevinskih oštećenja kod ventiliranih je konstrukcija značajno manji nego kod neventiliranih toplih krovova. Vlaga nastala uslijed kondenzacije vodene pare, toplinskih mostova ili konstrukcijskih grešaka ostaje u građevinskom elementu i trajno vodi ka stvaranju plijesni. Alternativno rješenje za ravni krov jest izravno nanošenje dva sloja polimer-bitumenske ljepenke uz nosivu konstrukciju kod reverzibilnog krova. Na to se zatim postavlja vodootporna toplinska izolacijska

postojana na mraz, čije su ploče međusobno povezane po načelu pera i utora. Na te ploče još se mogu staviti šljunčani zasip, ploče za hodanje ili zeleni krov *(Slika 1-35).*

1.5.1 Izolacija krovišta

Dobro izvedeni krov sa svim detaljima uvjet je dugotrajnosti svih elemenata krovne konstrukcije, a ujedno i uvjet ugodnosti boravka i kakvoće života ljudi koji borave u zgradi. Jedan od najosjetljivijih detalja koji je potrebno ispravno riješiti spoj je krova i zidova (i na zabatima i na strehi), pri čemu je potrebno osigurati:

- sprječavanje ulaska vode u slojeve ETICS sustava (ili drugih toplinskih sustava zidova)
- neprekidnost toplinske izolacije (izbjegavanje toplinskih mostova)
- neprekidnost zrakonepropusne ovojnice zgrade (izbjegavanje kondenzacije vodene pare)

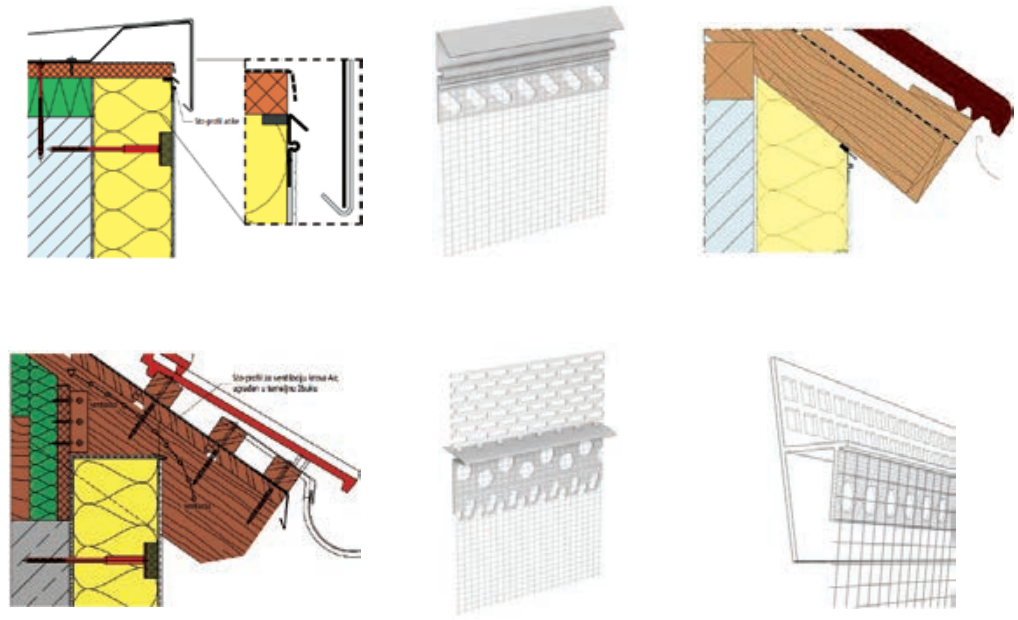


Slika 1-37 *Shematski prikaz neprekidnosti toplinske (žuto) i zrakonepropusne (crveno) ovojnice zgrade [28]*

Za sprječavanje ulaska vode razvijeni su specijalizirani profili za priključak ETICS sustava na pokrove atike kao i neventilirane i ventilirane krovove, *Slika 1-38*. Profil atike ima savinut okapni rub koji služi kao prepreka za oborinsku vodu koja se penje uslijed djelovanja vjetra. Kod ventiliranih krovova koriste se specijalizirani profili s integriranom ventilacijskom rešetkom koja sprječava ulazak sitnih životinja, a time i oštećenja koja one često uzrokuju.

a)

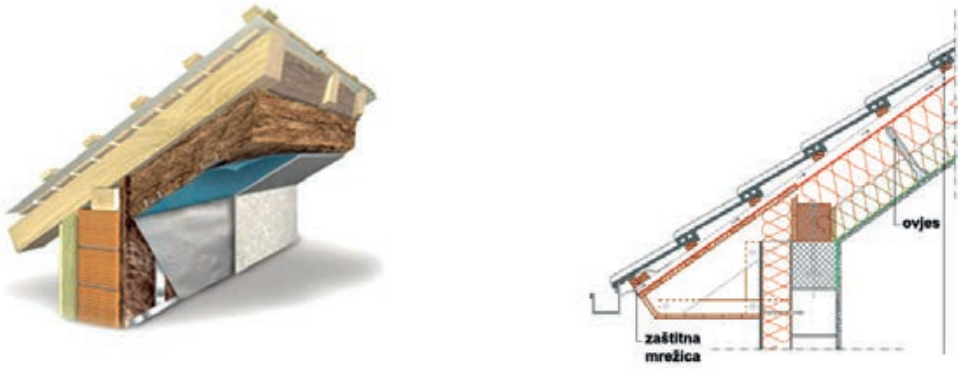
b)



Slika 1-38 *Završetak ETICS sustava spoj krova i zida: a) kod atike i neventiliranog krova (presjek i profil); b) kod ventiliranog krova (presjek i profil) [24]*

Kontinuitet toplinske izolacije može se ostvariti na nekoliko načina - izolacijom s vanjske strane ili izolacijom s vanjske i unutarnje strane, ali projektant je taj koji treba izvođaču dati riješen detalj spoja krova i zida zgrade, prema kojem je tada potrebno izvesti radove.

Zrakonepropusnu ovojnicu također je potrebno projektirati, a najčešće se ostvaruje izvođenjem parne brane s unutarnje strane krovišta, pri čemu se ona brtvi na svim nastavcima i probojima te se spaja sa žbukanim građevnim dijelovima (odnosno parnom branom zidova u slučaju drvenih vanjskih zidova – montažne drvene gradnje), *Slika 1-39.*



Slika 1-39 *Primjer neprekidnosti toplinske izolacije i zrakonepropusne ovojnice zgrade [24]*

Kako bi se spriječila građevinska šteta na drvenim krovovima, najbolje je izvoditi ventilirane krovove. Ventilirani krov je krov u kojemu je omogućeno prirodno strujanje zraka ispod krovnog pokrova (crijepa i sl.), tj. između tzv. sekundarnog pokrova i samog pokrova.

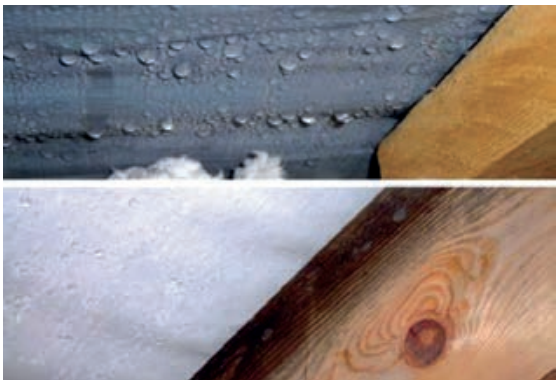
Sekundarni pokrov ovdje podrazumijeva paropropusni, a istovremeno vodonepropusni sloj koji se nalazi ispod pokrova. On sprječava da eventualni prodor oborinskih voda kroz pokrov prođe u dublje slojeve krova, pa se ta voda spušta po njemu do najniže točke krova – okapnice, gdje istječe (okapava). Istovremeno, sekundarni pokrov je paropropustan, što omogućuje isušivanje eventualno kondenzirane vodene pare u slojevima toplinske izolacije.

Sekundarni pokrovi obično su **samonosive krovne folije (paropropusne-vodonepropusne folije) s ili bez daščane podloge** koje imaju dovoljnu vlačnu čvrstoću, otpornost na paranje i niski otpor difuziji vodene pare (S_d < 0,5 m), kao i vodonepropusnost. One također moraju biti UV stabilne i razreda reakcije na požar B ili boljeg.

Iako se tradicionalno kao sekundarni pokrov u prošlosti postavljala i bitumenska ljepenka ili u nekim slučajevima razne vrste PE folija, DANAS SE NJIHOVA PRIMJENA NE PREPORUČUJE jer se one ponašaju kao parne brane (imaju visoki otpor difuziji vodene pare, S_d vrijednost). Zbog tog visokog otpora difuziji vodene pare može se dogoditi da zapravo one uzrokuju građevinsku štetu uslijed kondenzacije vodene pare.

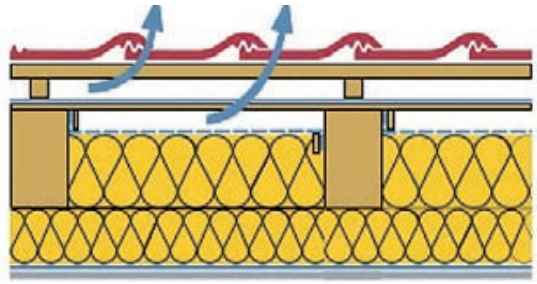


Slika 1-40 *Primjer bitumenske ljepenke na krovu - izbjegavati [29]*



Slika 1-41 *Primjer kondenzacije vodene pare na neprikladno odabranoj krovnoj foliji drvenog krovišta [24]*

Ukoliko se ipak izvodi krov s bitumenskom ljepenkom kao sekundarnim pokrovom, ili pak obnavlja postojeći krov koji ima bitumensku ljepenku kao sekundarni pokrov, potrebno je u takvom krovu izvesti ventilirajući sloj zraka između daščane oplate i toplinske izolacije *(Slika 1-42)*. Ovaj zračni sloj formira se na način da se između rogova napne paropropusna vodonepropusna folija s odmakom od drvene oplate od najmanje 4-5 cm. Sloj toplinske izolacije između rogova je



Slika 1-42 *Primjer ventilacije u slučaju izvođenja krova sa bitumenskom ljepenkom kao sekundarnim pokrovom*

pri tome manje debljine (kako bi se osigurao zračni sloj) i potrebno je izvesti dodatni sloj toplinske izolacije s donje strane krova *(Slika 1-42).*

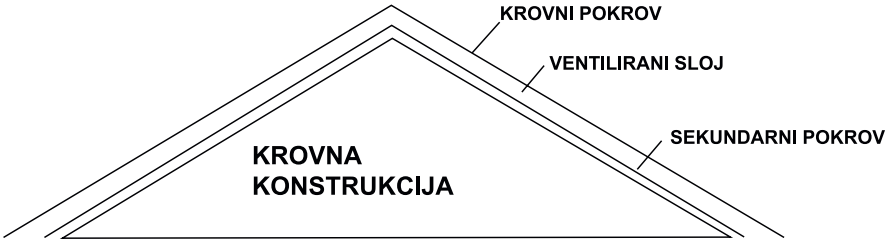
Ukoliko se proizvodi od polietilena (PE) koji je zbog male čvrstoće dodatno armiran koriste kao sekundarni pokrov, tada se oni mehaničkim putem perforiraju kako bi se dobila određena paropropusnost, ali zbog vodonepropusnosti promjer otvora pritom ne smije biti prevelik. Zbog perforacija ove folije ne smiju se stavljati na daščane oplate jer bi na mjestima dodira sa oplatom moglo doći do prolaza vode. Isto tako, paronepropusnost (S_d > 0,5) zahtijeva zračni sloj za ventiliranje toplinske izolacije što ograničava ugradnju PE folija izravno na toplinsku izolaciju. Preporuka je koristiti PE folije kao sekundarni krov za zaštitu neuređenih (nestambenih) potkrovlja bez toplinske izolacije pri čemu se postavljaju izravno na rogove. Postavljanje je jednostavno i ne zahtijeva mnogo vremena. **Niska cijena PE folija razlog je njihove najčešće primjene, ali na žalost u svrhu za koju nisu primjerene, što može rezultirati velikim štetama.**

Mjerila koja su u praktičnom smislu vrlo važna kod folija za sekundarni pokrov uključuju:

- **Otpornost na habanje** koja dolazi do izražaja kod folija koje se postavljaju na daščane oplate, kada radovi zahtijevaju veću količinu kretanja po već postavljenoj foliji, zbog toga što zbog hodanja dolazi do oštećenja gornjeg sloja materijala pri čemu opada vodonepropusnost folije.
- **Dinamička vodonepropusnost** krovne folije postavljene na daščanu oplatu – u slučaju jakih pljuskova prije pokrivanja objekta.
- **Vodonepropusnost na mjestima prodora čavala** kojima je folija pričvršćena na krovnu konstrukciju. Budući je vodonepropusnost jedan od najvažnijih zahtjeva koji se postavlja pred krovne folije, a svaka se folija pričvršćuje desetinama čavala na krovnu konstrukciju proizlazi da je neophodno na mjestima proboja osigurati nepropusnost. Ova vodonepropusnost osigurava se slojevima hidrofobnog ljepila koji se na mjestima proboja obavijaju oko čavla i ne dozvoljavaju prolazak vode. Zbog toga kod ovih folija nije potrebno postavljati butilne trake ispod kontraletava, čime se dobiva isti učinak vodonepropusnosti.
- **Otpornost krovnih folija na sredstva za zaštitu drveta.** Danas se zbog brzine građenja drveni dio krovne konstrukcije sve češće zaštićuje zaštitnim sredstvima u zadnji tren, pa je prilikom postavljanja krovne folije velika vjerojatnost za kontakt zaštitnog sredstva s folijom. Ovo može dovesti do kontakta sredstva s paropropusnom membranom i gubitka osnovnih svojstava folije. Visoka otpornost na zaštitna sredstva postiže se slojevima hidrofobnog ljepila koja ujedno brane prolaz sredstava do paropropusne membrane.

Analizirajući i sve ostale aspekte koji se vežu uz ugradnju i korištenje krovnih folija dolazi se do zaključka da ovi proizvodi moraju zadovoljavati čitav niz zahtjevnih uvjeta kako bi se omogućila sigurna ugradnja, sigurnost objekta prilikom gradnje i zadržavanje svih svojstava krovne folije i nakon završetka izrade krovne konstrukcije. Prilikom određivanja kakvoće pojedinih proizvoda na tržištu n**emoguće je koristiti se organoleptičkim metodama nego isključivo podacima izmjerenih vrijednosti** gore navedenih značajki, koje bi trebao deklarirati i staviti na uvid svaki proizvođač i distributer ovih proizvoda.

Strujanje se ostvaruje odmicanjem pokrova (zajedno s letvama na kojima leži) od sekundarnog pokrova s istovremenim omogućavanjem ulaza zraka na okapnici (na donjem rubu krovne plohe - kod žlijeba), te izlaza zraka pri vrhu krovnih ploha, tj. na sljemenu krova.



Slika 1-43 Položaj osnovnih dijelova ventilirajućeg krova [4]

Visina ventiliranog sloja ovisi o nagibu krovne plohe i dužini roga – veća je što je nagib krovne plohe manji, a rogovi dulji, varira od 3-30 cm i više. Minimalna preporučena visina u našim krajevima iznosi 5 cm.

1.5.1.1 Funkcioniranje ventiliranog krova

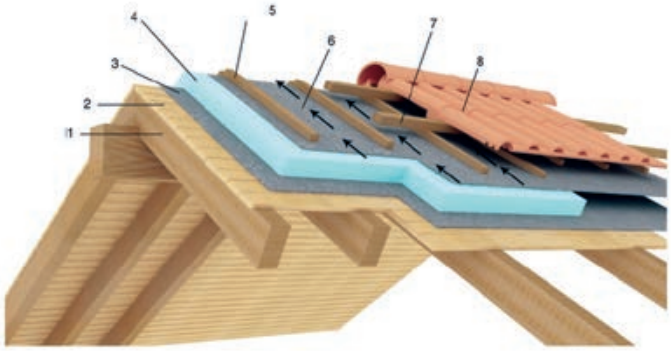
Ljeti temperature zraka mjerene neposredno ispod pokrova dosežu do 100° C. Pokrov akumulira (sakuplja) toplinu i predaje ju u okolinu - potkrovlje. Prirodno strujanje zraka (propuh) u ventilirajućem sloju krova stalno izbacuje taj višak topline izvan potkrovlja. Kod sanacije postojećih krovova, nakon izvedbe ventiliranog krova, u usporedbi s prethodnim stanjem - običnim tavanskim prostorom koji ima samo letve i pokrov, a bez dodatne ugradnje bilo kakvih toplinskih izolacija, temperatura zraka u potkrovlju će se tijekom ljeta sniziti za 5-10° C.

Toplinske izolacije stambenih potkrovlja funkcioniraju samo kada su potpuno suhe. Za vrijeme zimskog (vlažnog) razdoblja povećano je upijanje vlage iz zraka u toplinsku izolaciju, pokrov i drvene elemente krova. Prirodno strujanje zraka u ventiliranim krovovima stalno isušuje toplinsku izolaciju izbacivanjem vlage iz prostora ispod crijepa, te tako sprječava hvatanje vlage, kondenzaciju i stvaranje leda s donje strane pokrova, na slojevima hidroizolacije kao i na svim površinama drvene konstrukcije krova [30].



Slika 1-44 Primjer vlažnog i trulog drvenog krova [31]

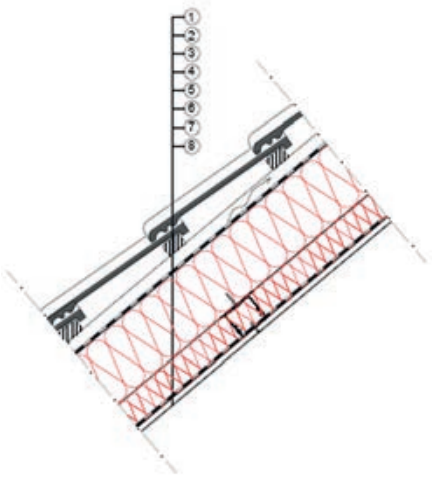
Izvedbom ventiliranog krova uz pravilnu primjenu svih elemenata krova kao na *Slici 1-45* (nosiva konstrukcija, pokrov, građevna limarija, toplinska izolacija, parna brana, paropropusna - vodonepropusna folija i sl.), te uz stručno rješenje svih detalja, trajanje konstrukcije i svih materijala znatno se produljuje, potkrovlje ostaje suho i toplo, a život u njemu ugodan i zdrav.



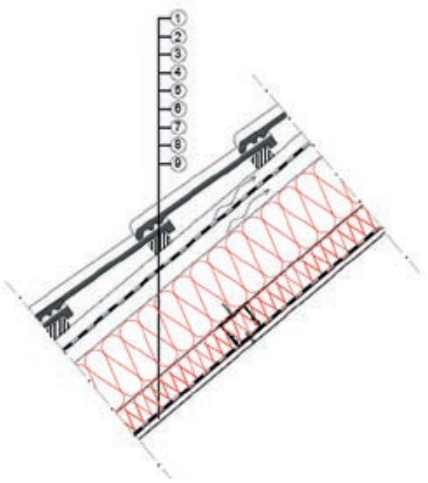
1. *Drveni rogovi*
2. *Daske*
3. *Folija*
4. *Izolacija*
5. *Kontraletve*
6. *Folija*
7. *Letve*
8. *Crijep*

Slika 1-45 *Ventilirani krov s vidljivom konstrukcijom [32]*

Postoje dvije vrste ventiliranih krovišta: jednostruko i dvostruko *(Slika 1-46)*, o čemu ovisi i izvedba detalja te presjeci navedenih krovišta.



1. *Primarni pokrov*
2. *Kontraletva*
3. *Ventilirani sloj zraka između letvi*
4. *Paropropusna i vodonepropusna folija*
5. *Toplinska izolacija (npr. između rogova)*
6. *Dodatna toplinska izolacija ispod rogova*
7. *Parna brana*
8. *Stropna obloga*



1. *Primarni pokrov*
2. *Kontraletva*
3. *Ventilirani sloj zraka između letvi*
4. *Paropropusna i vodonepropusna folija*
5. *Ventilirani sloj zraka između greda*
6. *Toplinska izolacija (npr. između rogova)*
7. *Dodatna toplinska izolacija ispod rogova*
8. *Parna brana*
9. *Stropna obloga*

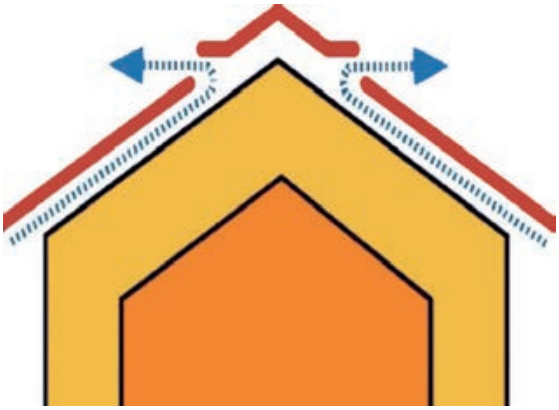
Slika 1-46 *Usporedba JEDNOstruko i DVOstruko ventiliranog krova u presjeku [24]*

Ventilirajući sloj u jednostrukom se ventiliranom krovištu nalazi iznad paropropusne folije od sljemena do okapnice kao provjetravanje *(Slika 1-46)*.

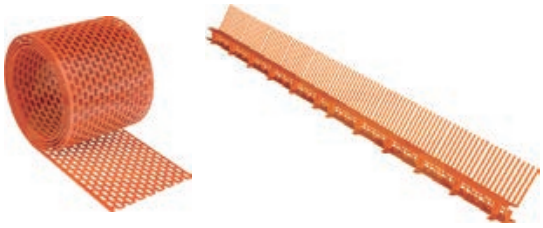
Takav prostor dobiva se uzdužnim (kontra) letvama koje čavlima pričvršćujemo za rogove. Visina kontraletvi može iznositi od 25 do 50 mm. Deblje kontraletve povećavaju zračni prostor i time omogućavaju efikasnije odvođenje vlage [33]. Za dobro ventiliranje treba osigurati odgovarajući ulaz za zrak kod okapnice i izlaz na sljemenu *(Slika 1-47)*.

Ulaz za zrak kod okapnice zatvara se pomoću mrežice ili češlja čiji je zadatak zaštita od ulaska ptica i ostalih životinja *(Slika 1-48)*.

Slika 1-49 prikazuje oštećenje toplinske izolacije i sekundarnog pokrova zbog ulaska životinja u slojeve krova. Ova mrežica, koja zbog svoje uloge najčešće nosi naziv traka-zračnik, ima velik ulazni presjek koji je jednak presjeku ventilirajućeg sloja, tako da gotovo uvijek zadovoljava postavljene uvjete.



Slika 1-47 *Strujanje zraka od okapnice do izlaza na sljemenu [30]*



Slika 1-48 *Traka za provjetravanje i ventilacijski češalj [34]*



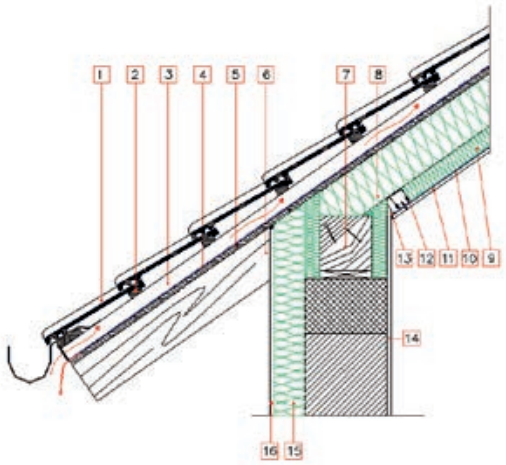
Slika 1-49 *Oštećenje toplinske izolacije zbog glodavaca [35]*

Dvostruko ventilirani krovovi imaju 2 ventilirana sloja. Drugi sloj nalazi se između rogova, a iznad sloja toplinske izolacije koja je u tom slučaju niža od rogova. Služi za ventilaciju pare iz unutrašnjosti potkrovlja koja kontrolirano prolazi kroz sloj parne zapreke, koja se u tom slučaju koristi umjesto parne brane.

1.5.1.2 Detalji izolacije ventiliranog krovišta

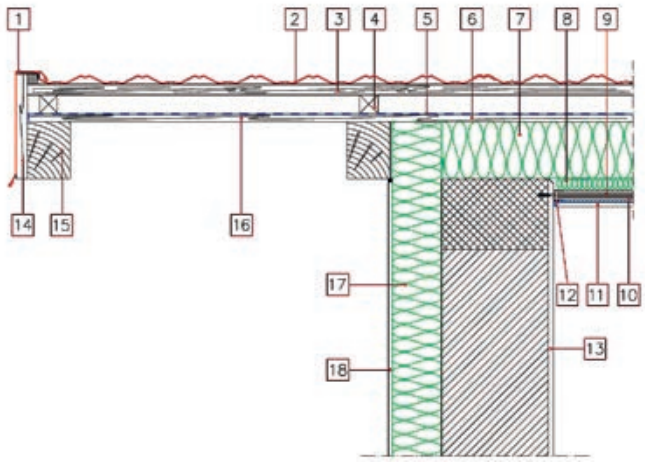
Vrlo su često detalji oko prodora kroz slojeve krova (dimnjaci, slivnici, odzračnici, ...) i veza krova s ostalim elementima (ograda, nadozid i sl.) mjesta gdje počinju oštećenja. Uzrok tome su neprimjereno projektirani detalji i/ili nepravilno izvedeni spojevi.

Slike 1-50, 1-51, 1-54 i 1-55 prikazuju moguće načine rješavanja detalja ventiliranog krovišta.



1. *Primarni pokrov*
2. *Drvene letve*
3. *Ventilirani sloj zraka u zoni kontraletvi*
4. *Paropropusna i vodonepropusna folija*
5. *Drvene daske*
6. *Rog*
7. *Streha*
8. *Toplinska izolacija (npr. između rogova)*
9. *Dodatna toplinska izolacija ispod rogova*
10. *Parna brana*
11. *Stropna obloga*
12. *Profil za pričvršćivanje stropne obloge*
13. *Obostrana ljepljiva traka*
14. *Unutarnja žbuka*
15. *Toplinska izolacija*
16. *Vanjska žbuka*

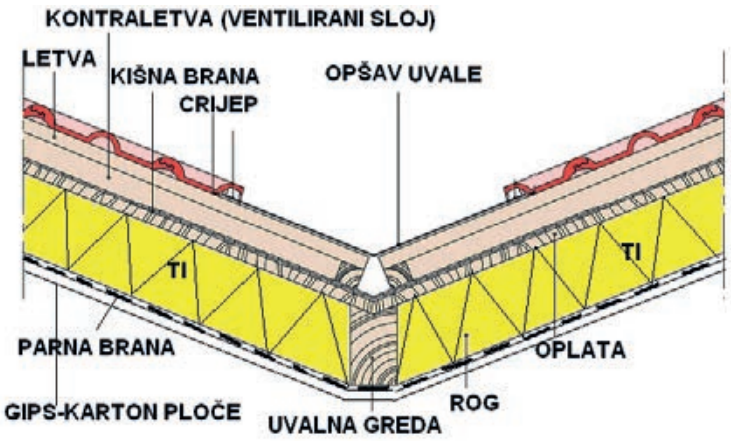
Slika 1-50 *Detalj strehe u presjeku jednostruko kosog ventiliranog krova [24]*



1. *Završni lim*
2. *Primarni pokrov*
3. *Drvene letve*
4. *Ventilirani sloj zraka u zoni kontraletvi*
5. *Paropropusna i vodonepropusna folija*
6. *Drvene daske*
7. *Toplinska izolacija (npr. između rogova)*
8. *Dodatna toplinska izolacija ispod rogova*
9. *Profil za pričvršćivanje stropne obloge*
10. *Parna brana*
11. *Stropna obloga*
12. *Obostrana ljepljiva traka*
13. *Unutarnja žbuka*
14. *Drvena obloga*
15. *Rog*
16. *Drvene oplatne daske - streha*
17. *Toplinska izolacija*
18. *Vanjska žbuka*

Slika 1-51 *Jednostruko ravni ventilirani krov u presjeku ruba krova i rogova [24]*

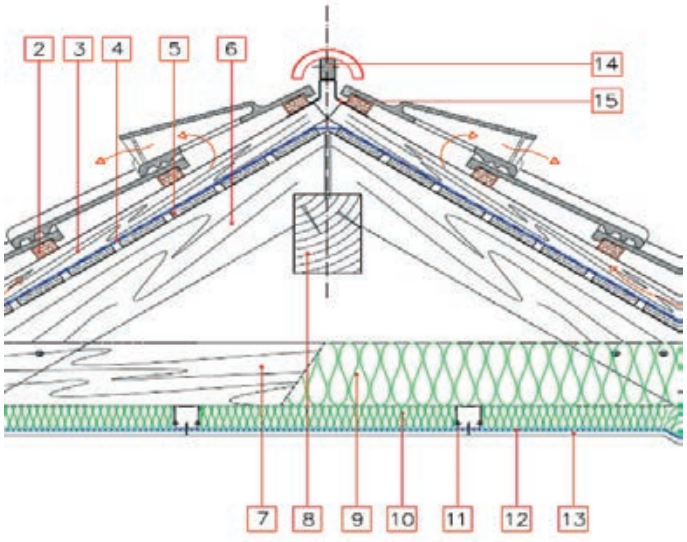
Krovna uvala ima funkciju prikupljanja i odvodnje oborinskih voda, te je njena pravilna ugradnja veoma važna prilikom gradnje krova *(Slika 1-52).*



Slika 1-52 *Jednostruko ventilirani krov u presjeku kroz uvalu [36]*

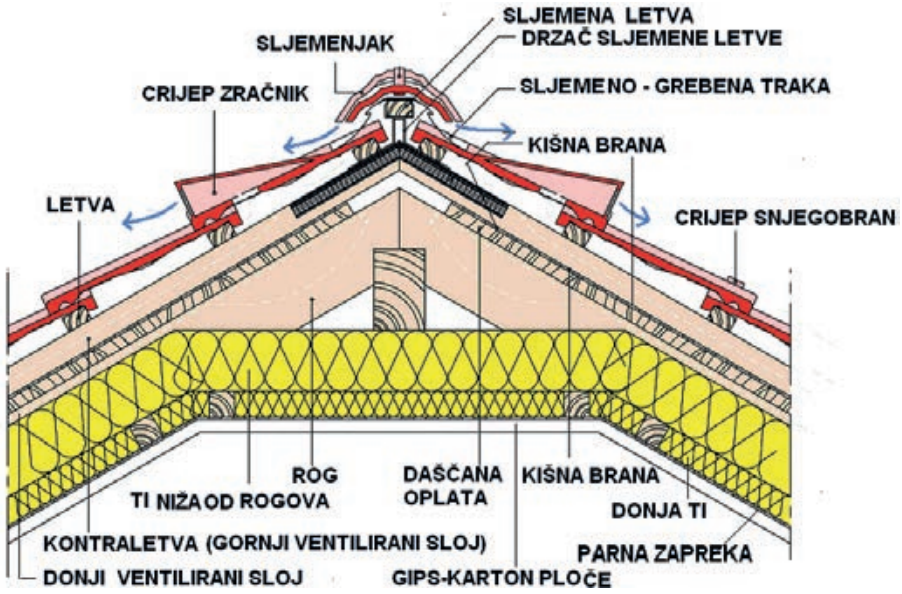


Slika 1-53 *Loše izvedena uvala [7]*



1. *Primarni pokrov (crijep, lim,...)*
2. *Drvene letve za pokrov (razmak i dimenzije ovise o tipu pokrova)*
3. *Provjetravani sloj u zoni kontraletvi*
4. *Paropropusna i vodonepropusna folija*
5. *Drvene daske razmaknute cca 1 cm*
6. *Rogovi*
7. *Škare*
8. *Drvena sljemenska greda*
9. *Toplinska izolacija (između rogova)*
10. *Dodatna mineralna vuna (poprečno ispod rogova i škara)*
11. *Profil za pričvršćenje stropne obloge*
12. *Parna brana*
13. *Stropna obloga*
14. *Sljemena letva*
15. *Metalni nosač sljemenskog strešnog elementa*

Slika 1-54 *Izvedba sljemena sa škarama među rogovima i izolacijom [24]*



Slika 1-55 *Dvostruko ventilirani krov u presjeku kroz sljeme [36]*



a) *b)* *c)* *d)*

Slika 1-56 *Detalji izvedbe grebena (sljemena):* ***a)*** *sljemeno-grebena traka;* ***b)*** *crijep zračnik;* ***c)*** *držač sljemene letve;* ***d)*** *završna sljemena pločica [37], [38]*

Slika 1-56 prikazuje dodatnu krovnu opremu za izvedbu grebena krova. Sljemeno-grebena traka koristi se za brtvljenje i provjetravanje, te štiti krov sa strane grebena krova, sprječavajući prodiranje snijega, kiše, vlage i prašine. Držač sljemene letve koristi se kao fiksirajući element sljemene i grebene letve na provjetravanim kosim krovovima. Završna sljemena pločica zatvara spoj između sljemenog i završnog crijepa na završetku svakog sljemenog dijela. Za dobro prozračivanje krovišta, odnosno sprječavanje stvaranja kondenzata postavljaju se otvori za prozračivanje, crijepovi zračnici, čiji broj ovisi o dužini roga i nagibu krovne površine. Krov treba biti izveden s kanalom za prozračivanje koji sprječava kondenzaciju vlage pod pokrovom, a istodobno sprječava pregrijavanje potkrovnih prostora za ljetnih vrućina. Za učinkovito sprje-

čavanje pregrijavanja kod većih krovišta preporučuje se visina kanala za prozračivanje od 8 cm (najmanje 5 cm). Za izvedbu kvalitetnog krovišta bitna je kvalitetna izvedba detalja prikazana na *Slici 1-57.*



a) *b)* *c)*

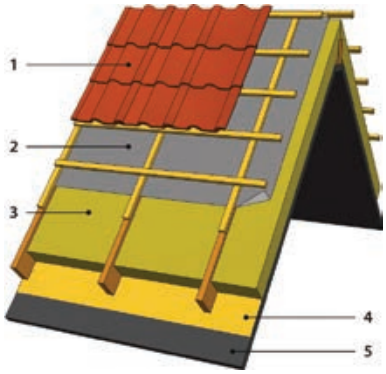
Slika 1-57 *Detalji krova:* ***a)*** *Ventilacijski crijep;* ***b)*** *Opšav uvale;* ***c)*** *Snjegobrani [38], [39]*

Između izolacije i zračnog kanala mora biti smještena paropropusna–vodonepropusna folija tzv. sekundarni pokrov. Vrlo je bitna pravilna upotreba **krovnih folija** koje su pouzdana zaštita toplinske izolacije od vlage *(Slika 1-59)*. Krovne folije dijele se na paropropusne S_d < 0,3m, parne kočnice S_d > 2m <10m i parne brane S_d > 20m. Toplinska izolacija se s donje strane zaštićuje parnom branom od prodora pare iz unutarnjeg prostora, a s gornje strane paropropusnom-vodonepropusnom folijom (kišna brana) od eventualnog prodora oborina. Pri ugradnji folija bitna je preciznost. Svi uzdužni spojevi, proboji i spojevi na obodne zidove moraju biti dobro pričvršćeni i besprijekorno, zrakotijesno i trajno zalijepljeni. Za tu svrhu postoje različite ljepljive trake i mase za brtvljenje.



Slika 1-58 *Primjer loše izvedenog proboja krova [40]*

1. *Primarni pokrov (zaštita od oborina)*
2. *Početni pokrovni sloj – folija (zaštita od vlage izvana – paropropusna-vodonepropusna folija)*
3. *Izolacijski sloj (toplinska i zvučna izolacija)*
4. *Parna brana (sprječava ulazak vlage iznutra)*
5. *Osnovno unutarnje oblaganje*



Slika 1-59 *Krovne folije [41]*

Krovne folije primjenjuju se za:

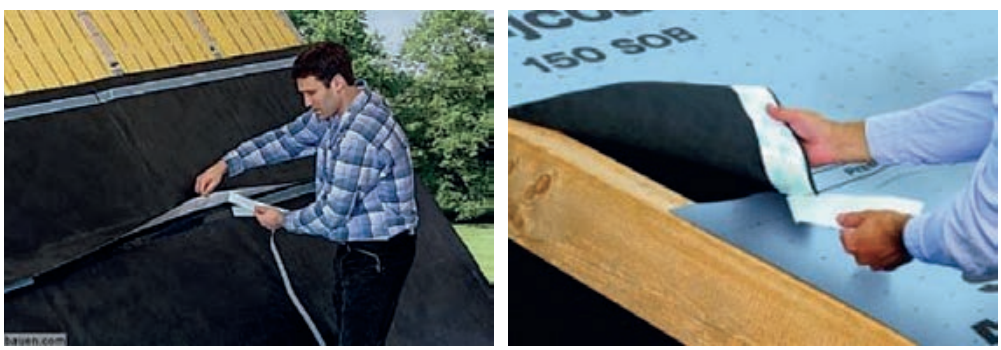
- Hladni krov
- Hladni krov (potpuno podaščan)
- Topli krov (sa zračnim slojem i krovnom folijom niske emisije prema van)
- Topli krov (popunjen izolacijom u punoj visini između rogova)
- Topli krov (potpuno podaščan)

Osnovno što je potrebno razlikovati jest vrsta kosog krova na koji se krovne folije postavljaju. Nekada su se krovne konstrukcije izrađivale s dvije zone ventiliranja (iznad i ispod krovne folije odnosno daščane oplate), a zahtjev koji se postavljao pred krovne folije bila je isključivo vodonepropusnost odnosno zaštita od mogućeg prodora vode, snijega i prašine. Odvođenje vlage iz toplinske izolacije odvijalo se putem ventilirajućeg sloja ispod krovne folije odnosno daščane oplate, a ne kroz krovnu foliju. Zbog tog ventilirajućeg sloja bilo je moguće koristiti bitumensku paronepropusnu traku kao i ostale paronepropusne folije.

Danas se gotovo sva krovišta izvode sa samo jednim ventilirajućim slojem i to iznad krovne folije položene na daščanu oplatu ili toplinsku izolaciju. Zato je potrebno obavezno primijeniti paropropusne krovne folije kako bi se vlaga iz izolacije što sigurnije odvodila kroz krovnu foliju, a ne putem dodatno izvedenog ventilirajućeg sloja u krovu. Najčešća pogreška jest polaganje bitumenske trake ili paronepropusnih folija na krovište s izvedenom jednom zonom ventiliranja što se vrlo često može vidjeti u praksi, a što najčešće dovodi do propadanja toplinske izolacije i samog krovišta zbog nemogućnosti odvođenja vlage.

Paropropusna-vodonepropusna folija obično se postavlja paralelno s okapnicom pri čemu se susjedne trake folije preklapaju *(Slika 1-60).* Širina preklapanja traka folije ovisi od zahtjeva proizvođača folije i lokalnih propisa. Širina preklapanja traka paropropusne-vodonepropusne folije obično iznosi 150 mm. Potrebno je voditi računa o tome da su svi otvori (za cijevi, žice, dimnjake...) na paropropusno-vodonepropusnoj foliji zabrtvljeni.

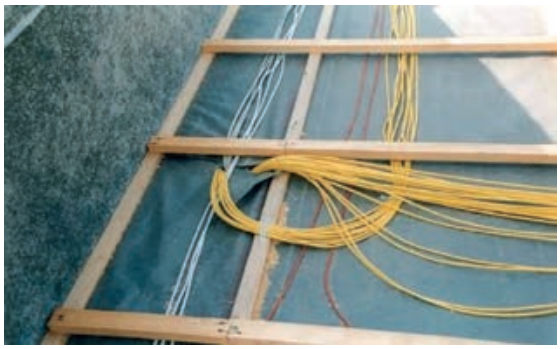
Kod ugradnje krovnog prozora treba iznad otvora za prozor ugraditi opšav kako bi se spriječilo eventualno prodiranje vode kroz otvor. Preporučujemo paropropusnu-vodonepropusnu foliju pričvrstiti na odgovarajuće izrađenu okapnicu. Time ćete paropropusnu-vodonepropusnu foliju dodatno pričvrstiti i omogućiti opticanje vode s krova. Trake paropropusne-vodonepropusne folije mogu se međusobno pričvrstiti ugrađenom samoljepivom trakom ili ljepilom, čime se osigurava dodatna zaštita krova od vjetra [38].



Slika 1-60 *Postavljanje kišne brane [42]*

Kod uobičajenog nagiba krova preklop folije iznosi 10-15 cm. Kod krovnog nagiba manjeg od 22° (minimalno 6°) preklopi moraju biti minimalno 20 cm, a preporučljivo je preklope zabrtviti trakom ili trakom za popravke.

Proboji za krovne elemente (poput kuhinjskih napa, kamina itd.) trebaju biti što je moguće manji, trapezno oblikovani, a gornje i donje dijelove folije treba učvrstiti na način da kiša i snijeg ne mogu prodirati u krovište. Osim toga, pri ugradnji krovnih prozora treba dobro izvesti brtvljenje spojeva *(Slika 1-62)*.



Slika 1-61 *Primjer nezabrtvljenog prodora kišne brane [43]*

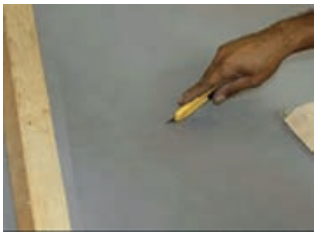


Slika 1-62 *Primjer brtvljenja kišne brane na krovni prozor [44]*

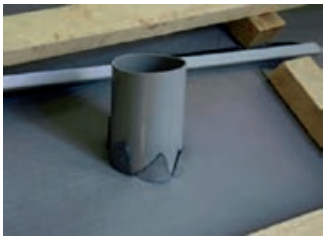
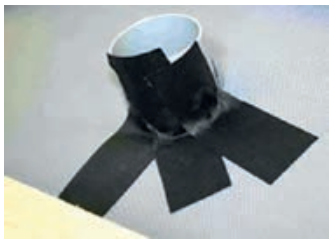
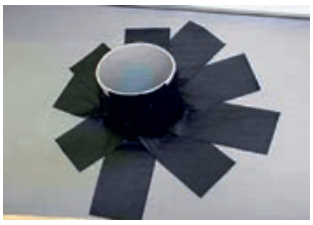


Slika 1-63 *Štete uzrokovane lošom izvedbom kišne brane [45], [46]*

Ukoliko postoji proboj kroz paropropusnu-vodonepropusnu foliju - zbog primjerice dimnjaka, ventilacijske cijevi i dr. - potrebno je prodor provesti na odgovarajući način uključujući oblikovanje prodora i brtvljenje *(Slika 1-64 i Slika 1-65)*.

		
Izrezati otvor u obliku slova „X“ na mjestu prodora dimnjaka	Trokutasti višak membrane oko dimnjaka	Odrezati trokutasti višak paropro-pusne-vodonepropusne folije
		
Lijepljenje paropropusne-vodo-nepropusne folije na donji dio dimnjaka posebnom ljepljivom trakom	Dijagonalno izrezati ljepljivu traku na donjem dijelu dimnjaka	Zalijepiti bočni dio folije za dimnjak
		
Dijagonalno izrezati ljepljivu traku na stranicama dimnjaka	Lijepljenje gornjeg dijela dimnjaka	Ugradnja okapnice sa nagibom iznad dimnjaka
		
Razrezati membranu i prekinuti kontraletvu	Ugradnja okapnice	Lijepljenje paropropusne-vodo-nepropusne folije s okapnicom pomoću univerzalne ljepljive trake

Slika 1-64 *Pravilno izvođenje prodora dimnjaka kroz paropropusnu-vodonepropusnu foliju [47]*

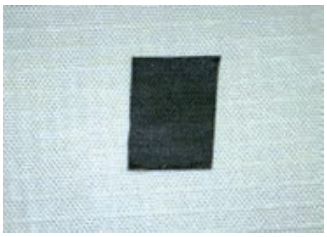
		
Okrugli prodor – označiti mjesto prodora	Izrezati membranu u obliku zvijezde	Ugradnja prodora (cijevi) - gornja strana
		
Oblijepiti prodor posebnom ljepljivom trakom, početi s donje strane i završiti na vrhu	Okrugli prodor (mali ili veliki), osiguran (zalijepljen) ljepljivom trakom	Ugradnja ventilacijskog crijepa ispod okapnice

Slika 1-65 *Pravilno izvođenje prodora ventilacijskog otvora kroz paropropusnu-vodonepropusnu foliju [47]*

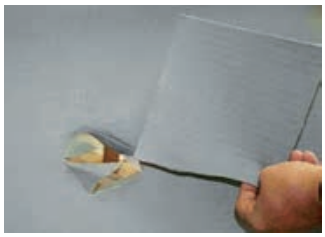
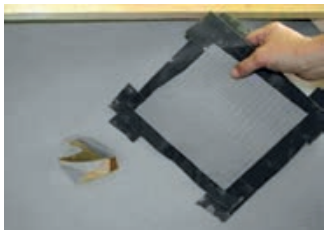
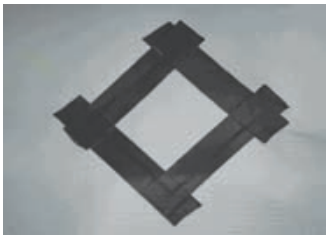
Ukoliko dođe do oštećenja, paropropusnu-vodonepropusnu foliju moguće je popraviti (zakrpati) ako se radi o malim oštećenjima nastalim primjerice padom alata *(Slika 1-66),* ili ako se radi o oštećenju dimenzija najviše 15×15 cm *(Slika 1-67)*. Ukoliko je oštećenje (rupa) veće od 15×15 cm, tada ga nije preporučljivo popravljati, već treba zamijeniti cijeli dio folije između dvije kontraletve.

		
Oštećenje folije, primjerice padom alata	Oštećenje – rupa veličine do 1×1 cm	Odrezati komad posebne ljepljive trake

Slika 1-66 *Pravilno izvođenje popravka malog oštećenja*

		
Skinuti zaštitni dio posebne ljepljive trake	Rupu možemo zalijepiti s gornje ili donje strane	Popravljeno oštećenje veličine do 1×1 cm

Slika 1-66 *Pravilno izvođenje popravka malog oštećenja*

		
Veće oštećenje folije, do veličine 15×15 cm	Kvadratna zakrpa od istog materijala s preklopom, 5-10 cm	Zakrpu oblijepiti posebnom ljepljivom trakom
		
Zakrpu možemo zalijepiti samo s **gornje strane** folije	Zakrpu zalijepiti posebnom ljepljivom trakom	Popravljeno oštećenje veličine do 15×15 cm

Slika 1-67 *Pravilno izvođenje popravka većeg oštećenja, do 15×15 cm [47]*

Postavljanje paropropusne vodonepropusne folije moguće je za sve standardizirane nagibe krovišta, a bez posebnih uvjeta prema izvedbi u pogledu manjih nagiba ili sličnih zahtjeva izvedbe. Danas uvjeti izrade i zahtjevi prema konstrukciji krova postaju sve napredniji, često u spoju s ugradnjom dodatnih elemenata obnovljivih izvora energije – fotonaponskih sustava s jedne strane i solarnih kolektora s druge strane *(Slika 1-68)*.



Slika 1-68 *Izvedba fotonaponskih sustava iznad paropropusne-vodonepropusne folije [48]*



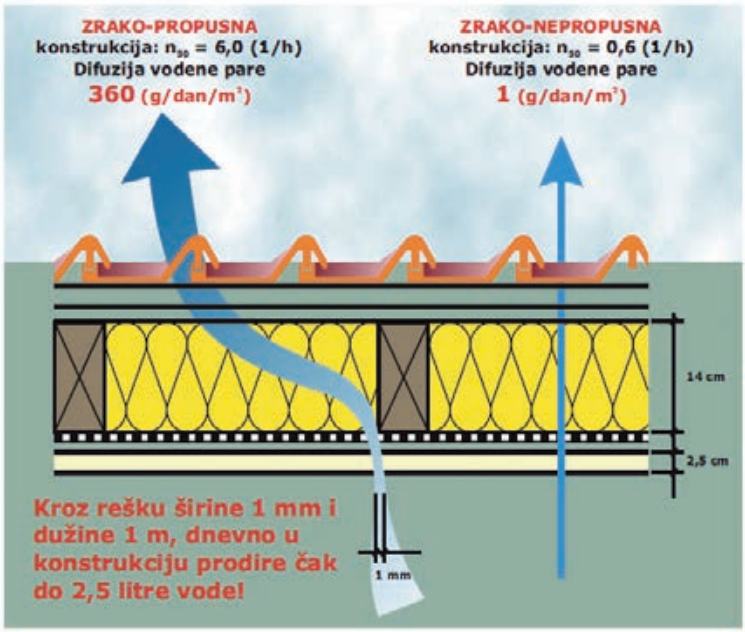
Slika 1-69 *Izvedba fotonaponskih sustava na postojeći pokrov [49]*

Na primjeru dodatne ugradnje fotonaponskih ćelija na već postojeći krovni pokrov (Slika 1-69), gdje se ugradnjom mijenja tok ventiliranja krova, tj. povećava temperaturno opterećenje preko crijepa na zaštitnu razinu inače standardnih, prosječnih 50–70°C, temperatura ispod pokrova u tim slučajevima nerijetko se podiže iznad 90°C i to kroz dulje ljetno razdoblje. Uz kombinaciju ponekad smanjenog kapaciteta ventiliranja potkonstrukcije, izmjerene temperature penju se i do maksimalnih 100°C. Ako se sumnja na opisanu pojavu veće temperature ispod pokrova, postoji potreba zamjene standardno ugrađene krovne folije od polipropilena novom vrstom folije od poliestera. U drugim mogućim slučajevima, npr. suvremenim oblicima izvedbe krovne plohe, kosine se smanjuju i također može doći do povećanog toplinskog zastoja i većih temperaturnih opterećenja ispod krovnog pokrova.

Na unutarnjoj (toplijoj strani) krova, između unutarnje obloge krovišta i toplinske izolacije, potrebno je ugraditi **parnu branu**, koja smanjuje prolaz vodene pare kroz krovnu konstrukciju.

One dodatno sprječavaju prolaz zraka kroz krovište i time značajno pridonose uštedi energije. Osim što može značajno pogoršati energetsku bilancu zgrade, zrakopropusnost ovojnice može biti i uzrokom velikih građevinskih šteta. Naime, sa zrakom iz grijanog prostora u konstrukciju ulazi i vlaga. Kako je izolacijski materijal paropropustan, a istovremeno i dobar izolator, to će se unutar njega vlaga iz zraka naglo ohladiti i pretvoriti u kapljice vode. Voda u konstrukciji neminovno znači i pojavu građevinskih šteta. U pravilno izvedene konstrukcije prodire veoma mala količina vlage.

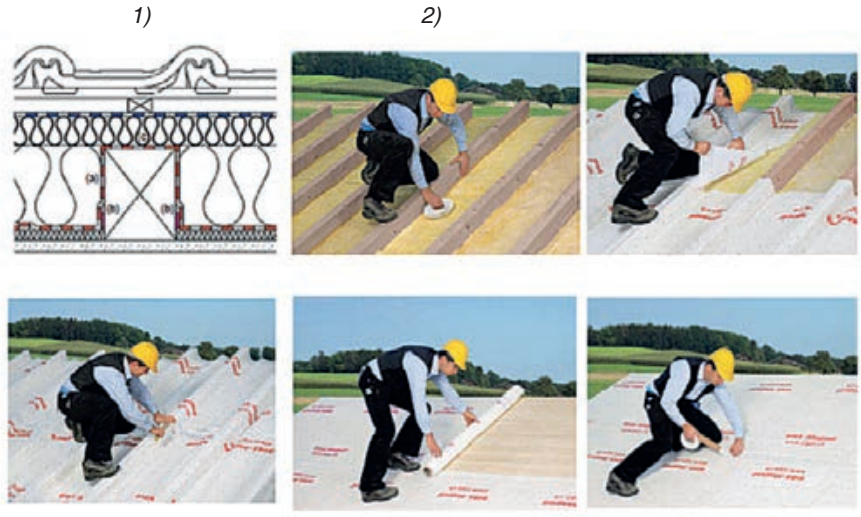
S druge pak strane, ukoliko je konstrukcija zrakopropusna, u nju dnevno prodire i nakuplja se značajna količina vlage. „Pametne“ parne brane prilagođavaju se režimu ljeto/zima i svojim „otvaranjem“ ljeti (S_d = 0,2 m) i „zatvaranjem“ zimi (S_d = 5 m) rješavaju problem nakupljanja vlage u konstrukcijama *(Slika 1-70)*.



Slika 1-70 *Važnost postizanja zrakonepropusne krovne konstrukcije [50]*

Ovisno o načinu na koji se izvodi krov, moguća su različita rješenja postavljanja parne brane. Ovdje se ponajprije misli na to je li pristup krovu omogućen s gornje strane rogova (*Slika 1-71)* ili pak s donje strane rogova, iz potkrovlja *(Slika 1-72 i Slika 1-73)*. Može se reći kako je krovište pouzdano onoliko koliko je pouzdan svaki njegov detalj!

Neovisno o tome postavlja li se parna brana s gornje ili donje strane rogova obavezno je osigurati njezinu neprekidnost. Ovo podrazumijeva pravilna preklapanja i međusobno lijepljenje, kao i lijepljenje na druge građevne dijelove (nadozide, zabatne zidove, dimnjake, itd.) kao i brtvljenje svih prodora.



1) poprečni presjek ventiliranog krova
2) pažljivi rad na polaganju i zatvaranju spojeva parne brane

Slika 1-71 *Pravilna izvedba paro- i zrakonepropusne krovne konstrukcije s gornje strane [42]*



Slika 1-72 *Postavljanje parne brane s donje strane [51]*



Slika 1-73 *Lijepljenje parne brane s donje strane [31]*

1.5.2 Posljedice loše izvedene paro- i zrakonepropusne ovojnice

Kod izolacije kosih krovova bitno je voditi računa o usklađenju građevinsko-fizikalnih značajki svih slojeva krovne konstrukcije. Osim odličnih difuzijskih osobina i toplinske izoliranosti, i zrakopropusnost je vrlo važna za učinkovitost i dugotrajnost cijelog sustava krovne konstrukcije. Osim lijepljenja spojeva zaštitnih folija potrebno je paziti i na zaštitu parne brane od nepotrebnog oštećenja čime pomažemo zadovoljavanju izolacijske učinkovitosti krova za vjetrovitih dana.

Kod postavljanja električnih instalacija dolazi do oštećenja parne brane. Na mjestima gdje se nalaze proboji dolazit će do prevelikog prodiranja vlažnog zraka prema vanjskom sloju.

Posljedice nezalijepljenih spojeva i proboja u parnoj brani mogu biti:

- toplinski gubici veći od očekivanih;
- u izolaciju prodire više zračne vlage nego što je bilo predviđeno proračunom građevne fizike;
- lokalno se pojavljuju mjesta s povećanom količinom kondenzirane vlage;
- moguća pojava plijesni na drvenoj konstrukciji i time oštećenje iste;
- umanjeni učinak toplinske zaštite;
- odvođenje topline u hladnim vjetrovitim danima;
- prodor vrućega zraka u vrućim vjetrovitim danima.

Kako bi se ovo izbjeglo, svi uzdužni spojevi, proboji i spojevi s obodnim zidovima moraju biti izvedeni precizno, dobro zabrtvljeni preklopima te biti zalijepljeni.

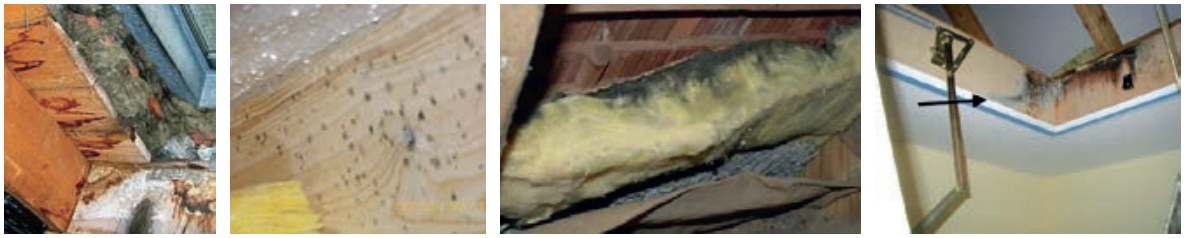
Kako bi se folije i parne brane zalijepile tako da dugoročno održe funkcionalnost i sigurnost te se spojile na susjedne građevne dijelove, potrebni su nam odgovarajući sustavi lijepljenja. Pritom je od ključne važnosti osigurati kompatibilnost podloge na koju se lijepi, pribora za lijepljenje i folija kako bi se dugoročno zajamčila njihova funkcionalnost i sigurnost kod crijepa, ploča, limenog pokrova (ravni lim na letvama ili profilirani lim) ili drugih krovnih elemenata. Pri tome folija mora biti od materijala visoke temperaturne postojanosti, s mogućnošću izvedbe učinkovitog lijepljenog spoja koji će spriječiti ulazak vjetra u izolaciju.

Postoje i učinkovita sustavna rješenja koja kombiniraju krovne folije, parne brane i brtvljenje spojeva, ali u slučaju korištenja takvih sustava potrebno je izričito poštivanje propisane ugradnje komponenti sustava.

Ukoliko se **parna brana** odnosno zrakonepropusna ovojnica **loše izvede**, u hladnije doba godine postoji velika opasnost od kondenzacije vodene pare unutar krovne konstrukcije, ponajprije na njezinim najhladnijim dijelovima *(Slika 1-74).*



Slika 1-74 *Štete uzrokovane lošom zrakopropusnošću [52], [53], [54], [55], [56]*



Slika 1-75 *Pogreške u izvedbi krovišta zbog neznanja ili nemara [57], [58], [59], [60]*

S posebnom pozornošću treba dimenzionirati i izvoditi ventiliranje krovišta pokrivenog limom ili bitumenskom šindrom. Lim kao metalni materijal primjer je materijala koji je u potpunosti nepropustan za vodenu paru, a i spojevi između pojedinih ploča koje pokrivaju velike površine moraju biti izvedeni zrakotijesno.

Limeni krovovi i pokrov limenim krovnim panelima zbog svoga svojstva parne brane posebno je opasan ukoliko se spojevi loše izvedu ili ukoliko se krov pokriven limom ne ventilira. Također, ukoliko se kao pokrov koriste limeni krovni paneli, potrebno je osigurati brtvljenje svih spojeva tih panela, kao i brtvljenje takvog krova s ostalim građevnim dijelovima.

Kod bitumenskih pokrova paropropusnost je također vrlo mala pa je i u ovim slučajevima obvezna precizna izrada ventiliranog krovišta kako bi se izbjegle neželjene posljedice, koje dosežu svoj vrhunac u sezoni grijanja. Ukoliko se kao pokrov koristi šindra, potrebno je pravilno izvesti ventilirajući sloj kako se ne bi nakon samo nekoliko godina morali izvoditi popravci ili temeljite rekonstrukcije krovišta, ili pak zamjena pokrova.

Uvjeti izrade konstrukcije krova postaju sve zahtjevniji, obzirom da se izvode s dodatnim elementima obnovljivih izvora energije – postavljanjem fotonaponskih sustava i solarnih kolektora. To rezultira većim toplinskim opterećenjem na zaštitu toplinske izolacije krova, a to je krovna folija koja regulira pravilan protok vodene pare, osigurava zrakonepropusnost i vodonepropusnost i odvođenje nakupljenog kondenzata ispod krovnog pokrova. Npr., pri dodatnoj ugradnji fotonaponskih ćelija na već postojeći krovni pokrov ugradnjom se mijenja tok ventiliranja krova, tj. povećava se temperaturno opterećenje preko pokrova na zaštitnu foliju: s inače prosječnih 50–70 °C, temperature ispod pokrova penju se ljeti iznad 90 °C i to kroz dulja razdoblja. Uz ponekad smanjen kapacitet ventiliranja potkonstrukcije temperature se mogu popeti i iznad 100 °C.

To može rezultirati propadanjem zaštitne folije i poremećajem u funkcioniranju izolacije krova, stoga postoji potreba za vjetronepropusnom i vodonepropusnom zaštitom izolacije, ali i materijalima koji mogu podnijeti više UV zračenja i puno veću temperaturu od uobičajenih materijala. Iz tih razloga standardno ugrađene krovne folije koje su najčešće od polipropilena zamjenjuju se vrstama folija koje mogu podnijeti visoko temperaturno opterećenje (npr. folije od poliestera koje mogu podnijeti temperature od –40 °C do +120 °C).

Više o zrakonepropusnosti vanjske ovojnice zgrade i postizanje zrakonepropusne vanjske ovojnice može se pročitati u poglavlju 5. Kontrola kakvoće građenja, 5.1. Zrakonepropusnost u Zajedničkom dijelu Priručnika za kontinuiranu izobrazbu građevinskih radnika u okviru energetske učinkovitosti.

Kada se zbog neznanja ili nemara dogode pogreške u izvedbi, posljedice po konstrukciju vrlo su vidljive *(Slika 1-75).*

1.6 VEZNA SREDSTVA, PRIBOR, ALAT I STROJEVI

1.6.1 Vezna sredstva

Drvene konstrukcije nastaju sastavljanjem pojedinih komada za tu svrhu obrađene drvene građe. Vezna sredstva imaju svrhu povezati te elemente u jedinstvenu cjelinu. Prema vrsti materijala razlikujemo: drvena vezna sredstva, čelična vezna sredstva i ljepilo.

1.6.1.1 Drvena vezna sredstva

Drvena vezna sredstva danas se sve manje koriste. Ne preuzimaju na sebe veća naprezanja. Izrađuju se od tvrdog drveta. Razlikujemo drvene čavle (uglate i valjkaste), drvene klinove i kladice, moždanike.

1.6.1.2 Čelična vezna sredstva

Čelična vezna sredstva imaju veliku primjenu i koriste se za raznovrsna povezivanja elemenata stoga je njihova upotreba redovita. Mogu preuzeti i velika naprezanja stoga je potreban statički proračun. Razlikujemo: čavle, vijke s maticom i bez nje, ploče sa zupcima, pijavice/skobe, karike/obruč, papuče.

1.6.1.2.1 Čavli

Čavli su najstarija sredstva za spajanje elemenata *(Slika 1-76)*. Tijelo čavla može biti glatko (okrugli ili pravokutni presjek) ili posebno izvedeno (spiralni, nazubljeni, utoreni itd.). Čavlani spoj smatramo nosivim ako je izveden s najmanje četiri čavla.



Slika 1-76 *Čavao*

1.6.1.2.2 Trnovi

Tijelo čeličnog trna glatko je i cilindričnoga oblika. Izrađuju se od čelika punog ili cijevnog profila, a krajevi su konusno obrađeni zbog lakše ugradnje.

1.6.1.2.3 Vijci

Većina vijaka sastoji se od tri dijela. Prvi dio je cilindrična šipka koja na jednoj strani ima šesterokutnu glavu, s glatkim cilindričnim tijelom u gorenjem dijelu i navojem u donjem dijelu. Drugi dio je podložna pločica koja je kod vijaka za drvene konstrukcije nešto drugačijih dimenzija nego kod onih koji se koriste u čeličnim konstrukcijama. Treći dio je matica. Kada vijci povezuju dva drvena elementa onda za njih u statičkom smislu kažemo da su jednorezni, a kada povezuju tri elemenata kažemo da su dvorezni. Pod opterećenjem vijci preuzimaju naprezanje na jednom ili dva mjesta svoga presjeka, pa se prema veličini naprezanja i dopuštenoj granici određuje potreban promjer vijka.

Vijci za drvo *(Slika 1-77)* - Kada su spojevi izloženi stalnim i dugotrajnim djelovanjima, a radi se o mekom i nedovoljno suhom drvetu, obični čavli s glatkim tijelom popuštaju, tj. izvlače se zbog ''rada'' drveta. Tada je mnogo sigurnije upotrijebiti vijke. Prilikom ugradnje vijaka buši se rupa nešto manja od promjera vijka. Manji vijci mogu se u suho meko drvo zabijati čekićem ali ne u potpunosti, već se potpuno vezanje mora obaviti navijanjem.



Slika 1-77 *Razne vrste vijaka [61], [62]*

SIHGA vijci *(Slika 1-78)* - SIHGA vijci za drvo namijenjeni su spajanju drvenih greda i sličnih elemenata. Izuzetne su čvrstoće i nije potrebno prethodno bušenje. Njihove posebno oblikovane glave sprječavaju neželjene pomake i osiguravaju kvalitetno upuštanje vijka u element. Glava vijka premazana je posebnim slojem kako bi se osiguralo dobro prianjanje boje ili premaza.



Slika 1-78 *SIHGA vijak [63]*

SIGHA moždanici *(Slika 1-79)* namijenjeni su vodoravnom i okomitom spajanju elemenata. Prijenose velika vlačna i posmična naprezanja. Zadovoljavaju i estetske uvjete jer se nalaze unutar elemenata koje povezuju. Moždanici se u element učvršćuju pomoću osam vijaka za drvo. Postoje tri dimenzije moždanika: promjera 30, 40 i 50 mm [64].



Slika 1-79 *SIHGA moždanik [65], [66]*

Patentni moždanici *(Slika 1-80)* - Danas na tržištu postoji veliki broj moždanika. Koriste se kao pomoćno vezno sredstvo za pojačanje spoja dvaju ili više elemenata. Mogu se upotrijebiti za spajanje elemenata čije osi imaju međusobno proizvoljan nagib. Materijal izvedbe najčešće je metal (čelik), tvrdo drvo ili plastična masa. Oblikuju se tokarenjem, lijevanjem ili prešanjem. Ukoliko su izrađeni od čelika neophodno ih je zaštititi od korozije pocinčavanjem. Kod ove vrste spajala vijak se ugrađuje kroz moždanik.



Slika 1-80 *Patentni moždanik [65]*

Ulijepljene šipke *(Slika 1-81)* rabe se za spajanje uglova trozglobnih i dvozglobnih drvenih okvira, te za prijenos sila sa stupova u betonske temelje. Ovi spojevi najviše se koriste pri gradnji drvenih rešetkastih konstrukcija, a mogu se primijeniti i kod manjih i jednostavnijih konstrukcija. Kod nas se takvi spojevi rješavaju čvornim limovima i štapastim spajalima koji narušavaju estetsku vrijednost konstrukcije, a i potrebna je velika površina elementa kako bi se sila na prikladan način prenijela unutar čvora. Prednost takvih spojeva vrlo je učinkovit prijenos sila i niska cijena. Spoj se izvodi na način da se prethodno izbuši rupa u elementu koji želimo spojiti (rupa mora biti 1-3 mm šira od promjera šipke), te se u rupu ulije specijalizirano ljepilo i umetne šipka.



Slika 1-81 *Ulijepljene šipke [67]*

Skobe (klamfe) *(Slika 1-82)* - Skobe su starije spajalo i danas se rijetko koriste, izuzev kod privremenih građevina, skela i to za spajanje elemenata većih dimenzija. Komadi su plosnatog čelika sa šiljatim krajevima zavinutima pod kutom od 90°. Proizvode se u standardnim dimenzijama kovanjem iz okruglih ili kvadratnih čeličnih šipki.



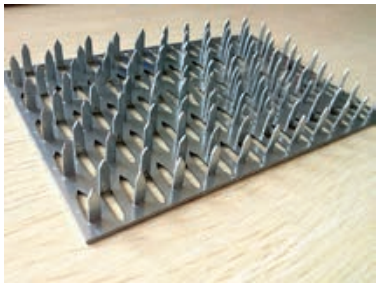
Slika 1-82 *Skobe [68]*

Skobice (klamerice) *(Slika 1-83)* izrađene su od čelične žice. Koriste se za spajanje elementima od piljenog ili lameliranog drva. Ugrađuju se na način da se posebnim alatom (klamericom), utiskuju (upucavaju) u drvo. Leđa skobice nakon ugradnje moraju biti u razini površine spojenog elementa ili najviše 2 mm upuštena u tu ravninu. Za proračun nosivosti skobica vrijede odredbe koje se primjenjuju kod čavlanih spojeva. Nosivost skobica može se izjednačiti s nosivošću dvaju čavala istog promjera.



Slika 1-83 *Klamerice [69]*

Zubate ploče *(Slika 1-84)* - Zubate ploče ili ploče za čavlanje nastaju prešanjem pocinčanog lima. Dobivene trake kasnije se režu na potrebne duljine. Razlikujemo ih prema dimenzijama ploče i duljini zubaca. Nastale su zbog potrebe skraćenja dugotrajnog procesa zabijanja velikog broja čavala i povećanja nosivosti u odnosu na izradu s klasičnim čavlima. Zubate ploče ponajviše se primjenjuju kod spajanja



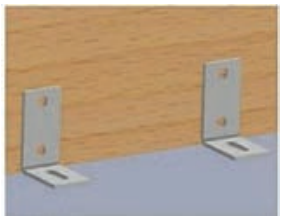
Slika 1-84 *Zubata ploča/gang nail ploča [70]*

elemenata rešetkastih nosača, a proračunom se određuje potrebna površina ploče. Specifična nosivost dana je normama ili uputama proizvođača. Nakon što se utvrdi potrebna površina, iz traka se izrezuje potrebna površina i prešom se ugrađuje na željeno mjesto. Ploče mogu biti jednostrane ili dvostrane.

Metalni okovi *(Slike 1-85, 1-86, 1-87)* sve se više upotrebljavaju kao vezna sredstva u drvenim konstrukcijama. Oni omogućuju međusobno povezivanje drvenih elemenata ali i drvenih elemenata s drugim materijalima npr. betonom. Proizvodi se pocinčavaju galvanski ili se dodatno plastificiraju u željenim bojama. Za posebne potrebe rade se i od nehrđajućeg čelika.



Spojni kutnici ojačani
Ojačanje na kutniku daje dodatnu čvrstoću. Ovalna rupa omogućava lakšu montažu



Spojni kutnici za beton
Kutnik je zbog svoje čvrstoće prilagođen spajanju drvenih konstrucija i betona

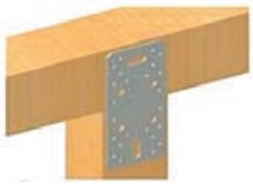


Spojni kut 135°
Povezivanje konstrukcije pod kutem 135°



Spojnici kutnici za rog
Povezivanje drvenih rogova za krovišta

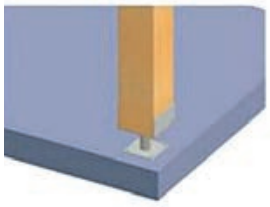
Slika 1-85 *Metalni okovi - kutnici [71]*



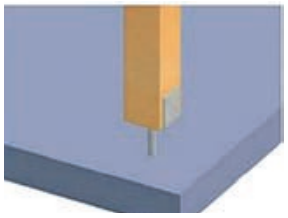
Spojne ploče i trake



Okovi za grede
Za spajanje drvenih konstrukcija sa betonskim ili ciglanim zidom



Stope za grede sa pločom
Spajanje drvenih greda na postojeći beton

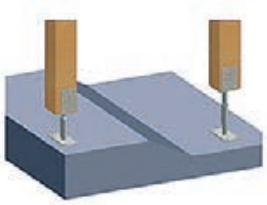


Stope za grede sa rebrastim željezom
Za spajanje drvenih greda u svježi beton

Slika 1-86 *Metalni okovi – ploče, trake, stope [71]*



Stope za grede podesive po širini
Pogodne za grede vanstandardnih dimenzija
Podesive od 70-140 mm



Stope za grede podesive po širini i visini
Osim podešavanja po širini, ova stopa podesiva je po visini od 125-180mm te se montira na neravnim terenima

Slika 1-87 *Metalni okovi – podesive stope za grede [71]*

1.6.1.3 Ljepila

Ljepila su kemijski spojevi pomoću kojih od lijepljenih fino obrađenih dasaka nastaje monolitna cjelina koju oblikujemo prema potrebi. Povezuju elemente (daske) površinski i veza je cjelovita po čitavom presjeku. Za izradu drvenih ploča uglavnom se koriste sintetska ljepila: karbamid–formaldehidna (KF), fenol-formaldehidna (FF), melamin-formaldehidna (MF), poli-izocijanatna, te mineralna veziva (cement, gips, magnezit). U uporabi su i prirodna ljepila koja nastoje zamijeniti sintetska.

Zahtijeva se precizan rad. Drvo koje lijepimo je suho, a površina mu je ravna. Zalijepljene dijelove treba držati pod pritiskom u prešama. Spoj je čvrst i nepopustljiv. Lijepljenjem se dobivaju lamelirani nosači koje koristimo za velike raspone i u vlažnim prostorima *(Slika 1-88)*. Debljine lamela kreću se od 10 pa sve do 40 mm. Lamelirano drvo po obliku može biti konstantnog ili promjenjivog poprečnog presjeka, te ravno ili lučno *(Slika 1-89)*.



Slika 1-88 *Ravno lamelirano drvo [72]*



Slika 1-89 *Lučno lamelirano drvo [73]*

1.6.2 Pribor, alat i strojevi kod krovopokrivača

Kako bi što brže, lakše i kvalitetnije obavljao svoj posao, krovopokrivač se pri radu koristi priborom i alatom. Prilikom rada obvezna je upotreba osobnih zaštitnih sredstava.

1.6.2.1 Pribor

1.6.2.1.1 Pribor za mjerenje

Pribor za mjerenje uključuje metar, sklopivi metar ili dvometar, čeličnu mjernu traku, mjernu letvu te pomično mjerilo *(Slika 1-90).*

PRIBOR ZA MJERENJE



metar



sklopivi dvometar



čelična mjerna traka



mjerna letva



pomično mjerilo

Slika 1-90 *Pribor za mjerenje [74]*

1.6.2.1.2 Pribor za obilježavanje

Pribor za obilježavanje uključuje *(Slika 1-91):*

- olovku (za iscrtavanje prilikom mjerenja),
- konopac u kutiji s bojom (za obilježavanje dugačkih ravnih linija),
- šestar (za iscrtavanje kružnica),
- pravokutnik (za iscrtavanje pravog kuta),
- kosokutnik (za iscrtavanje svih kutova).

PRIBOR ZA OBILJEŽAVANJE



tesarska olovka



konopac u kutiji s bojom



šestar



pravokutnik



kosokutnik



1.6.2.1.3 Pribor za lemljenje

Slika 1-92 prikazuje pribor za lemljenje.

PRIBOR ZA LEMLJENJE







Slika 1-92 *Pribor za meko lemljenje lima [76], [77]*

1.6.2.1.4 Sprave za viziranje

Sprave za viziranje *(Slika 1-93)* podrazumijevaju libelu, za provjeru vodoravnosti i visak, za provjeru okomitosti.

SPRAVE ZA VIZIRANJE



libela





cijevna libela



visak

Slika 1-93 *Sprave za viziranje [74]*

1.6.2.2 Alat

Za krovopokrivačke radove koristi se različit alat koji mora udovoljavati zahtjevima zaštite na radu. Prilikom uporabe treba se pridržavati pravila tehnološkog procesa.

1.6.2.2.1 Alat za uzdužno i poprečno rezanje

ALAT ZA UZDUŽNO I POPREČNO REZANJE



Slika 1-94 *Pila balvanuša [78]*



Slika 1-95 *Stolarska pila [79]*



Slika 1-96 *Pila listarica [80]*

ALAT ZA UZDUŽNO I POPREČNO REZANJE



Slika 1-97 *Pila šiljatica [80]*



Slika 1-98 *Tesarska pila [81]*



Slika 1-99 *Pila za metal [81]*

1.6.2.2.2 Alat za tesanje

Alat za tesanje kod krovopokrivačkih radova uključuje razne vrste sjekira (teška, srednja, laka) i sjekirica.

ALAT ZA TESANJE



Slika 1-100 *Sjekire teška, srednja, laka [82]*



Slika 1-101 *Sjekirica [83]*



Slika 1-102 *Bradva [84]*



Slika 1-103 *Tesla [80]*

1.6.2.2.3 Alat za dubljenje

ALAT ZA DUBLJENJE



Slika 1-104 Razne vrste dlijeta [85]

1.6.2.2.3 Alat za dubljenje

PRIBOR ZA OBILJEŽAVANJE



dvorogo ručno svrdlo



žičano ručno svrdla



metalno ručno svrdlo



ručna bušilica



elektronička bušilica

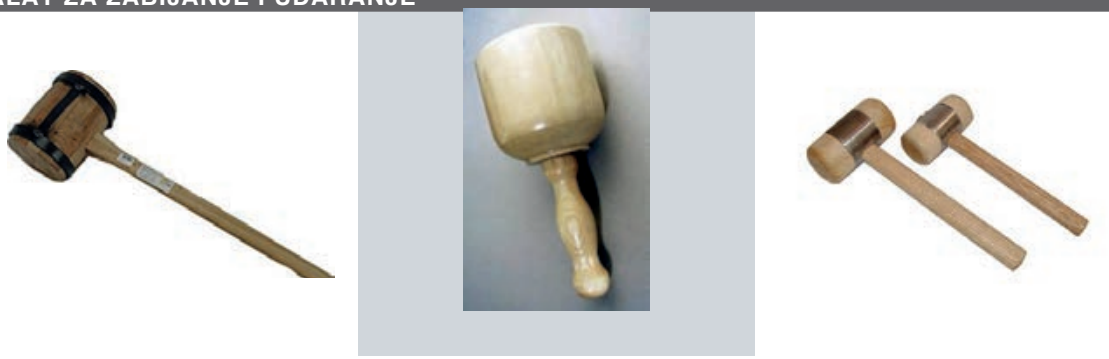


električna bušilica

Slika 1-105 Vrste alata za bušenje [86], [87], [88], [89], [90]

1.6.2.2.5 Alat za zabijanje i udaranje

ALAT ZA ZABIJANJE I UDARANJE



Slika 1-106 Razni oblici drvenog bata [91], [92], [75]

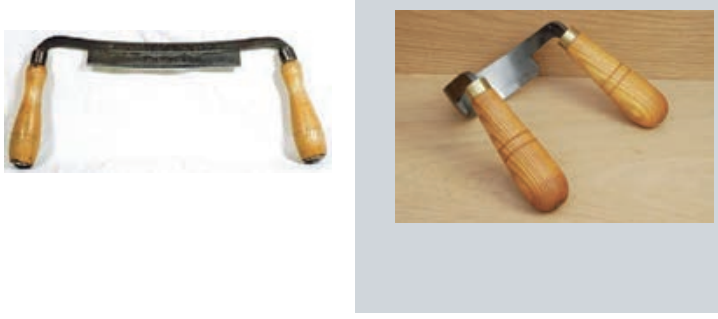
ALAT ZA ZABIJANJE I UDARANJE



Slika 1-107 Razni oblici čekića [80], [93]

1.6.2.2.6 Alat za poravnavanje

ALAT ZA PORAVNAVANJE



Slika 1-108 Razne vrste maklji [94], [95]

ALAT ZA PORAVNAVANJE



Slika 1-109 Ručna gladilica [96]



Slika 1-110 Električna gladilica [97]

1.6.2.2.7 Ostali alat

OSTALI ALAT



Slika 1-111 Turpije [98]



Slika 1-110 Šilo [99]



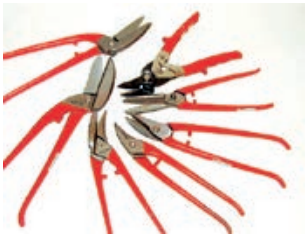
Slika 1-113 Kliješta [100]



Slika 1-114 Kombinirana kliješta [75]



Slika 1-115 Željezna poluga [101]



Slika 1-116 Škare za rezanje lima [77]



Slika 1-117 Kliješta za savijanje lima [77]



Slika 1-118 Kliješta za savijanje kuka [102]

OSTALI ALAT





Slika 1-119 *Limarski alat i razni pribor [77]*

1.6.2.3 Pomagala kod krovopokrivačkih radova

Pomagala u krovopokrivanju koriste se kod opsežnijih tesarskih radova kako bi ubrzali izvođenje radova i smanjili napor radnika.

POMAGALA



Slika 1-120 *Radni stol [103]]*



Slika 1-121 *Tesarski stol [104]*



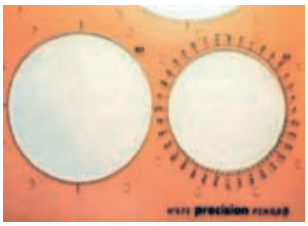
Slika 1-122 *Stol za ubodnu pilu [105]*



Slika 1-123 *Nogari [106]*



Slika 1-124 *Ladica za unakrsno i poprečno piljenje [107]*



Slika 1-125 *Šablone*

1.6.2.4. Strojevi kod krovopokrivača

Kod uporabe strojeva radnik se mora pridržavati uputa za rad sa strojevima, te obvezno koristiti osobna sredstva zaštite na radu.

1.6.2.4.1 Uređaji za zabijanje čavala



Slika 1-126 Akumulatorski pribijač čavala [108]



Slika 1-127 Pneumatski pribijač čavla [109]

1.6.2.4.2 Uređaj za zabijanje spona - klamerica



Slika 1-128 Klamerica [110]



Slika 1-129 Uporaba klamerice [110]

1.6.2.4.3 Pile



Slika 1-130 Motorna pila s lancem [111]



Slika 1-131 Električna ubodna pila [112]



Slika 1-132 Ručna kružna pila [113]



Slika 1-133 Stolna kružna pila [81]



Slika 1-134 Stolna pila za metal [114]



Slika 1-135 Tračna pila za metal [115]

1.6.2.4.4 Strojevi za poravnanje



Slika 1-136 Debljača za drvo [116]



Slika 1-137 Ravnjača - debljača [117]

1.6.2.4.5 Strojevi za savijanje



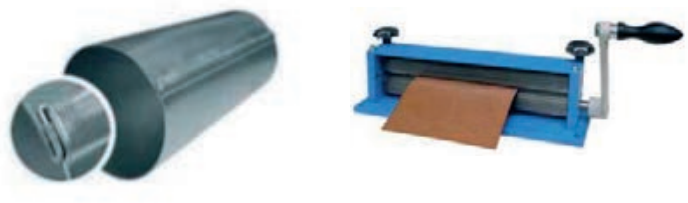
Slika 1-138 Strojevi za savijanje i izradu profilacija za limene pokrove [118]



Slika 1-139 Strojevi za uglato savijanje [119]

1.6.2.4.6 Strojevi za obrubljivanje

Ručnim strojevima mogu se savijati i obrubljivati čelični limovi, a ručnim ili motornim strojevima mogu se obrubljivati čelični limovi za opšav prozora *(Slika 1-140 i Slika 1-141).*



Slika 1-140 *Strojevi za obrubljivanje [119]*



Slika 1-141 *Strojevi za obrubljivanje [119]*

1.6.2.5 Škare



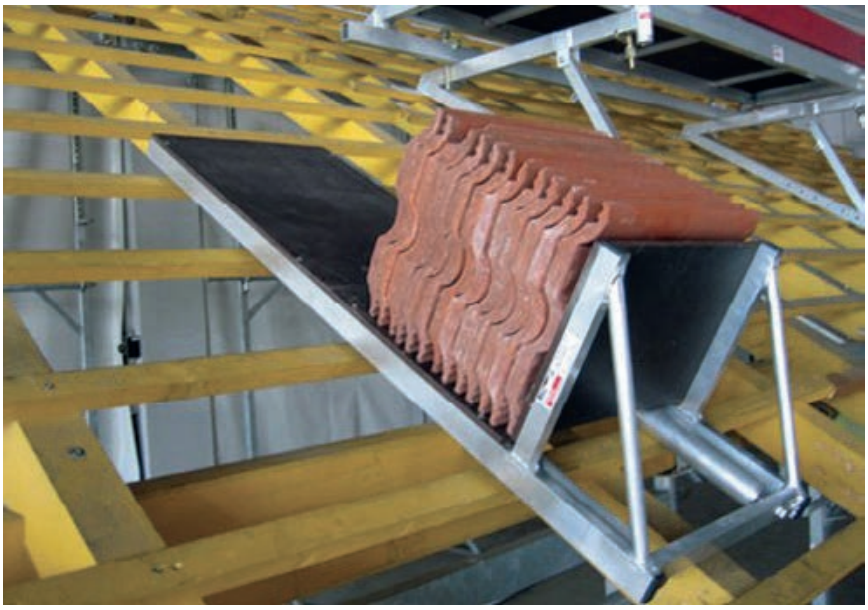
Slika 1-142 *Giljotinaste škare [119]*



Slika 1-143 *Potezne škare za lim [119]*

Giljotinaste škare *(Slika 1-142)* mogu u biti u ručnoj, motornoj ili hidrauličkoj izvedbi. Uporabljaju se za različite širine (od 1040 do 4540 mm) i debljine čeličnih limova od 1 mm do 5 mm. Za rezanje tanjih limova mogu se koristiti i kolutne škare *(Slika 1-143).*

1.6.2.6 Klizni aluminijski nosač crijepa



Slika 1-144 *Klizni aluminijski nosač crijepa [120]*

1.7 UGRADNJA VANJSKE STOLARIJE

Vanjska stolarija toliko je kvalitetna i energetski učinkovita koliko je kvalitetna njezina ugradnja. Prije svega radi se o točnoj ugradnji bez zrakopropusnih mjesta uz obod vanjske stolarije i po mogućnosti s neposrednom vezom na sloj materijala za toplinsku zaštitu zida te za pravilan način prirodnoga prozračivanja prostora. Trenutačno u graditeljstvu prevladava klasičan način ugradnje vanjske stolarije pomoću poliuretanske pjene, prekrivnih letvica i silikonskoga kita.

Dosadašnji standardni način ugradnje stolarije podrazumijeva ugradnju pomoću posebnih turbo vijaka kojima se okvir stolarije pričvršćuje na građevinsku konstrukciju te PUR pjene kojom se ispunjava međuprostor između okvira stolarije i zida *(Slika 1-146).* Taj se međuprostor iznutra najčešće prekriva gips-vapnenom žbukom, a izvana izolacijskom fasadom.



Slika 1-145 *Gubici topline kroz otvore [7]*



Slika 1-146 *Brtvljenje međuprostora PUR pjenom [121], [7]*

Upravo u tom međuprostoru, zbog često neadekvatno izvedenog spoja, dolazi do gubitaka topline *(Slika 1-145)* i velike koncentracije vlage koja kao vodena para dolazi iz prostora u kojem boravimo, što može rezultirati građevinskom štetom. Za ilustraciju, u roku 24 h, kroz otvor reške širine 1 mm i duljine 1 m (koja nije paronepropusno izolirana s unutarnje strane) u građevni element, odnosno zid, kondenzira se otprilike 360 g vode. Kondenzacija vlage odvija se na temperaturi od 9,3°C, a ista često dovodi do pojave plijesni, gljivica, truleži ili čak curenja vode iz zida ispod ugrađene stolarije. Gljivice uzrokuju iznimno lošu mikroklimu životnog prostora, te mogu biti štetne za zdravlje. Posljedice vlage u međuprostoru mogu biti plijesni, gljivice, trulež, čak i curenje vode iz zida, ispod novo ugrađenog prozora *(Slika 1-147)!*



Slika 1-147 Pojava gljivica i vlaženja zida zbog loše ugradnje prozora [7]

Za te pojave najčešće se okrivljuju proizvođači i ugrađivači stolarije, a kao razlozi se navode prevelika propusnost brtvi na stolariji ili neispravno izrađena stolarija.

Kako bi se to spriječilo te povećala ušteda energije, **preporučuje se ugradnja stolarije prema RAL – smjernicama:**

- spoj stolarije i zida (međuprostor) treba održati suhim;
- prozor treba pozicionirati na pravilnu liniju izoterme;
- spriječiti protok vodene pare u izolaciju, naročito s unutarnje strane (paronepropusnost iznutra prema međuprostoru);
- spriječiti ulazak tekuće vode ili proboj kiše s vanjske strane (vodonepropusnost izvana prema međuprostoru);
- osigurati nesmetani izlazak vodene pare iz međuprostora u atmosferu (paropropusnost iz međuprostora prema van).

Kako bi se zadovoljile ove smjernice, do sada su se razvila četiri sustava brtvljenja: pomoću folija i ekspandirajuće brtve, pomoću folija, pomoću brtvenih traka, te pomoću RAL PVC letvice.

1.7.1 Sustav brtvljenja pomoću folija i ekspandirajuće brtve

Na vanjskom dijelu stranice okvira prozora okrenute prema zidu lijepi se ekspandirajuća brtva, a s unutarnje strane okvira prozora lijepi se folija. Nakon ugradnje prozora, ekspandirajuća brtva na vanjskoj strani okvira popunjava i brtvi međuprostor između zida i okvira prozora, a ostatak međuprostora ispunjava se PUR pjenom. Nakon što se PUR pjena osuši i odreže, s unutarnje se strane zaštićuje folijom, te je time osigurana od djelovanja vanjskih utjecaja *(Slika 1-148).*



Slika 1-148 Brtvljenje folijama i ekspandirajućom brtvom [122]

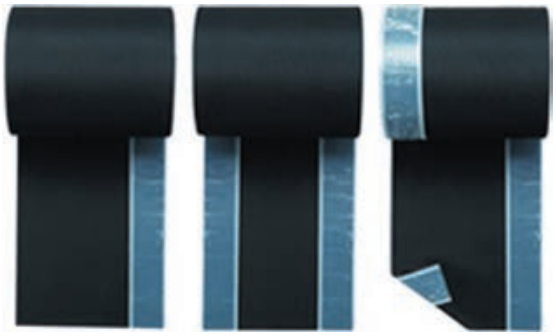
PUR (POLIURETANSKA) pjena jedan je od najboljih toplinskih izolatora (λ= 0,020 - 0,035 W/mK). Izlazeća pjena povećava volumen i očvršćuje s vlagom iz zraka. Nakon 15 minuta istisnuta pjena postaje neljepljiva na dodir. Višak istisnute pjene može se odrezati nakon 30-60 min, a potpuno očvrsne nakon 1-5 sati. Vodonepropusna je, otporna na kemikalije, postojana na temperaturi do 130°C i elastična. Dobro prianja na sve građevinske materijale (drvo, plinobeton, opeka, metal, aluminij), ali **ne i na polietilen, silikon i teflon**, te nije otporna na ultraljubičaste (UV) zrake. Ukoliko je PUR pjena izložena djelovanju UV zraka ona gubi svoja svojstva, trusi se i nestaje, pa ju je zbog toga potrebno obavezno zaštititi od djelovanja sunca. Za ugradnju stolarije koristi se jednokomponentna PUR pjena, koja se koristi i za ispunjavanje te brtvljenje otvora, reški, raspuklina, sustava za grijanje, instalacija i sl.

1.7.2 Sustav brtvljenja pomoću folija

Na okvir prozora se iznutra lijepi vodo- i paronepropusna folija *(Slika 1-149)*, a izvana vodonepropusna-paropropusna folija *(Slika 1-150)*. Nakon ugradnje stolarije, na spoju elementa s objektom, postavlja se PUR pjena koja se nakon sušenja odreže. Nakon toga, folije koje su na elementu lijepe se na zid (premazan temeljnim premazom) pomoću poliuretanskog kita i time je PUR pjena zaštićena od vanjskih utjecaja *(Slika 1-151)*.



Slika 1-149 *Primjer pričvršćenja unutarnjih paronepropusnih traka na građevinski element [123]*



Slika 1-150 *Folije za brtvljenje [124]*



Slika 1-151 *Primjer brtvljenja folijom [124]*

1.7.3 Sustav brtvljenja pomoću brtvenih traka

Korištenjem brtvenih traka s rješenjem „3 u 1“ moguće je postići zadane vrijednosti unutarnjega i vanjskoga brtvljenja samo jednom trakom. Traka se postavlja na stranicu okvira stolarije okrenutu prema građevnom elementu, punom širinom, te se time postiže odgovarajuća vodonepropusnost, paronepropusnost odnosno paropropusnost, ali i toplinska izolacija *(Slika 1-152)*.

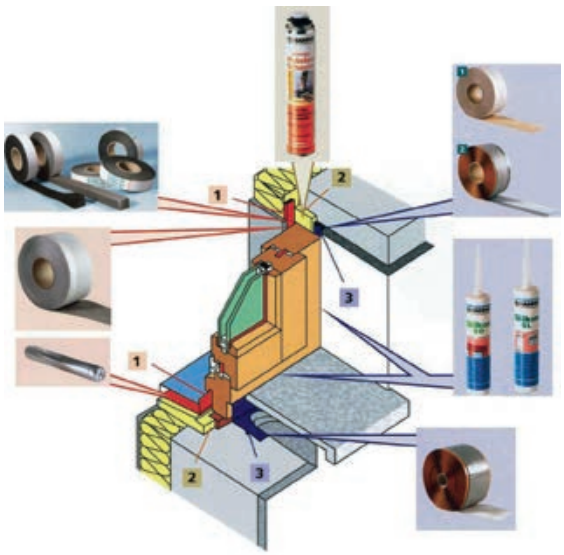


Slika 1-152 *Brtvljenje pomoću brtvenih traka [123]*



Slika 1-153 *Žbukanje zidarskih otvora [124]*

RAL ugradnja sukladna je preporukama za uštedu energije prema europski priznatim pravilima struke, propisima o toplinskoj zaštiti iz 1995. i EnEv 2002, RAL smjernicama, normi DIN 4108, tehničkim smjernicama saveza udruga staklara, metalogradnje i stolara (Izvadak iz službenog tumačenja njemačkih propisa). Iste smjernice preuzela je većina europskih zemalja i prilagodila ih lokalnim propisima. Stolariju je potrebno ugraditi na pravilnu poziciju unutar špalete - kod niskoenergetskih kuća na vanjski rub zida, a kod pasivnih kuća izvan zida tj. u toplinsku izolaciju fasade *(Slika 1-154)*. Kako bi se omogućila pravilna ugradnja, te ostvarila potrebna zrakonepropusnost prozora, potrebno je zidarski otvor (špaletu) pripremiti žbukanjem toplinskim mortom, naročito ukoliko se prozor ugrađuje u sloj toplinske izolacije *(Slika 1-153).*





Slika 1-153 *Pravilan položaj stolarije za RAL ugradnju u vrlo niskoenergetske zgrade i zgrade gotovo nulte energije*

1.7.4 Sustav brtvljenja pomoću RAL PVC letvica

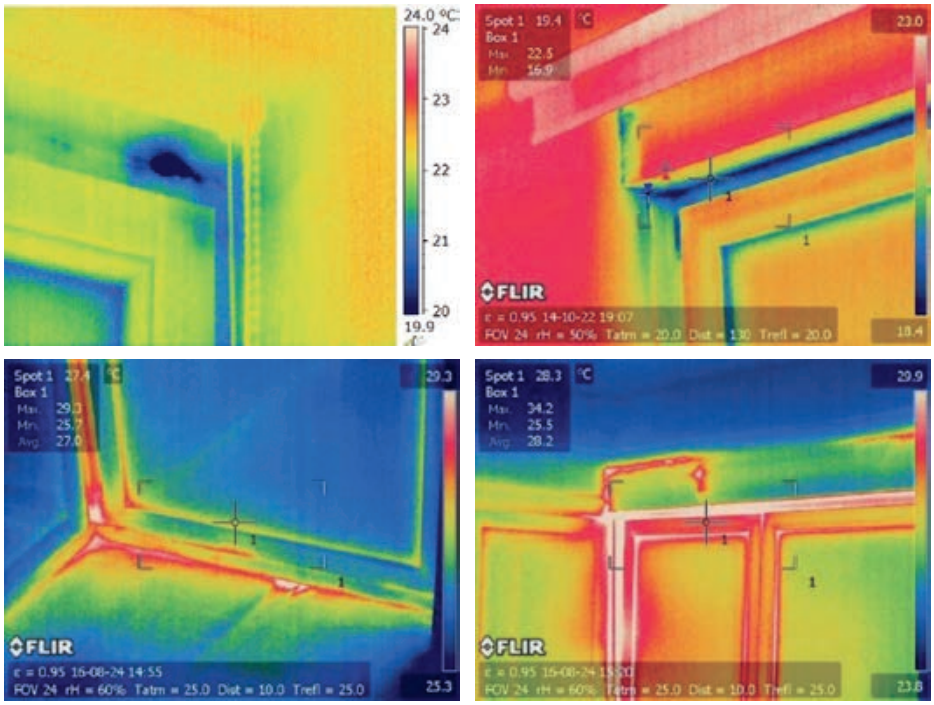
Na okvir prozora s unutarnje strane lijepi se vodo- i paronepropusna RAL letvica, a s vanjske strane vodonepropusna i paropropusna RAL letvica. RAL letvica osigurava uredan spoj fasade (žbuke) i prozora te omogućava nesmetano širenje i sužavanje prozora uslijed temperaturnih promjena, bez pucanja spoja fasade i elementa.

Letvice su konstruirane i profilirane tako da mogu prihvatiti razne materijale, pa postoje: letvice za klasičnu žbuku, ETICS sustav od EPS-a ili kamene vune (s mrežicom), letvice za staklenu vunu i za gips-kartonske ploče *(Slika 1-155).*



Slika 1-155 *Brtvljenje RAL PVC letvicama [124]*

Ugradnju prozora moguće je provjeriti korištenjem infracrvene termografije, pri čemu se u slučaju loše ugradnje prozora može vidjeti točna lokacija nedostatka *(Slika 1-156).*



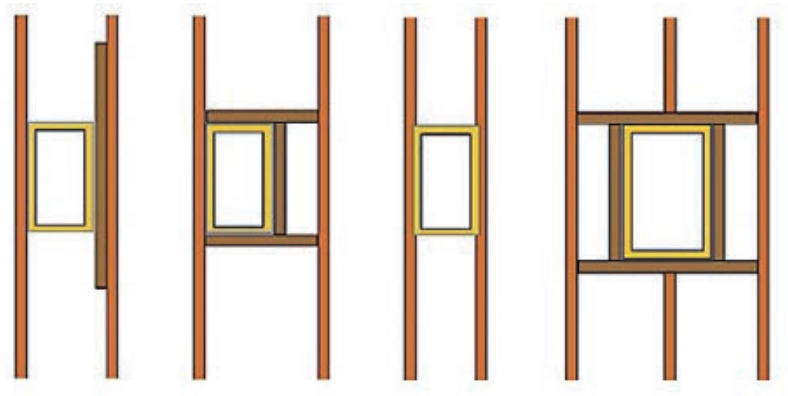
Slika 1-156 *Primjeri loše ugradnje prozora prema RAL smjernicama [7]*

1.7.5 Krovni prozori

Krovni prozori izrađuju se od aluminija, plastike, (pocinčanog) čelika, drveta, ili kao kombinacija materijala s izolacijskim staklom (dvoslojna, troslojna), kaljenim ili akrilnim staklom, a ugrađuju se zbog osvjetljavanja prostora potkrovlja, prozračivanja ili kao otvori za krovni izlaz, odnosno pristup dimnjacima i sl.

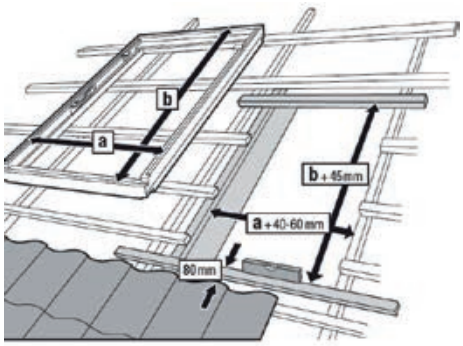
1.7.5.1 Ugradnja krovnih prozora

Ugradnja krovnih prozora povezana je s postavljanjem pokrova, no može se obaviti i naknadno što je vrlo često pri preuređenju prostora potkrovlja. Proizvođači imaju u ponudi najrazličitije modele i dimenzije krovnih prozora, a proizvode ih i prema željenim dimenzijama naručitelja. Dimenzije prozora u odnosu na razmak rogova mogu uvjetovati potrebne dodatne zahvate na konstrukciji krovišta *(Slika 1-157).* Razmak između rogova ne treba biti ograničavajući čimbenik jer rezanjem roga i izradom premosnice krovna konstrukcija ostaje i dalje dovoljno stabilna, a omogućuje ugradnju većeg krovnog prozora.



Slika 1-157 *Položaj prozora u odnosu na razmak rogova [125]*

Prije ugradnje krovnog prozora potrebno je znati točne dimenzija prozora *(Slika 1-158)*, te znati i vrstu pokrova zbog kvalitetne primjene odgovarajućeg opšava.

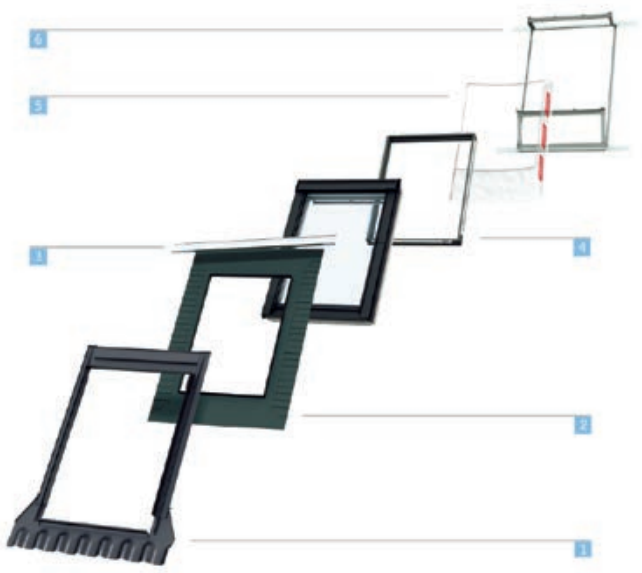


Slika 1-158 *Razmjer dimenzija otvora u odnosu na dimenzije prozora [126]*



Slika 1-159 *Učvršćivanje krovnog prozora [127]*

Slika 1-160 prikazuje pribor pri ugradnji krovnih prozora, pri čemu je bitno da su svi prikazani proizvodi za ugradnju kompatibilni, kako bi osigurali otpornost krovnog prozora na vremenske uvjete kao i sigurno povezivanje krovnog prozora s krovnom konstrukcijom .



1. Opšav
2. Hidroizolacijska maramica
3. Žlijeb za odvodnju
4. Okvir za toplinsku izolaciju hidroizolacijske maramice i odvodnog žlijeba
5. Parna brana
6. Podesivi čelični okvir za postavljanje unutarnje obloge oko krovnog prozora

Slika 1-160 *Proizvodi za ugradnju krovnog prozora [128]*

Pri ugradnji prozora jako je važno osigurati vodonepropusnost, a to se postiže ugradnjom pravilno odabranog opšava (ovisno o vrsti pokrova) koji povezuje krovni prozor s pokrovom. Krovni prozor se štiti paropropusnom-vodonepropusnom folijom kako oborinske vode ne bi uz okvir prozora prodrle u ostale slojeve krovne konstrukcije. Proizvođači prozora u svojoj ponudi imaju odgovarajuće opšave za svaku vrstu krovnog prozora i svu potrebnu dodatnu opremu za ugradnju *(Slika 1-159).*

Limeni opšav ugrađuje se u utor na okviru prozora putem plastičnog brtvila, prije ugradnje. Opšavni lim se s gornje i bočnih strana podvlači pod pokrov, a samo se s donje strane postavlja iznad pokrova *(Slike 1-161 i 1-162).*

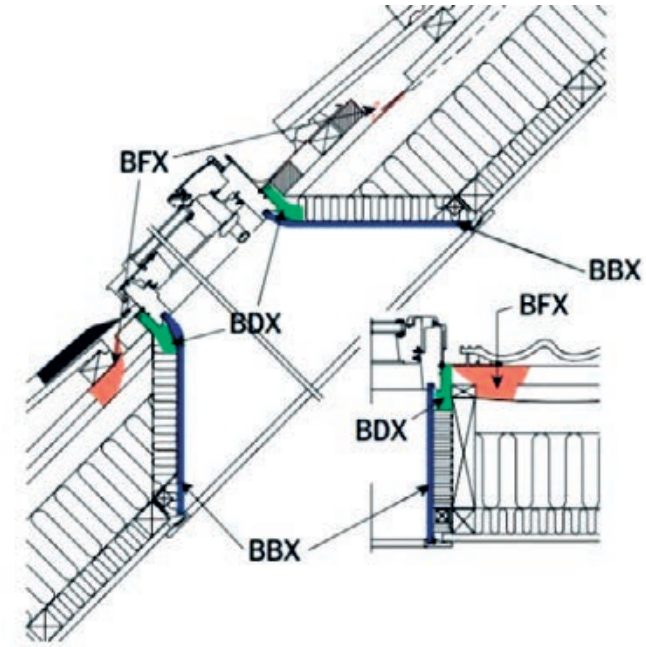


Slika 1-161 *Detalj opšava [129]*



Slika 1-162 *Detalj opšava upuštenog prozora [128]*

Osim osiguranja od prodora vode i vlage važno je osigurati i zrakonepropusnost (brtviti), te toplinsku izolaciju prozora povezati s toplinskom izolacijom krova kako bi se izbjegli toplinski mostovi *(Slika 1-163).*



BDX Izolacijska maramica; BFX Hidroizolacijska maramica; BBX Parna brana

Slika 1-163 *Gornji i donji opšav krovnog prozora [128]*

1.7.5.2 Postupak pri ugradnji krovnog prozora na krov pokriven crijepom



Slika 1-164 *Potreba prilagodbe krovnog pokrova ugradnji krovnog prozora i opšavu [130]*

Ovisno o visini (debljini) crijepa i njegove udaljenosti od donjeg ruba krovnog prozora, može se pojaviti potreba rezanja crijepa kako bi se valoviti opšav na donjem dijelu prozora mogao ispravno ugraditi. Važno je dobro izmjeriti i odrediti koliko i gdje crijep treba rezati *(Slika 1-164).*



Slika 1-165 *Pravilno postavljanje crijepa i opšava kod ugradnje krovnog prozora [130]*

Crijep ispod prozora zamjenjuje se izrezanim i donji opšav pričvršćuje uz okvir, te je zatim potrebno pritisnuti donji valoviti, fleksibilni dio opšava kako bi se prilagodio uz površinu pokrova (može se koristiti i gumeni čekić, ali oprezno) *(Slika 1-165).*

Obično krovni prozor uključuje izolacijski okvir B1 za dodatnu izolaciju između prozorskog okvira i krova i hidroizolacijske maramice B3, što osigurava usko brtvljenje između prozora i krovne folije. Žlijeb za odvodnju B2 odvodi od prozora vodu koja bi mogla prodrijeti u krovni materijal *(Slike 1-166 do 1-169).*



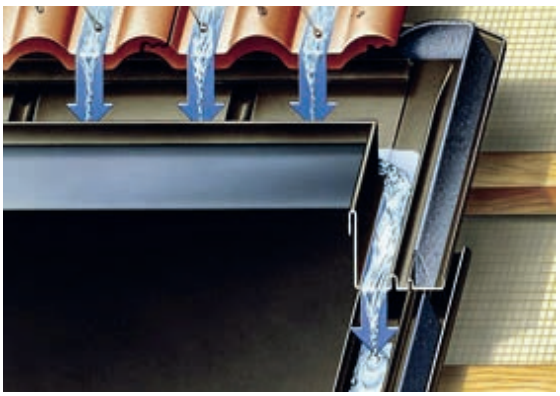
Slika 1-166 *Okvir prozora s ugrađenom trakom toplinske izolacije [128]*



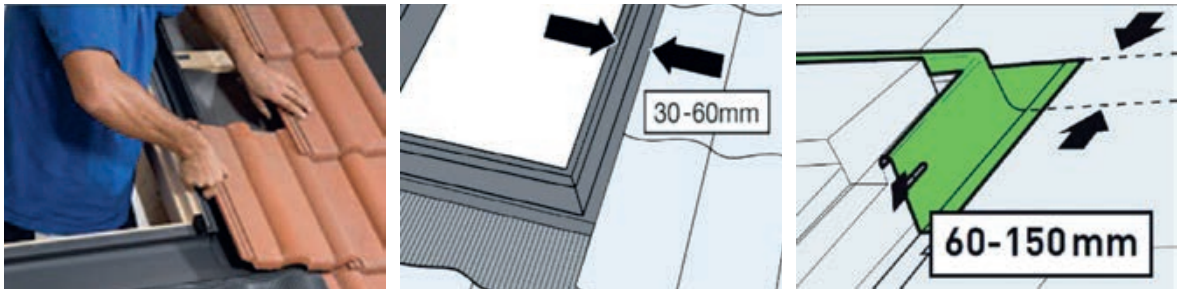
Slika 1-167 *Ugradnja hidroizolacije oko prozora [128]*



Slika 1-168 *Učvršćivanje bočnog opšava [130]*



Slika 1-169 *Funkcioniranje opšava [131]*



Slika 1-170 *Završetak ugradnje postavljanjem pokrova na opšav prozora [130], [132]*

Važno je ugraditi i ostale dijelove prozorskog opšava te se pritom pridržavati uputa proizvođača kako bi taj dio konstrukcije u potpunosti ispunio svoju namjenu *(Slika 1-170 - Slika 1-171).*



Slika 1-171 *Postavljanje crijepa iznad prozora i izgled prozora nakon ugradnje [130]*

Za optimizaciju unutarnje obloge može se koristiti okvir za unutarnju oblogu. Čelični okvir spreman za ugradnju C1 definira strukturu za oblikovanje unutarnje završne obloge.

Dizajn omogućuje i dodavanje dodatnog izolacijskog materijala, a uključuje parnu branu C2 koja je 100 % paronepropusna i koja sprječava kondenzaciju vodene pare u slojevima krova *(Slika 1-172 i Slika 1-173).*



Slika 1-172 *Postavljanje parne brane i završne obloge s unutarnje strane krova [128]*



Slika 1-173 *Postavljanje potkonstrukcije, toplinske izolacije i parne brane oko krovnog prozora [128]*

Ukoliko se krovni prozori loše ugrade *(Slika 1-174)* može doći do pojave građevinske štete u stambenom prostoru potkrovlja, propadanja konstrukcije krova, močenja toplinske izolacije krova itd. *(Slika 1-175 i Slika 1-176).*



Slika 1-174 *Primjer loše ugrađenih krovnih prozora [133], [128]*



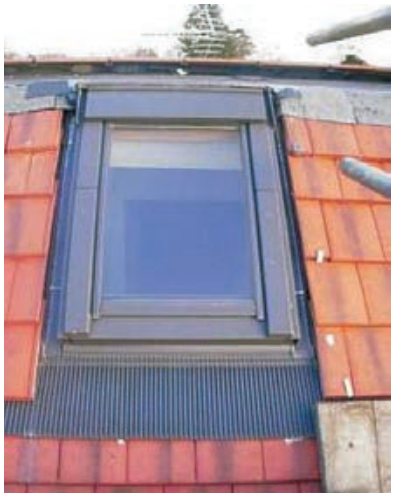
Truli doprozornik krovnog prozora - Limeni opšav bio je postavljen preko opšava prozora što je dovelo do ulaska vode u krov



Veliki prostor kao i opšav prozora nezaštićeni paropropusnom-vodonepropusnom folijom

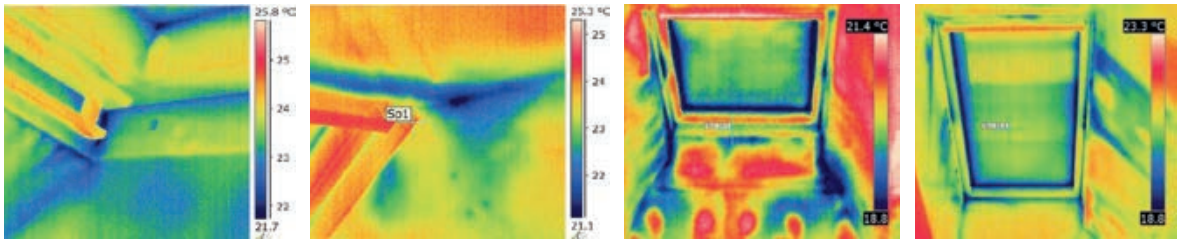


Krovni prozor ugrađen u uvalu krova, bez rješenja za odvođenje kišnice



Položaj krovnog prozora previsoko na krovu (pod sljemenom)

Slika 1-175 *Primjer problema nastalih lošom ugradnjom krovnih prozora [134]*



Slika 1-176 *Primjer termograma koji ukazuju na loše izvedenu parnu branu (zrakonepropusnu ovojnicu) – opasnost od kondenzacije vodene pare [7]*

1.7.6 Svjetlosni tuneli

Svjetlosni tunel dovodi prirodno svjetlo u mračne dijelove kuće kao što su hodnici, kupaonice ili garderobe u koje nije moguće dovesti dnevnu svjetlost prozorima. Dnevna svjetlost poboljšava unutarnju klimu prostora i stvara bolje životne uvjete. Savitljivi svjetlosni tuneli koriste se kada je udaljenost između krova i stropa premala za nesavitljivi tunel. Nesavitljivi svjetlosni tuneli donose izravno osvjetljenje kada je otvor u stropu smješten izravno ispod vanjske jedinice tunela *(Slika 1-177).*



Slika 1-177 *Primjer funkcioniranja svjetlosnog tunela [135]*

Na tržištu se mogu naći izvedbe svjetlosnih tunela *(Slika 1-178)* za:

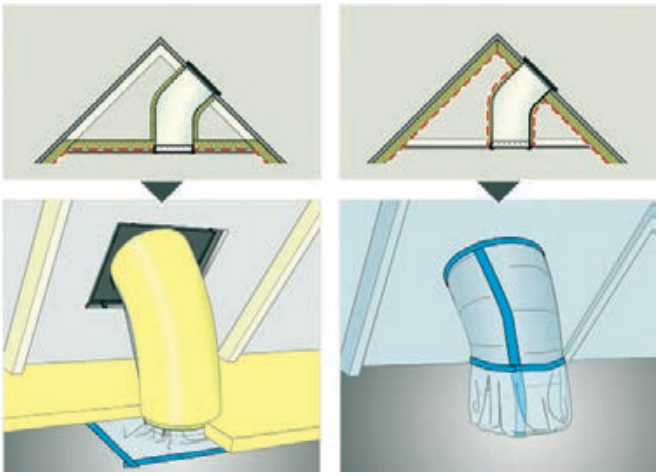
- Kosi krov - Ugrađuje se na krovne konstrukcije nagiba od 15° - 60°
- Ravni krov - Ugrađuje se na krovne konstrukcije nagiba od 0° - 15° i opšiva pokrovnim hidroizolacijskim materijalom krovišta.



Slika 1-178 *Primjer ugrađenog svjetlosnog tunela za kosi i ravni krov [135]*

Svjetlosni tunel sastoji se od krovne jedinice, cijevi tunela (savitljive ili nesavitljive) i stropne jedinice. Krovna jedinica uključuje integrirani poliuretanski opšav za profilirane krovne pokrove ili ravne krovne pokrove. Savitljiva, aluminijska cijev ima visokoreflektirajući premaz. Stropna jedinica obično ima posebni difuzor svjetlosti i ugrađuje se u završnu oblogu stropa. Prilikom ugradnje svjetlosnog tunela primjenjuju se slična načela ugradnje kao i kod ugradnje krovnih prozora, uz dodatne zahtjeve koji se odnose na savijanje same cijevi, itd. što se može vidjeti u uputama za ugradnju samih proizvođača svjetlosnih tunela.

Naročito je bitno ostvariti savršeni spoj hidroizolacijske maramice svjetlosnog tunela s paropropusnom-vodonepropusnom folijom koja se nalazi na krovu, kao i neprekidnost parne brane oko cijevi svjetlosnog tunela s parnom branom krova.

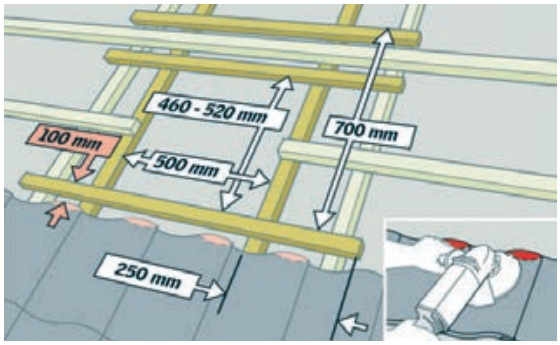


Slika 1-179 *Primjer moguće ugradnje parne brane i toplinske izolacije oko svjetlosnog tunela [135]*

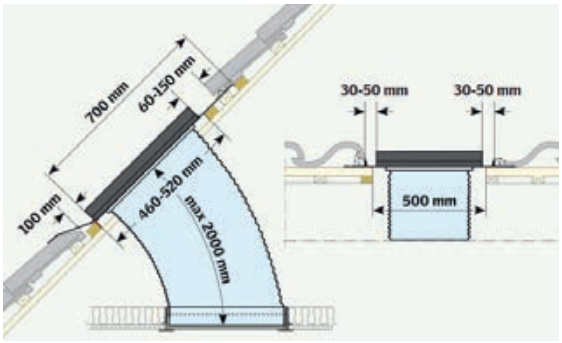
Slika 1-180 i Slika 1-181 daju primjer pripreme krovne konstrukcije za ugradnju standardiziranog svjetlosnog tunela. Ovdje je potrebno napomenuti kako je prilikom ugradnje svjetlosnog tunela potrebno savjetovati se s proizvođačem, jer priprema i raster pojedinih elemenata krovišta ovisi o vrsti pokrova na koji će se svjetlosni tunel ugraditi.

Ovisno o tome radi li se o ravnom ili profiliranom crijepu, limu, pločama, kao i o tome radi li se o kosom ili pak ravnom krovu.

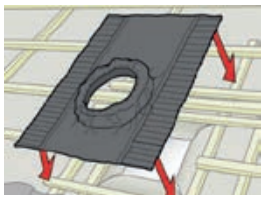
Slika 1-182 pokazuje primjer ugradnje svjetlosnog tunela u kosi krov s profiliranim crijepom, pri čemu valja naglasiti kako su ovo samo osnovni koraci ugradnje za jednu vrstu krova, a za detaljnije upute (i upute za druge vrste krova) potrebno je savjetovati se s proizvođačem sustava.



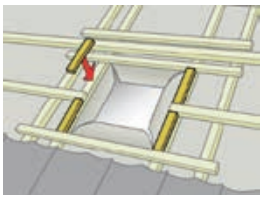
Slika 1-180 *Priprema krovne konstrukcije za ugradnju svjetlosnog tunela u kosi krov s profiliranim crijepom [135]*



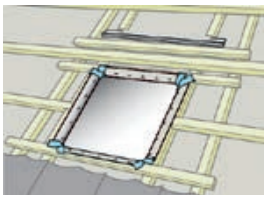
Slika 1-181 *Ugradnja svjetlosnog tunela u kosi krov s profiliranim crijepom [135]*



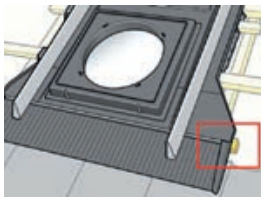
Ugradnja hidroizolacijske maramice

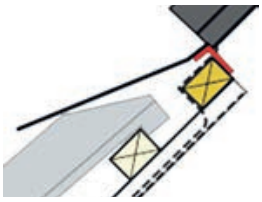


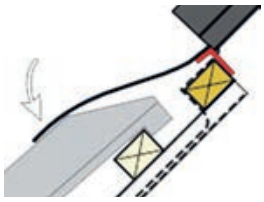
Postavljanje letvica



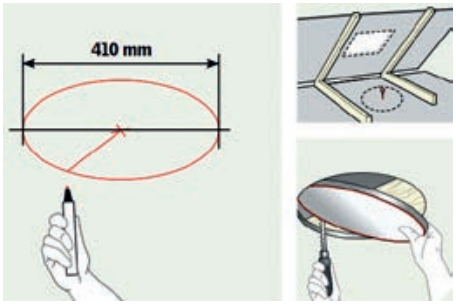
Savijanje i pričvršćenje paro-propusne-vodonepropusne folije



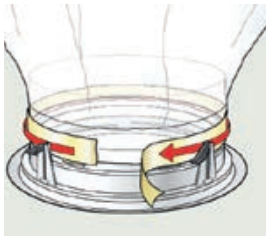




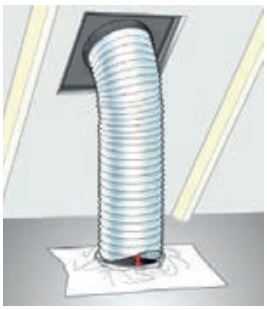
Postavljanje opšava svjetlosnog tunela, povezivanje hidroizolacijske maramice s paropropusnom-vodonepropusnom folijom krova

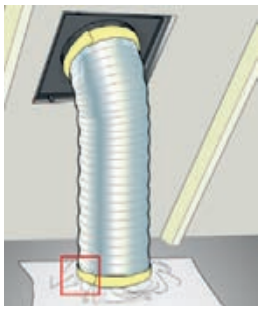


Proboj unutarnje obloge krovišta i/ili obloge stropa

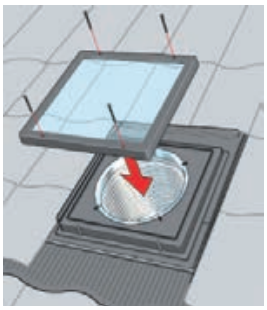


Brtvljenje parne brane za opšav stropne jedinice





Postavljanje i brtvljenje cijevi tunela za parnu branu

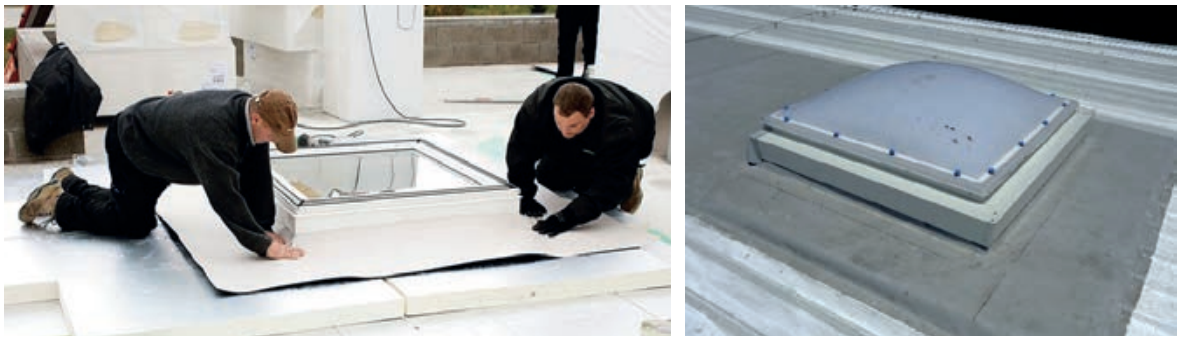


Postavljanje stakla krovne jedinice

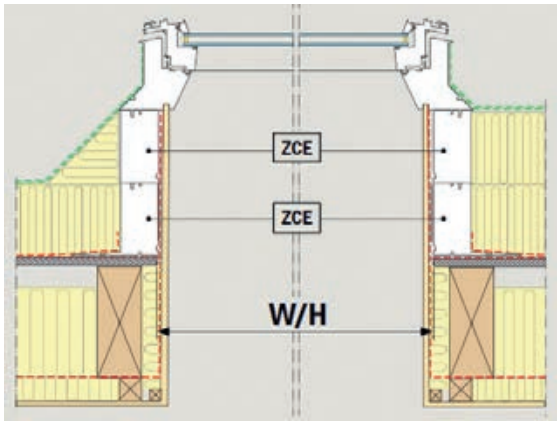
Slika 1-182 *Primjer koraka ugradnje svjetlosnog tunela u kosi krov s profiliranim crijepom [135]*

1.7.7 Prozori za ravni krov

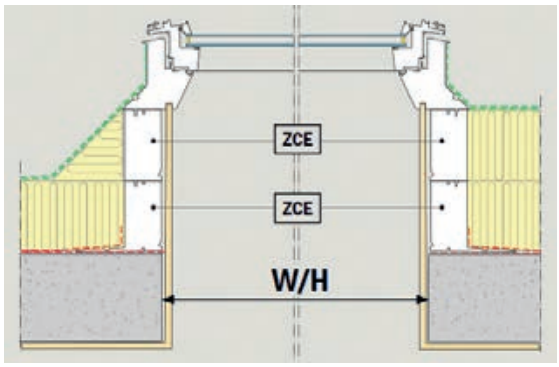
Prozori za ravni krov uključuju fiksne prozore, izlaze na krov i prozore s otvaranjem (ručnim ili električnim, kao i kupole za odimljavanje u slučaju požara, *Slika 1-183*. *Slika 1-184 i Slika 1-185* prikazuju primjer ugradnje prozora za ravni krov u drvenu i armiranobetonsku krovnu konstrukciju, kao i položaj parne brane (crvena linija) te hidroizolacijske membrane (zelena linija).



Slika 1-183 *Primjer ugradnje prozora za ravni krov*



Slika 1-184 *Primjer ugradnje prozora za ravni krov u drvenu krovnu konstrukciju [135]*

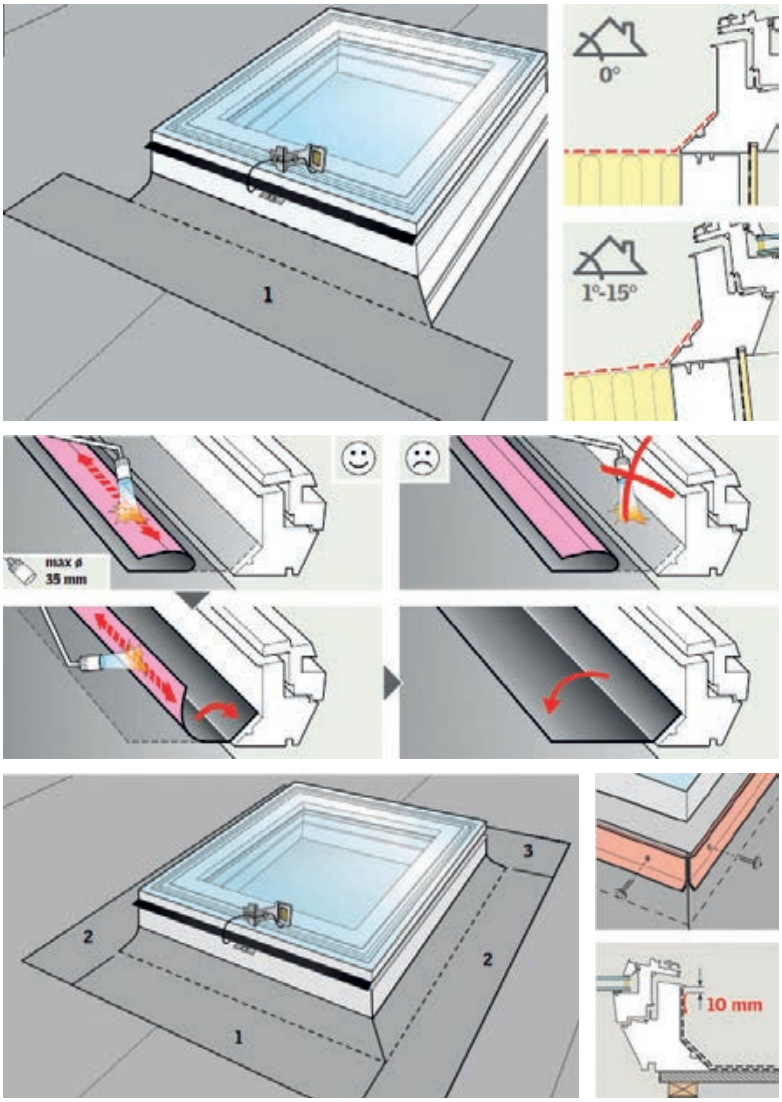


Slika 1-185 *Primjer ugradnje prozora za ravni krov u armiranobetonsku krovnu konstrukciju [135]*

Slika 1-186 prikazuje pravilan način postavljanja prozora za ravni krov, s obzirom na način otvaranja u odnosu na nagib krova i osiguranje ravnosti konstrukcije na koju se postavlja, dok *Slika 1-187* prikazuje pravilan način pričvršćenja hidroizolacijske membrane na okvir prozora za ravni krov.



Slika 1-186 *Postavljanje prozora za ravni krov [135]*

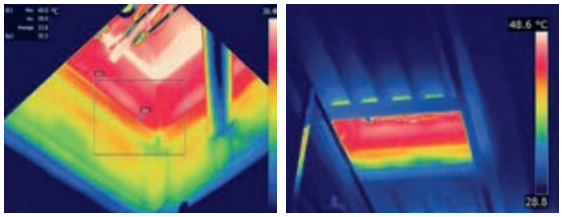


Slika 1-187 *Pravilan način pričvršćenja hidroizolacijske membrane krova na okvir prozora [135]*

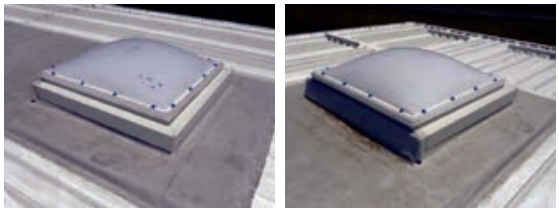
Kod nekvalitetne ugradnje prozora za ravne krovove, zbog loše toplinske izolacije može doći do pojave toplinskog mosta na mjestu nalijeganja okvira prozora na krovnu konstrukciju *(Slika 1-188)*. Također, ukoliko se hidroizolacijska barijera izvede loše, može doći do procurivanja vode u konstrukciju i korisni prostor ispod krova *(Slika 1-189)*. Uz to, ukoliko se loše izvede i brtvljenje parne brane, može doći do kondenzacije vodene pare u slojevima krova (*Slika 1-190 i Slika 1-191)*.

Kupole prozora za ravne krovove moraju biti izrađene od materijala otpornih na temperaturne promjene kao i na starenje uslijed UV zračenja *(Slika 1-192)*.

Potrebno je naglasiti da se ovakvi prozori i kupole često izvode i u hlađenim prostorima poput hladnjača, kod kojih često u ljetnom razdoblju dolazi do pojave kondenzata ukoliko se radovi izvedu nekvalitetno, ne prateći ovdje navedene smjernice po pitanju neprekidnosti parne brane.



Slika 1-188 *Primjer termograma prozora za ravni krov – toplinski most [7]*



Slika 1-189 *Primjer sanacije krova od laganih sendvič panela zbog početne loše ugradnje prozora za ravni krov (kupole za odimljavanje) [7]*



Slika 1-190 *Primjer nekvalitetno izvedene zrakonepropusnosti kod ugradnje kupole za odimljavanje [7]*



Slika 1-191 *Primjer pojave kondenzata zbog nepostizanja zrakonepropusnosti kod ugradnje kupole za odimljavanje [7]*



Slika 1-192 *Primjer ulaska vode u samu kupolu, kod koje je uslijed djelovanja UV zračenja došlo do starenja materijala i pucanja [7]*

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE
KROVOPOKRIVAČ



POKROV CRIJEPOM

2 POKROV CRIJEPOM

Kada se kaže crijep (tanka opeka za pokrivanje krova) uglavnom pomislimo na glineni crijep, ali danas se taj naziv koristi i za elemente pokrova proizvedene iz drugih materijala, npr. betonski crijep, stakleni crijep itd. Kroz povijest dolazilo je do promjena u oblikovanju i prilagodbe različitim klimatskim područjima, te proizvodnje crijepa iz drugih materijala, ali su se osnovne značajke crijepa sačuvale.

Crijep ima svojstvo fleksibilnosti zbog načina preklapanja i nije osjetljiv na pomake u konstrukciji, lako se obavlja zamjena elemenata i rekonstrukcija pokrova. Nedostaci koji se vežu uz crijep jesu njegovo veće opterećenje na konstrukciju u odnosu na druge vrste pokrova, međutim težina ovakvog pokrova bitno povećava stabilnost krova pri opterećenjima uslijed jakog vjetra ili nevremena, a s druge strane ima mali utjecaj na dimenzioniranje krovne konstrukcije. Nedostatkom se smatra i relativno velik nagib krova i to što postavljanje traje dulje zbog velikog broja elemenata malih dimenzija.

Pokrov mora podnijeti različita opterećenja kao što su toplina (do + 70° C), hladnoća (do – 30°C), udari vjetra (do 180 km/h), težina snijega i leda (do 120 kg/m²), tuča, vatra i buka. Nagib krova za oblaganje crijepom kreće se najčešće od 22° (40,4 %) do 40° (83,9 %) što ovisi o vrsti, obliku i dimenzijama crijepa. Ukoliko su nagibi manji ili veći nego što je za određeni crijep propisano, potrebno je primijeniti dodatne mjere prema uputama proizvođača. Nagib crijepa (pokrova) razlikuje se od nagiba rogova i za 4-8° je manji nego nagib rogova, ovisno o razmaku letava i debljini crijepa.

Pri projektiranju i izvedbi krovišta potrebno je predvidjeti posebne mjere ukoliko je zbog lokalnih vremenskih uvjeta, samog krovišta, svrhe objekta i vrlo strmog ili blagog nagiba krova potrebno ispuniti dodatne zahtjeve za potpunu funkcionalnost krova. Na raspolaganju stoje učvršćivanje, ili pak sekundarni krov (oplata, krovna folija).

Dodatne mjere ovisno o nagibu krova:

=15° - obvezna izvedba sekundarnog krova;

>22° - polaganje bez dodatnih mjera;

>45° - (i u izrazito vjetrovitim područjima) svaki 2. ili 3. crijep u svakom redu pričvrstiti bočnom spojnicom;

>60° - svaki crijep pričvrstiti na letvu.

Kod svih nagiba krova potrebno je uzeti u obzir statička djelovanja vjetra *(Slika 2-1)*.



Slika 2-1 *Primjeri spojnica za pričvršćivanje crijepa [136], [137]*

Krovna konstrukcija na koju se može oblagati crijepom najčešće je drvena *(Slika 2-2)*, ali može biti i armiranobetonska *(Slika 2-3,* AB ploča npr. za oblaganje kanalice), od lakobetonskih elemenata (bijeli strop, *Slika 2-4)*, a najrjeđe se pojavljuje čelična konstrukcija *(Slika 2-5)*.



Slika 2-2 *Drvena konstrukcija [138]*



Slika 2-3 *AB ploča [139]*



Slika 2-4 *Konstrukcija od lakog betona [139]*



Slika 2-5 *Metalna konstrukcija [140]*

Prema materijalu od kojega se crijep proizvodi, razlikujemo:

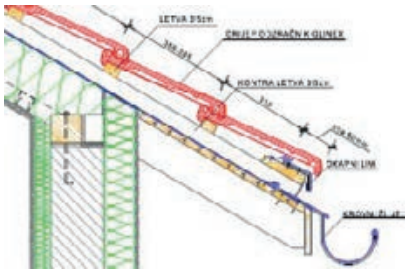
- glineni crijep
- betonski crijep
- stakleni crijep
- crijep od polikarbonata (tzv. crijep od plastike)
- crijep za posebne namjene tzv. solarni crijep (kombinacija materijala).

Solarni crijep ima osnovni oblik crijepa bez obzira ima li solarnu ćeliju integriranu u sam crijep, ili je izveden od fleksibilnih tankoslojnih fotonaponskih materijala.

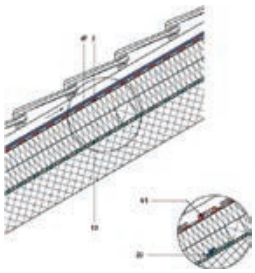
Ova tehnologija kod nas još nije rasprostranjena, budući da je općenito ugradnja takvih solarnih sustava još uvijek relativno skupo rješenje.

2.1 TOPLINSKA IZOLACIJA DRVENOG KROVIŠTA

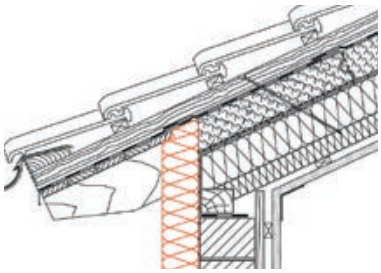
Izuzetno važan element je i izolacija krova koju čini sustav toplinske i hidro-izolacije kao i parne brane, što je detaljno opisano ranije u ovom Priručniku. Toplinska izolacija može biti postavljena u, iznad ili ispod krovne konstrukcije i treba dodatno paziti da ne dođe do pojave toplinskih mostova *(Slika 2-6, Slika 2-7).*



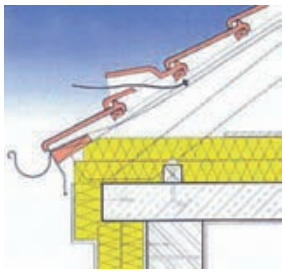
Drvena konstrukcija



AB ploča



Elementi krovne konstrukcije od lakog betona



Hladni krov

Slika 2-6 *Postavljanje toplinske izolacije na različite vrste krovnih konstrukcija [6], [141], [142], [143]*

Slika 2-7 prikazuje postupak toplinske izolacije krova s gornje strane, pri čemu se misli na ugradnju parne brane s gornje strane rogova, ugradnju mekane toplinske izolacije od mineralne vune između rogova, kao i toplinske izolacije od kamene vune velike čvrstoće iznad rogova.



1) Postavljanje parne brane s gornje strane rogova



2) Pričvršćivanje parne brane s gornje strane rogova



3) Brtvljenje detalja proboja parne brane posebnim trakama za lijepljenje



4) Rezanje mekane mineralne vune



5) Postavljanje mekane mineralne vune između rogova



6) Prekrivanje rogova s gornje strane pločama mineralne vune velike čvrstoće



7) Izvedba paropropusne-vodonepropusne barijere



8) Postavljanje paropropusne-vodonepropusne folije s preklopom



9) Pričvršćivanje kontraletvi na tvrde ploče mineralne vune



10) Toplinska izolacija postojećeg krova



11) Pokrivanje krova

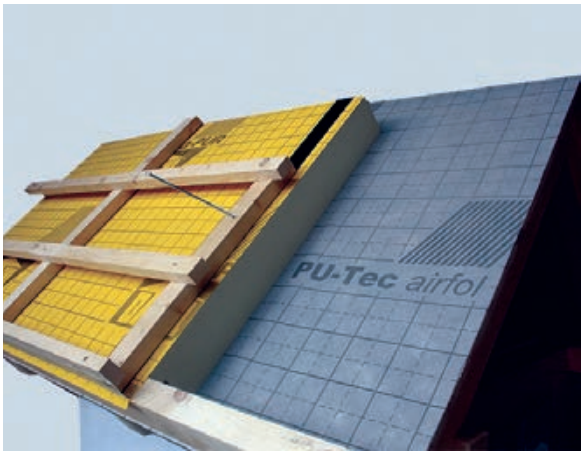
Slika 2-7 *Postavljanje toplinske izolacije između i iznad rogova [24]*

Slika 28 također prikazuje sustav toplinske izolacije drvenog krovišta s gornje strane korištenjem toplinsko izolacijskih materijala na bazi PUR-a ili PIR-a, pri čemu je jednako kao i u slučaju mineralne vune s donje strane potrebno koristiti parnu branu, odnosno paropropusnu-vodonepropusnu foliju s gornje strane krova.

Parna brana obično se izvodi tako da je izolacijska ploča obostrano kaširana aluminijskom folijom, koja s dvije susjedne strane prelazi rubove ploče kako bi se mogla zalijepiti na susjedne ploče (samoljepiva folija).

S obzirom na specifični sustav koji se koristi, postoje i izvedbe ploča od PUR-a ili PIR-a sa slojem mineralne vune ili slojem OSB ploče, s donje ili gornje strane.

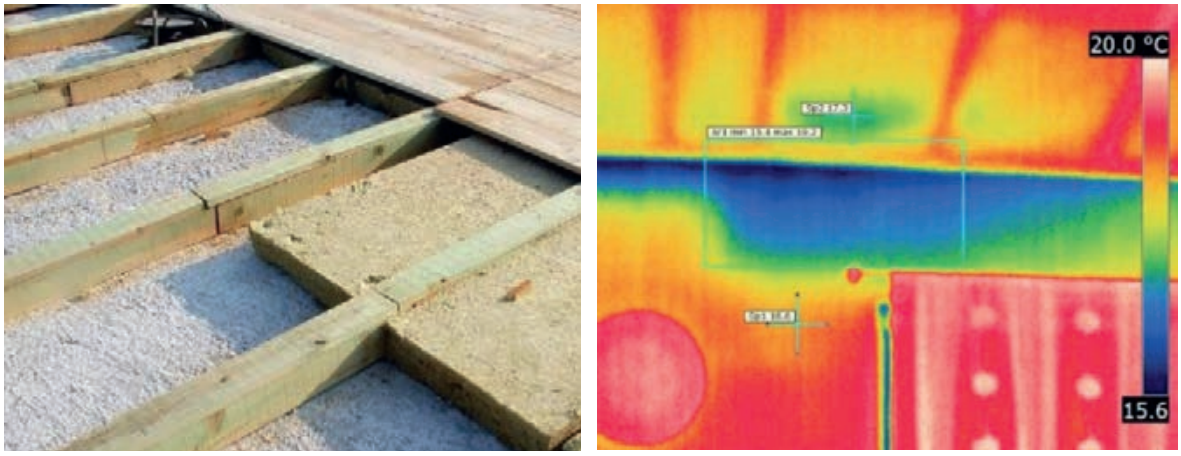
U slučaju korištenja PUR-a ili PIR-a potrebno je posebnu pažnju posvetiti ponašanju sustava u slučaju požara, s obzirom da PIR i PUR pripadaju razredu gorivosti B2, u odnosu na mineralnu vunu koja je razreda gorivosti A1.







Slika 2-8 *Postavljanje toplinske izolacije od tvrdih ploča toplinske izolacije od PUR-a ili PIR-a iznad rogova [144]*



Slika 2-9 *Primjer loše izvedbe postavljanja toplinske izolacije iznad betonske ploče – na mjestu rogova pojavitće se toplinski mostovi (termogram desno) [145], [7]*

Ugradnja toplinske izolacije na betonsku krovnu ploču, na polumontažnu ploču ili pak na bijeli strop vrlo je slična izvedbi toplinske izolacije krova s gornje strane, te ovdje još jednom napominjemo potrebu prekrivanja rogova dodatnim slojem tvrde toplinske izolacije.

Slika 2-11 prikazuje postupak ugradnje toplinske izolacije od mineralne vune između i ispod rogova.

Pri tome je potrebno pridržavati se svih načela toplinske izolacije navedenima u tekstovima koji obrađuju zrakonepropusnost vanjske ovojnice i toplinske mostove, kao i proboje krova.



Slika 2-10 *Primjer loše izvedbe izolacije: kako je međuprostor između rogova ostao neizoliran, pojava strujanja u međuprostoru može povećati gubitke topline [146]*



1) Prije ugradnje toplinske izolacije, za krov koji se ventilira, potrebno je s gornje strane rogova, postaviti paropropusnu-vodonepropusnu foliju (izravno preko rogova ili preko razmaknutog podaščanja, kao na slici) i u rogove upustiti na rogove sidrene ankere za postavljanje CD profila.



2) Ploče kamene vune treba izrezati za 0,5-1 cm šire od razmaka rogova.

Slika 2-11 *Postupak postavljanja toplinske između i ispod rogova [147]*



3) Ploče kamene vune, ugraditi tijesno između rogova, jednu do druge.



4) Staklenom vunom prekriti rogove i kamenu vunu utiskivanjem preko sidrenih ankera, zatim fiksirati CD profile na ankere, preko staklene vune.



5) Pametnu parnu branu postaviti preko CD profila, s preklopom od 10-15 cm.



6) Spojeve aktivne parne brane u potpunosti zabrtviti posebnom ljepljivom trakom.



7) Krovnu kosinu obložiti gipskartonskim pločama. Završna obrada u skladu je s namjenom prostora i u svemu prema uputama proizvođača **gipskartonskih ploča.**

Slika 2-11 *Postupak postavljanja toplinske između i ispod rogova [147]*

Izolacija između i ispod rogova korištenjem EPS-a nije preporučljiva zbog požarne otpornosti krova, otežane difuzije vodene pare (zbog isušivanja krova), ali i složenije ugradnje. Ukoliko se EPS ipak koristi kao izolacija između rogova, obvezno treba koristiti posebne proizvode od EPS-a s perforacijama (što omogućuje difuziju) *(Slika 2-2).* Pri ugradnji ovakvih proizvoda u drvena krovišta **IZNIMNU** je pažnju potrebno posvetiti mogućoj kondenzaciji vodene pare i sastav građevnih dijelova obvezno potvrditi s projektantom građevinske fizike.



Slika 2-12 *Posebni proizvodi od EPS-a za izolaciju između rogova [148]*

Ukoliko se u slojevima krova koriste reflektirajuće folije *(Slika 2-13)* potrebno je posebnu pažnju posvetiti smanjenju kontakta između takve folije i ostatka krovne konstrukcije. Ovo je naročito bitno obzirom da takvi proizvodi smanjuju prolazak topline iz grijanog prostora u vanjski prostor prema načelu refleksije toplinskog zračenja, za razliku od „klasičnih“ toplinsko-izolacijskih materijala koji smanjuju vođenje topline. Ukoliko se ovakva folija postavlja s vanjske strane krovišta, potrebno je izbjeći stvaranje kondenzacije vodene pare na njezinoj unutarnjoj površini, obzirom da se ona ponaša kao parna brana. Dakle, kod njezinog je korištenja potrebno pridržavati svih pravila koja vrijede za parne brane, a opisana su u ovom Priručniku. Još jedan nedostatak ovakve reflektirajuće folije jest to što se u građevnom dijelu ne akumulira toplina, što može povećati potrošnju energije za grijanje, a naročito hlađenje, zgrade.



Slika 2-13 *Primjer krovišta obloženog reflektirajućom folijom [149]*

2.2 POKRIVANJE KROVA CRIJEPOM

Kako bi prekrivanje krovne površine crijepom bilo što efikasnije, vrlo je bitan redoslijed i način postavljanja pojedinih elemenata pokrova.

2.2.1 Postavljanje i pričvršćivanje okapnog lima na krovne grede uzduž okapnice

Okapni lim služi za odvođenje kišnice, kondenzirane vode i rose *(Slika 2-14)*.



Slika 2-14 *Okapni lim [150], [151], [152]*

2.2.2 Postavljanje paropropusne-vodonepropusne folije

Paropropusna-vodonepropusna folija *(Slika 2-15)* postavlja se od okapnice do sljemena. Postavljanje počinje od okapnice, a završava kod sljemena.

Paropropusna-vodonepropusna folija mora se na međusobnim spojevima lijepiti *(Slika 2-16)*. Postavlja se prema uputama proizvođača, odnosno kako je već opisano u ovom Priručniku.



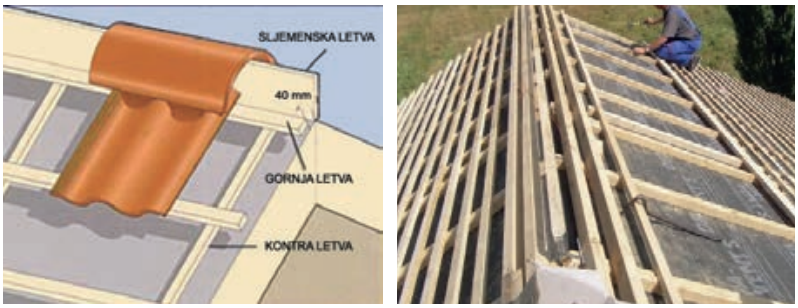
Slika 2-15 *Postavljanje paropropusne-vodonepropusne folije na toplinsku izolaciju iznad rogova [24]*



Slika 2-16 *Mogući način spajanja traka na preklopima lijepljenjem [153]*

2.2.3 Postavljanje kontra letvi

Kontraletve minimalnog presjeka 50/50 mm osiguravaju dodatno prozračivanje, a pričvršćuju se na rogove čavlanjem ili vijcima ukoliko je izvedena toplinska izolacija iznad rogova *(Slika 2-17)*. Kod debljine izolacije od 10 cm koriste se sistemski vijci SFS-WFR-T-6x240 mm, pri čemu 8 cm zauzima sidrenje vijka u rog *(Slika 2-18)*.



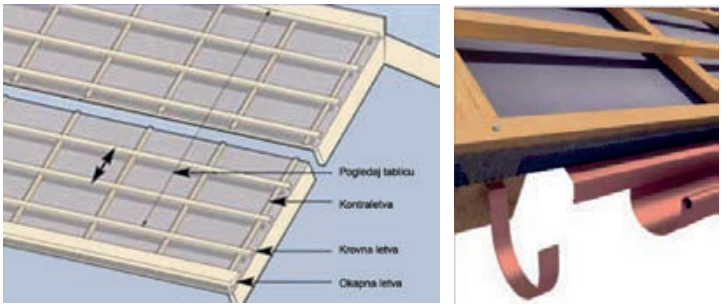
Slika 2-17 *Postavljanje kontraletvi [150], [154]*



Slika 2-18 *Pričvršćivanje kontraletvi ubušavanjem sistemskih vijaka SFS-WFR-T-6x240 mm [155]*

2.2.4 Postavljanje okapne letve

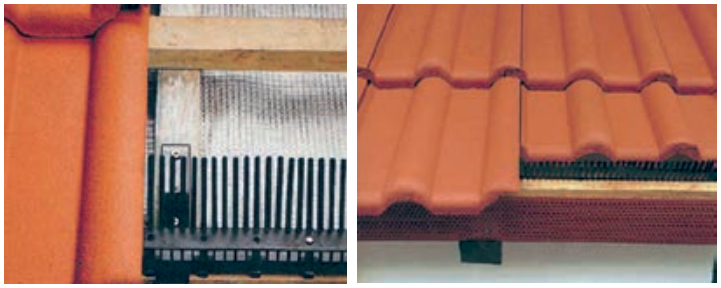
Okapna letva postavlja se i učvršćuje poprečno preko donjeg dijela kontraletvi, poravnano s rubom kontra letve *(Slika 2-19).*



Slika 2-19 *Okapna letva [150], [154]*

2.2.5 Element zračnika na okapnici

Element zračnika na okapnicu se pričvršćuje iznad okapne letve na kontraletvu *(Slika 2-20).*



Slika 2-20 *Zračnik na okapnici [156]*

2.2.6 Postavljanje krovnih letvi

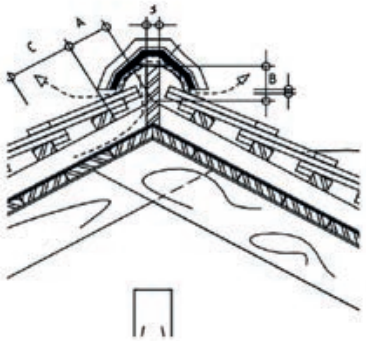
Dimenzije letvi ovise o razmaku rogova. Najmanji presjek letvi iznosi 40/50 mm, dok razmak letvi ovisi o nagibu krova i dimenzijama crijepa *(Slika 2-21).*



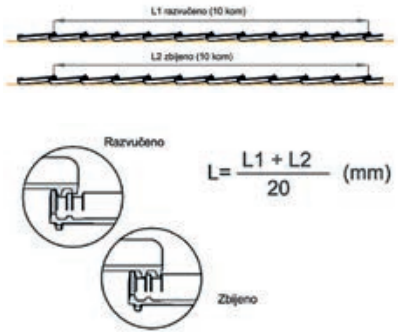
Slika 2-21 *Krovne letve [154]*

Primjer određivanja razmaka letvi na gradilištu za pokrivanje utorenim crijepom:

Potrebno je uzeti 12 komada crijepa (slučajni uzorak) i složiti ih na ravnu površinu licem prema dolje, te izmjeriti ukupnu dužinu 10 komada u razvučenom i u zbijenom slogu. Razmak letava računa se kao razlika tih dimenzija podijeljena s dvadeset, a sve dimenzije moraju biti u milimetrima *(Slika 2-22 i Slika 2-23)*.



Slika 2-22 *A, B, i C dimenzije ovise o nagibu krova i dimenzijama crijepa [7]*



Slika 2-23 *Određivanje razmaka letvi za pokrov utorenim crijepom [7]*

2.2.7 Pokrivanje

Površinu krova prije pokrivanja treba podijeliti u smjeru rogova i smjeru okapnice obzirom na pokrivne širine i dužine *(Slika 2-24)*. Širinu krovne površine određujemo tako da pokrivnu širinu obilježimo na potrebnom razmaku te izvedemo probno postavljanje od okapnice do sljemena.

Pokrivanje crijepova varira i ovisi o tipu crijepa i nagibu krova. Kod odgovarajućeg rasporeda moguće je pokrivanje prilagoditi različitim dužinama rogova.

Površinu krova treba podijeliti tako da se izbjegne rezanje crijepova na okapnici. Ako to nije moguće, kao npr. kod kraćih rogova, pomaknutih ili neravnih okapnica, treba odrezati okapnu liniju ili je izravnati odgovarajućim okapnim ili kutnim limom.

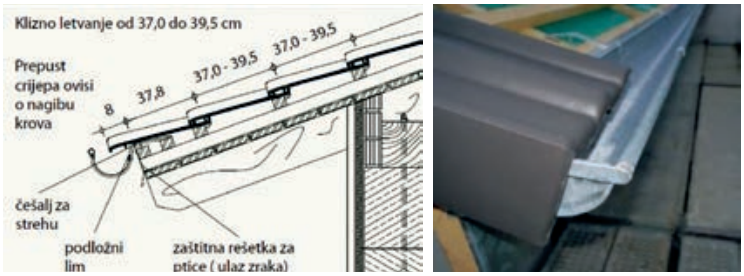
Na području s mnogo snijega, gdje se na okapnici dulje vremena zadržava snijeg ili led, preporučujemo iza žlijeba postaviti okapni kutnik, kako bi se osiguralo prozračivanje pokrova na razini kontraletvi.



Slika 2-24 *Pokrivanje krova crijepom [23], [157], [158]*

2.2.7.1 Streha i rubovi krova

Strehu pokrivamo rubnim crijepom i crijepom ½ *(Slika 2-25)*. Svi rubni crijepovi na pokrivenom dijelu pričvršćuju se na donju konstrukciju, tako da se svaki rubni crijep učvrsti vijkom za drvo (4,5×24 mm). Kod rubnih crijepova razmak između unutarnjeg ruba crijepa i vanjskog ruba prednje stijene mora biti najmanje 1 cm *(Slika 2-26)*.



Slika 2-25 *Streha [6], [159]*



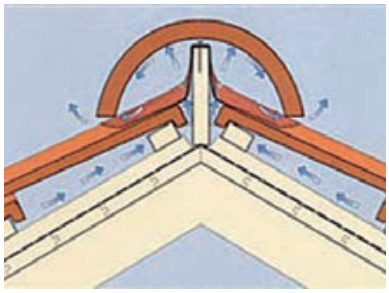
Slika 2-26 *Mogući načini rješavanja ruba krova [160], [161]*

Potrebno je obratiti pažnju na konstrukcije nadstrešnice koje značajno premašuju prednju stijenu. Ostatak nosivih letvi iznad vanjskog ruba naslonske daske ne smije biti više od 300 mm, a poravnava se po potrebi i poprečnim prerezom krovnih letava.

2.2.7.2 Sljeme

Sljemeni crijep postavlja se jedan pod drugi tako da se međusobno prekrivaju najmanje 4,0 cm. Početak i kraj sljemena pokriva se sljemenom pločicom. Sljemeni crijepovi pričvršćuju se na donju konstrukciju sljemeno-grebenskom spojnicom.

Sljemena letva postavlja se tako da sljemeni crijepovi sa svih strana dostatno prekrivaju pokrov. Suho pokrivanje sljemenim crijepovima obavlja se pripadajućim suho-sljemenskim ili grebenskim elementima *(Slika 2-27)*.





Slika 2-27 *Sljeme [157], [162], [156]*

2.2.7.3 Greben

Greben pokrivamo sljemenskim crijepovima *(Slika 2-28)*. Postavljanje i pričvršćivanje na donju konstrukciju obavlja se kao i kod sljemena.





Slika 2-28 *Greben (rješava se jednako kao i sljeme) [163], [164]*

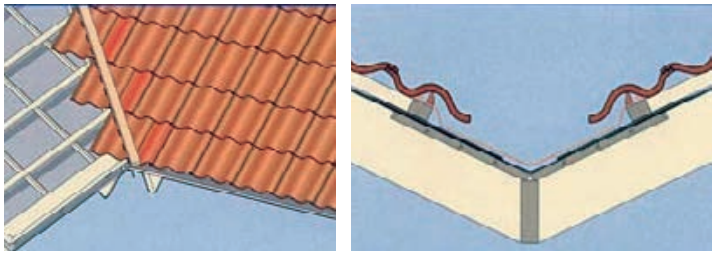
2.2.7.4 Uvala

Prilikom pokrivanja krovnih uvala treba paziti na pravilno razvijenu širinu uvale kako ne bi propuštala vlagu *(Slike 2-29, 2-30, 2-31, 2-32 i 2-33)*. To je posebno važno za krovove s manjim nagibom.

Uvala se mora osigurati dovoljnim brojem metalnih snjegobrana kako ne bi došlo do oštećenja crijepa. Najčešća izvedba uvale je od lima, a kod pokrova biber crijepom moguća je izvedba uvale osnovnim pokrovom.

Pri izvedbi uvale limom moguća je varijanta s daščanom potkonstrukcijom na koju se pričvršćuje lim ili kao gotovi element uvala koji je vrlo fleksibilan, otporan na koroziju i UV zračenja i za koju nije potrebna daščana oplata već se pričvršćuje za letve.

Osim toga, na tržištu postoje i različite izvedbe gotove aluminijske uvale izrađene od visokokvalitetnog materijala, koja se može upotrebljavati s obje strane. Zahvaljujući unaprijed pripremljenim linijama za savijanje, bridove uvale možete savinuti na samom krovu. Spojnicama se učvršćuje na letve, ili na oplatu za aluminijsku uvalu.



Slika 2-29 *Krovna uvala [157]*



Slika 2-30 *Izvedba krovne uvale limom [165]*



Slika 2-31 *Izvedba biber crijepom [166]*



Slika 2-32 *Krovna uvala od pocinčanog čeličnog lima [23]*



Slika 2-33 *Aluminijska krovna uvala [167]*

2.2.7.5 Spojevi i završeci s drugim pokrovnim materijalima

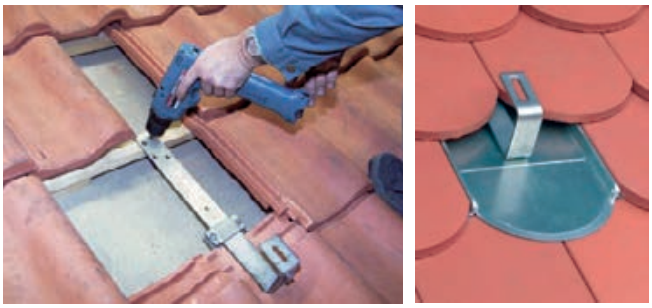
Za pokrivanje dijelova krova kao što su dimnjaci, krovni prozori i sl., možemo upotrijebiti druge pokrovne materijale *(Slika 2-34).*



Slika 2-34 *Rješavanje spojeva na krovu s drugim pokrovnim materijalima oko dimnjaka i prozora [168], [23], [169], [170]*

2.2.7.6 Ugradbeni i drugi dodatni elementi

Ugradbeni i sistemski dodatni elementi kao što su snjegobran, snjegobranska rešetka, držači solarnih ploča *(Slika 2-35, Slika 2-36, Slika 2-37, Slika 2-38, Slika 2-39)* ugrađuju se u krov tako da krov ne propušta vodu, a u skladu s tehničkim propisima. Ugrađeni elementi pod opterećenjem ne smiju oštetiti pokrov, u suprotnom treba ugraditi odgovarajuće elemente za rasterećenje. Treba uvažavati propise o sigurnosti objekata, građenju objekata i propise proizvođača.



Slika 2-35 *Držači solarnih kolektora [171], [172]*



Slika 2-36 *Držači solarnih kolektora [173]*



Slika 2-37 *Držači rešetke snjegobrana [174]*



Slika 2-38 *Snjegobrani [175]*



Slika 2-39 *Držači krovnih ljestava penjalica [176]*

2.2.7.7 Prodori

Prodori kroz pokrov kao što su izlazi za antene, ventilacijske cijevi, krovni prozori i sl. *(Slika 2-40),* ugrađuju se uporabom odgovarajućih elemenata koji ne propuštaju vodu. *Slika 2-40* Primjer krovnih prodora, *Slika 2-42 i Slika 2-43* prikazuju primjere rješavanja prodora kroz pokrov. Pritom je potrebno zadovoljiti sve zahtjeve opisane ranije u ovom Priručniku, a vezane uz paropropusnu-vodonepropusnu foliju, kao i parnu branu.



Slika 2-40 *Primjer krovnih prodora [177]*



Slika 2-41 *Držač antene [178], [179]*



Slika 2-42 *Krovni prozor [180]*



Slika 2-43 *Proizvodi za osiguranje prodora kroz krov [181]*

2.2.7.8 Krovne kućice

Kod pokrivanja krovnih kućica u načelu vrijedi isto kao i kod ostale površine krova *(Slika 2-44).* Kod podjele površine u smjeru okapnice i smjeru sljemena moramo uzeti u obzir dimenzije krovnih kućica. Krovne prijelaze kod krovnih kućica oblikujemo posebnim dijelovima, metalnim ili montažnim elementima. Crijepovi gornje površine moraju biti postavljeni tako da omogućuju otjecanje padalina na donju površinu.



Slika 2-44 *Krovne kućice [182], [183]*

2.2.7.9 Osiguranje od udara vjetra

Osiguranje od udara vjetra postavlja se obzirom na položaj objekta *(Slika 2-45, Slika 2-46 i Slika 2-47).* Treba uvažavati lokalne meteorološke prilike. Za pričvršćivanje se koriste nekorodirajući ili materijali zaštićeni od korozije.



Slika 2-45 *Osiguranje različitim tipovima kopči [136], [184]*



Slika 2-46 *Osiguranje vijcima [185]*



Slika 2-47 *Osiguranje pribijanjem [186]*

2.3 GLINENI CRIJEP

Glineni crijep koristi se već stoljećima i proizvodi od prirodne gline. Odlikuje ga dug vijek trajanja, velika mehanička otpornost, otpornost na atmosferske utjecaje, paropropusnost, otpornost na mikroorganizme, otpornost na utjecaj kiselina i otpornost na vatru. Glineni crijep proizvodi se od glinene mase, suši se i nakon toga peče u pećima na temperaturi od oko 900°C.

Prema načinu proizvodnje, glineni crijep može biti vučeni ili tlačeni (prešani), a formiranjem žlijeba oblici su prilagođeni značajkama podneblja, načinu postavljanja, nagibu krova, pa je tako uvjetovana i podjela na oblike namijenjene određenom podneblju: kontinentalni (oblik crijepa je pretežno ravan), mediteranski (crijep je zaobljen, žljebast) i polumediteranski (kombinacija dva prethodna) *(Slika 2-48).*



kontinentalni *mediteranski* *polumediteranski*

Slika 2-48 *Podjela crijepa prema podneblju kojem su namijenjeni [187]*

Nešto detaljnije, crijepovi se dijele na *(Slika 2-49)*:

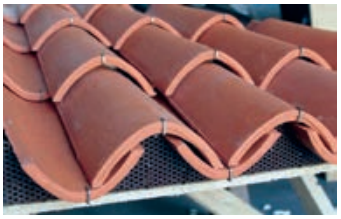
- ravni crijep (biber)
- ravni crijep s utorima
- kupa kanalica (žljebasti crijep)
- valoviti utoreni crijep
- reform crijep
- utoreni crijep



ravni crijep



ravni crijep s utorima



kupa kanalica



valoviti utoreni crijep



reform crijep



utoreni crijep

Slika 2-49 *Podjela crijepa prema obliku [188]*

2.3.1 Završna obrada crijepa

Crijep može biti u prirodnoj boji bez posebne završne obrade, te kao engobiran ili glaziran *(Slika 2 50)*. Crijep danas može biti različito obojen, čak tako da oponaša izgled šindre od drveta ili kamena (škriljevca), a time se uz trajnost crijepa dobija i željeni izgled.



bez dodatne završne obrade



engobirani



glazirani

Slika 2-50 *Podjela crijepa prema završnoj obradi [187]*

Engoba je u vodi razrijeđena glina, koja se prije pečenja nanosi prskanjem ili prelijevanjem po crijepu. Engoba u pravilu daje lagano sjajni efekt površini crijepa.

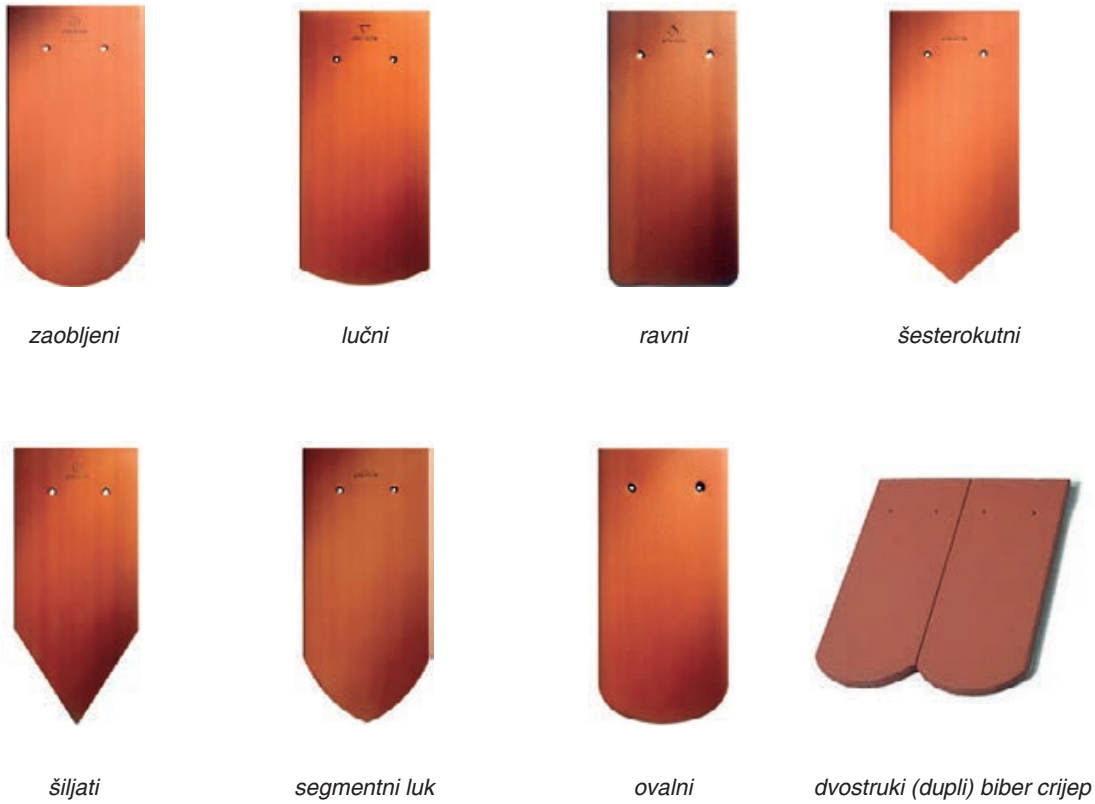
Glazura je staklu sličan premaz koji se idealno veže za površinu crijepa. Glazura služi za zatvaranje površinskih pora crijepa, tako da daje crijepu boju i visoki sjaj, ali i smanjuje vodoupojnost.

2.3.2 Biber crijep

Biber crijep dobio je naziv (zbog svog oblika poput dabrovog repa) prema njemačkom nazivu za dabra, a dimenzije su mu 180×380 mm, debljine oko 16 mm.

Proizvodi se sa zubom (nosom) kojim se kvači za letve krovišta, a pokrivanje može biti jednostruko, ili pak dvostruko (tzv. krunski pokrov).

Biber crijep proizvodi se s lučnim, polukružnim, ravnim, šiljatim ili šesterokutnim završetkom, a proizvodi se i varijanta duplog biber crijepa *(Slika 2-51).*



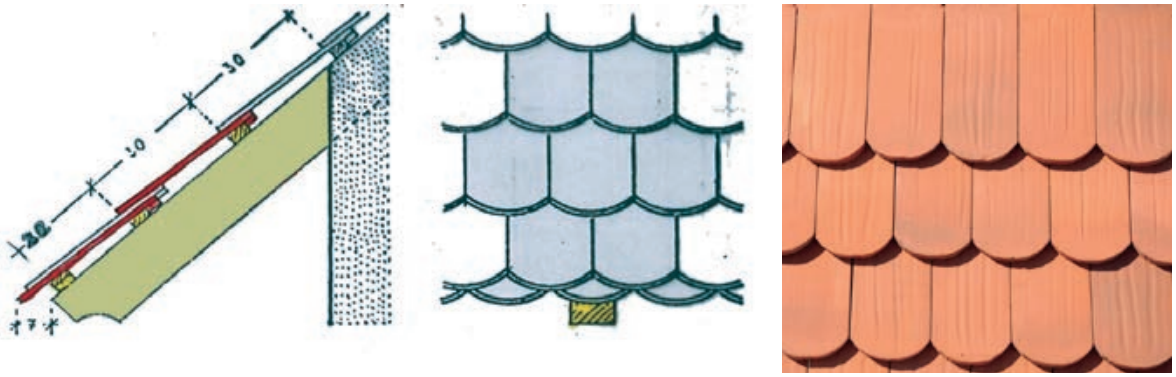
Slika 2-51 *Podjela biber crijepa prema obliku [188]*

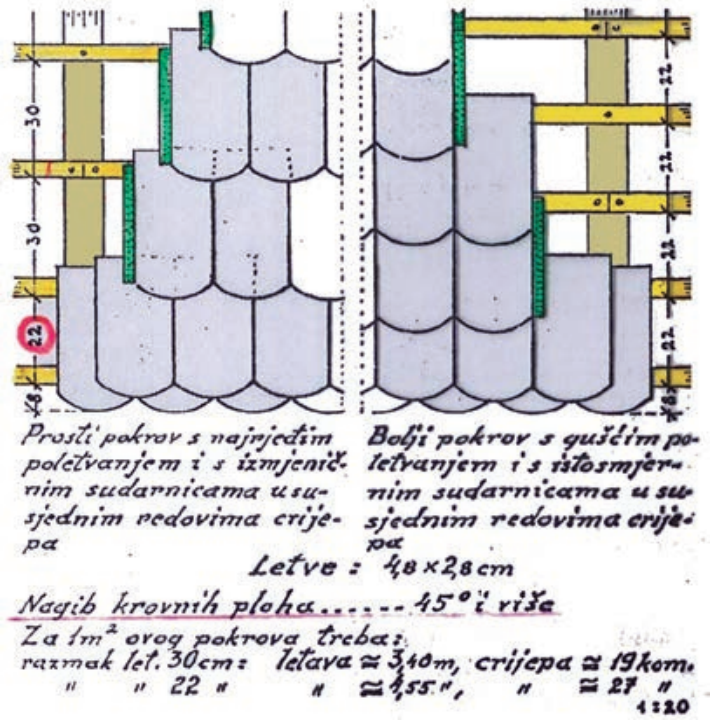
Biber crijepom mogu se izvesti pokrivanja zaobljenih ploha i drugih zahtjevnih oblika, uvjetovani zahtjevima određenog stila gradnje *(Slika 2-52).*

Pokrivanje biber crijepom može biti jednostruko, dvostruko ili krunsko. Jednostruko pokrivanje biber crijepom tradicionalni je način pokrivanja, koje se izvodilo s umetnutom trakom kako bi se zaštitilo od prodora vode. Uglavnom se danas koristi pri rekonstrukcijama *(Slika 2-53).*



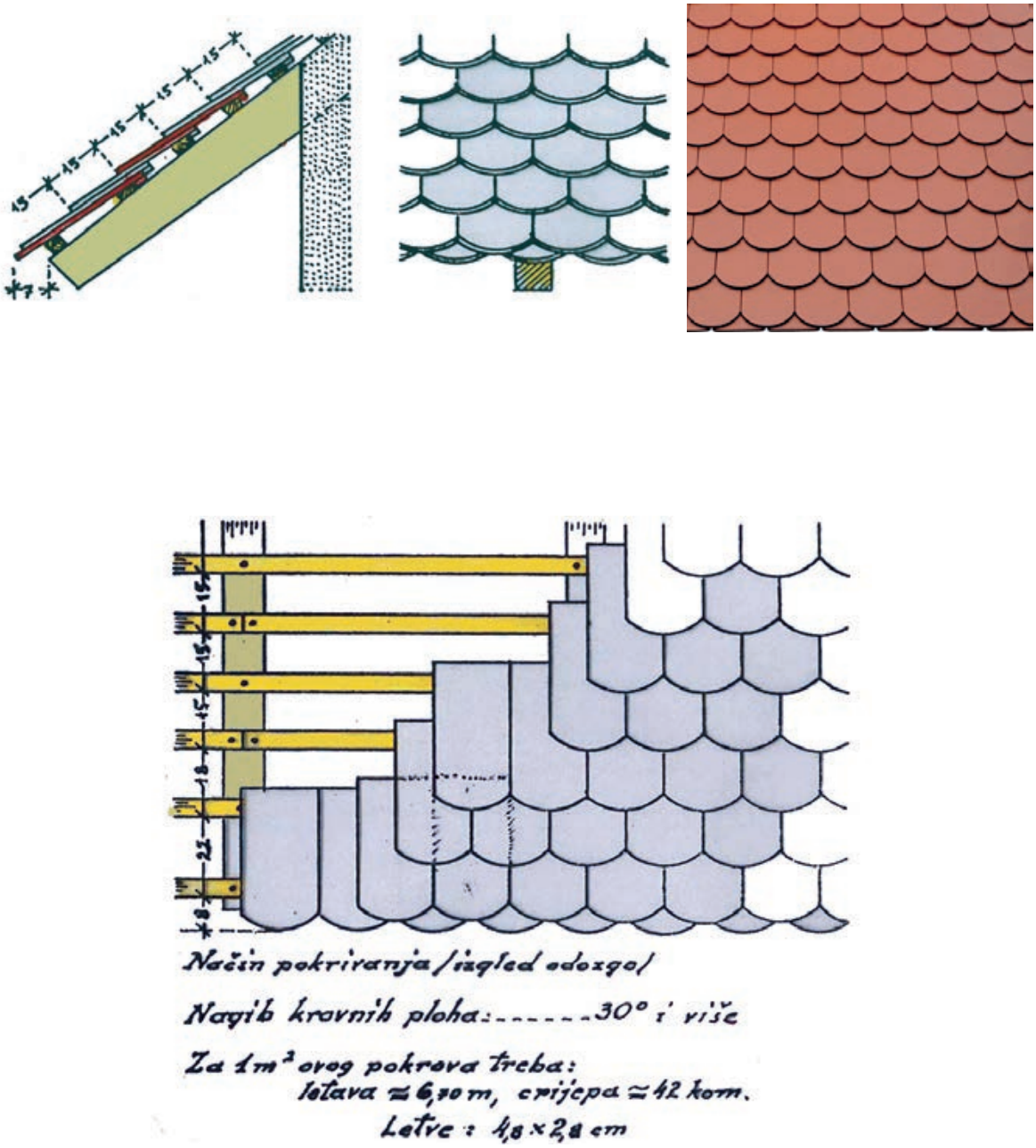
Slika 2-52 *Primjeri izvedbe pokrova biber crijepom [187]*





Slika 2-53 *Jednostruko pokrivanje biber crijepom [189], [190], [8]*

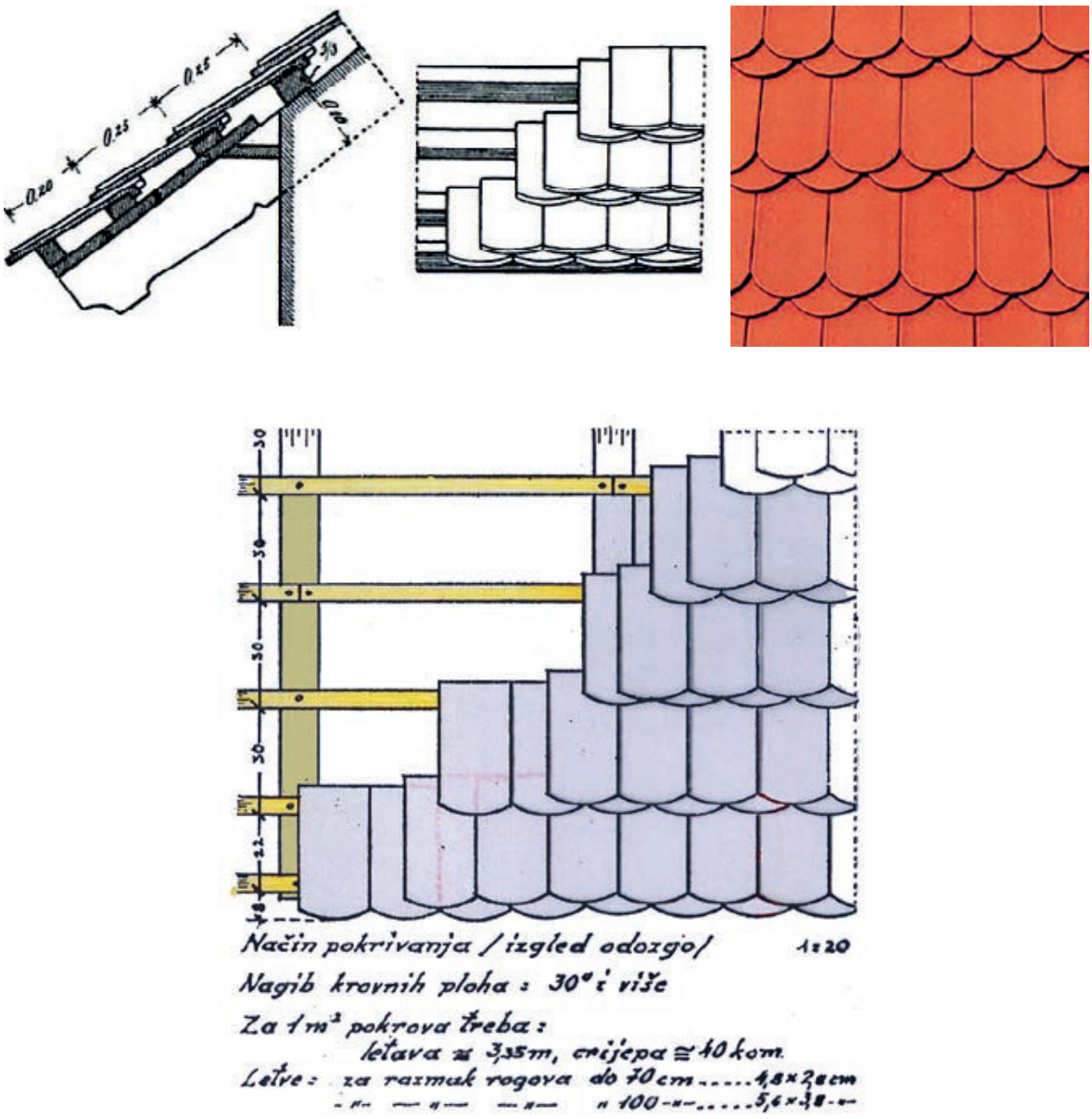
Kod dvostrukog pokrivanja krova na svakoj nosivoj letvici leži jedan niz biber crijepa. Biber crijep međusobno se pokriva tako da treći pokrivni niz prekriva prvi niz za duljinu pokrivanja *(Slika 2-54).*



Slika 2-54 *Dvostruki pokrov biber crijepom [189], [190]*

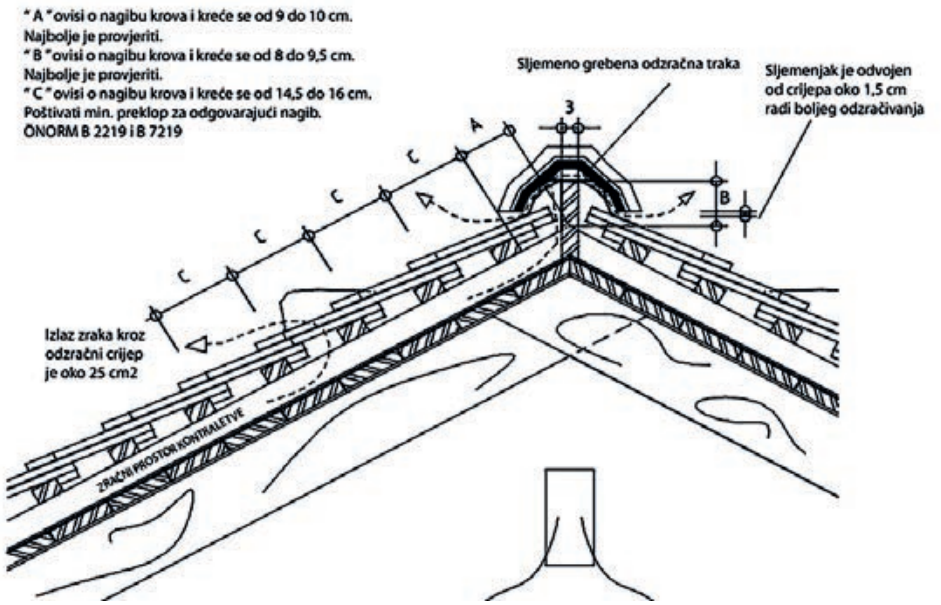
Kod krunskog pokrivanja na svakoj nosivoj letvici leže dva niza biber crijepa (ležišni sloj i pokrivni sloj) tako da međusobno formiraju pravilan slog. Ti slogovi međusobno se moraju preklapati za minimalnu duljinu preklopa (npr. za nagib krova veći od 35° (70 %), a manji ili jednak 40° (83,9 %) preklop je 80 mm) *(Slika 2-55).*

Kod krunskog pokrova maksimalni razmak letava dobije se kao razlika duljine crijepa i minimalnog preklopa.



Slika 2-55 *Krunski pokrov biber crijepom [189], [190]*

Pokrov i duljina rogova određuju razmak letava, pri čemu duljina preklopa crijepa ne smije biti manja od minimalne propisane duljine. Npr. za krov nagiba većeg od 30° (57,7 %), a manjeg od 35° (70,0 %) preklop je minimalno 90 mm. Za takav način pokrivanja razmak letava izračunava se kao razlika duljine ravnog crijepa i minimalnog preklapanja podijeljena s dva. Osim toga, treba pravilno postaviti i elemente za ventiliranje krova i ostalu opremu (snjegobrane, elemente za prodore, kopče za osiguranje crijepa od pada, držače za solarne kolektore i sl.). Za više detalja treba pogledati tehničke upute proizvođača crijepa *(Slika 2-56).*



Slika 2-56 *Primjer uputa proizvođača za detalj sljemena i odzračnika kod dvostrukog pokrivanja [187]*

Proizvodi se i utoreni biber crijep *(Slika 2-57)*, a uporabom takvog crijepa može se uštedjeti oko 30 % ukupne težine. Utoreni biber crijep naročito je pogodan za sanacije koje iz statičkih razloga ne dopuštaju dvostruko pokrivanje.

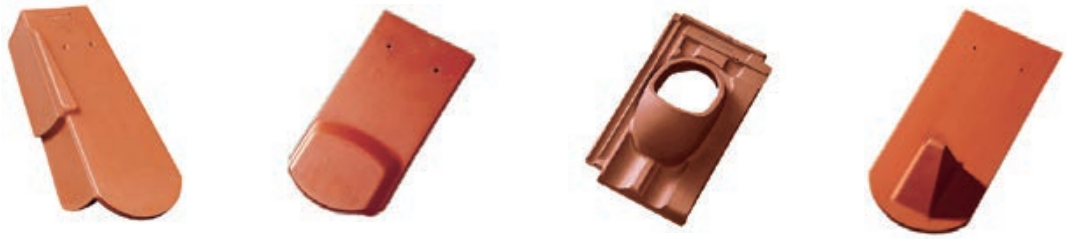


Slika 2-57 *Utoreni biber crijep [191]*

Dupli biber crijep svoju primjenu nalazi na velikim jednostavnim krovnim površinama zahvaljujući svojoj veličini, te se na taj način postiže maksimalna ekonomičnost.

Jednostavni krovovi pokriveni crijepom bez donje konstrukcije imaju i kod dvostrukog i kod krunskog pokrivanja standardni nagib krova od 30 do 35 stupnjeva. Ukoliko postoji donja konstrukcija, nagib krova kod dvostrukog pokrivanja smije iznositi 25 do 30 stupnjeva, dok kod krunskog pokrivanja mora biti između 30 i 35 stupnjeva.

Oblaganje površina krova crijepom danas je olakšano brojnim posebno oblikovanim elementima kojima se rješavaju pojedini detalji na siguran i estetski zadovoljavajući način *(Slika 2-58).*



rubni crijep *zračnik* *prodor za napu* *snjegobran*

Slika 2-58 *Posebni oblici biber crijepa [187]*

2.4 UTORENI CRIJEP

Razlikujemo jednostruko utoreni (utori samo s jedne strane) *(Slika 2-59)* i dvostruko utoreni crijep (utori s dvije strane, uzdužno i bočno) *(Slika 2-60).*



Slika 2-59 *Jednostruko utoreni crijep [23]*



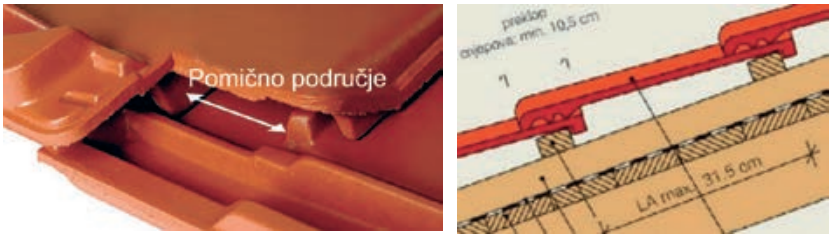
Slika 2-60 *Dvostruko utoreni crijep [192]*

2.4.1 Jednostruko utoreni crijep

Jednostruko utoreni crijep ima utore s jedne strane, a sa stražnje može imati potporna rebra i dva ili tri ovjesna nosa (broj ovisi o veličini crijepa). Može biti crijep velikog formata, što skraćuje vrijeme izvedbe radova i stvara manje opterećenje na konstrukciju (manja težina).

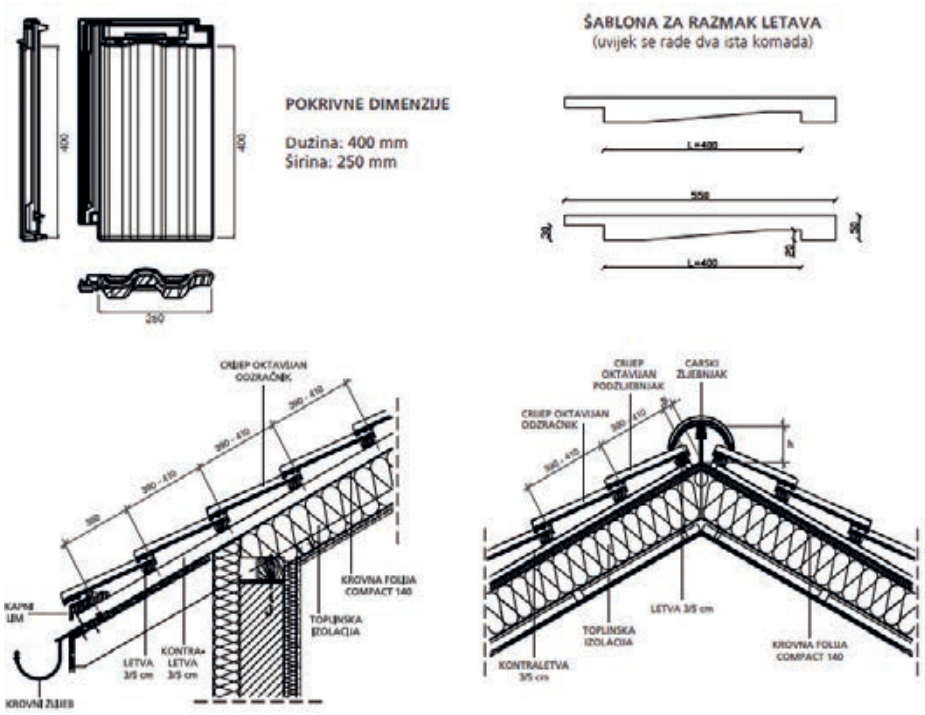
2.4.2 Dvostruko utoreni crijep

Dvostruko utoreni valoviti crijep predstavlja vrstu tlačenog crijepa s dubokim gornjim i bočnim utorom, posebno siguran od jake kiše i oluje. Utor je tako konstruiran da se crijep može pomicati i do 6 cm što mu omogućuje veliku fleksibilnost pri pokrivanju, posebno pri sanacijama jer se izbjegava rezanje što daje povoljniji estetski učinak *(Slika 2-61).*



Slika 2-61 *Mogući pomak crijepa [187], [23]*

Kod dvostruko utorenog crijepa nagib krova ne smije prelaziti 30 stupnjeva. Pri pokrivanju krovova manjih nagiba koriste se dodatna rješenja s pokrovnim folijama koje se nastavljaju preklapanjem, lijepljenjem ili varenjem. Primjer uputa proizvođača za izradu pokrova i ugradnju posebnih elemenata prikazuje *Slika 2- 62.*



Slika 2-62 *Upute proizvođača za pravilno letvanje [192]*

2.5 KUPA KANALICA

Kupa kanalica dvodijelni je crijep proizveden tehnologijom tlačenja odnosno prešanja. Pojedinačni crijep može se zamisliti kao prepolovljeni šuplji cilindar koji na jednoj strani ima stožasti (ljevkasti) oblik *(Slika 2 -63 i Slika 2-64).*



Slika 2-63 *Kupa kanalica [193], [194]*

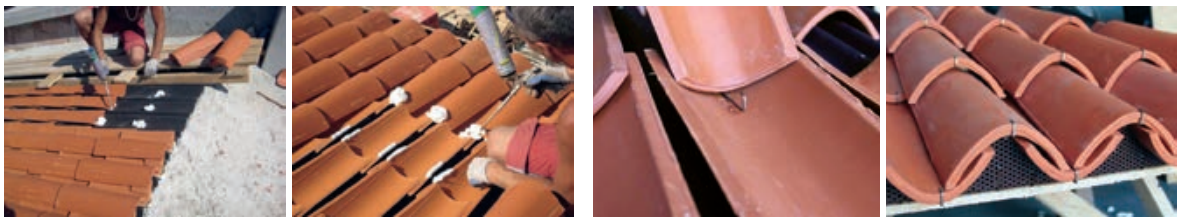


Slika 2-64 *Način slaganja [195]*

Ovaj oblik crijepa koristi se uglavnom u mediteranskom podneblju. Dužina pokrivanja kod klasične kupe iznosi 370 mm, širina pokrivanja iznosi oko 235 mm. Bez donje konstrukcije standardni nagib krova iznosi 40° a, s donjom konstrukcijom krov mora biti ravniji i ne smije prekoračiti 35°.

Prednost kanalice jest što dopušta manja odstupanja u pokrivanju i u uzdužnom i u poprečnom smjeru *(Slika 2-65)* što omogućuje kvalitetno pokrivanje i krovova nepravilnog oblika. Prekrivanje kanalica iznosi 8 do 12 cm (optimalno je 11 cm). Način pričvršćivanja kanalice može biti:

- klasično na mort;
- učvršćivanje kanalice poliuretanskom pjenom;
- vješanje kanalice na letve;
- privijanje kanalice na letve;
- kanalica s nosom i obješena gornja kanalica;
- kanalica s dugim nosom i privijena gornja kanalica.



Pričvršćivanje kanalice na poliuretansku pjenu

Pričvršćivanje vješanjem kanalice na letve

Slika 2-65 *Neki od načina pričvršćivanja kanalice [196], [197]*

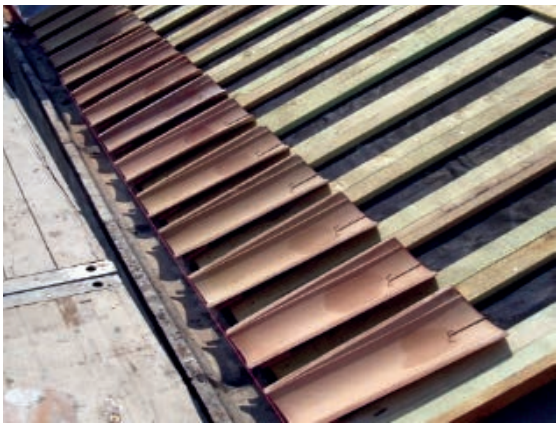
Toplinska izolacija u slučaju drvenog krovišta ugrađuje se s unutarnje strane konstrukcije, između i ispod rogova, a dodatno se može postaviti i iznad rogova.

Kod armiranobetonske konstrukcije toplinska izolacija se postavlja iznad krovne ploče. Kanalice se mogu polagati:

- neposredno na izvedenu podlogu (polumontažna betonska ploča, armiranobetonska krovna ploče i drvena podaščana konstrukcija);
- na drvene letve na nosivoj konstrukciji koja može biti polumontažna betonska ploča, armiranobetonska krovna ploča ili drvena podaščana konstrukcija *(Slika 2-67)*;
- na posebno oblikovane krovne ploče *(Slika 2-66 i Slika 2-67)* namijenjene jednostavnom i brzom pričvršćivanju kanalica i učinkovitom prozračivanju i toplinskoj izolaciji (ploče nisu nosive i polažu se na neku od nosivih konstrukcija).



Slika 2-66 *Postavljanje kupe kanalice na krovne ploče [198]*



Slika 2-67 *Postavljanje kupe kanalice na daščanu podlogu [199]*

2.6 BETONSKI CRIJEP



Slika 2-68 *Različiti oblici, dimenzije, boje i završne obrade betonskog crijepa [18], [6]*

Betonski crijep je, uz glineni, najviše korištena vrsta krovnog pokrova u našem podneblju. Izbor vrste crijepa (betonski ili glineni) individualne je prirode i ovisi najviše o estetskim sklonostima naručitelja; obje vrste moraju ispunjavati visoke zahtjeve trajnosti, funkcionalnosti i estetike, zaštite od atmosferskih utjecaja i utjecaja zagađenja iz zraka, vodonepropusnosti, zrakonepropusnosti, otpornosti na požar te otpornosti na smrzavanje *(Slika 2-68)*.

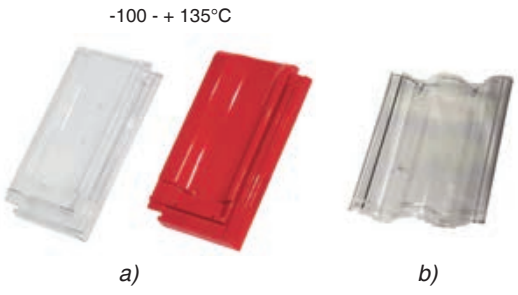
Kod betonskog crijepa velike su mogućnosti izbora raznih boja i završne obrade kojom se postiže otpornost površine crijepa na zaprljanja i rast mahovine, gljivica i sl.. Postupkom proizvodnje postiže se stalnost dimenzija, crijep ima dobru geometriju i stoga ga je lakše postavljati. Svojstva betonskog crijepa mijenjaju se ovisno o vanjskim utjecajima, npr. u slučaju obilnih kiša javlja se određena zasićenost crijepa vodom, ali čak i pri potpunom zasićenju vodom, crijep ne smije propuštati vodu u unutrašnjost objekta. Što se tiče otpornosti na smrzavanje, betonski crijep zbog svoje strukture upija određenu količinu vode koja se u zimskom razdoblju može smrznuti te izazvati oštećenja na crijepu u vidu ljuštenja i pucanja.

To se može izbjeći isušivanjem crijepa: sa svoje gornje strane on se isušuje prirodnim putem djelovanjem sunca i vjetra, a s donje strane pravilnom izvedbom ventilacije (odzračivanja). Postupak postavljanja jednak je kao kod glinenog crijepa, a i dimenzije i oblici u većini su slučajeva jednaki.

2.7 CRIJEP OD POLIKARBONATA (TZV. PLASTIČNI CRIJEP)

Načinjen je od polikarbonata, otporan na ekstremne temperature, UV zračenje, vlagu, udar, postojane boje, ne apsorbira prašinu i lako se čisti djelovanjem kiše, lagan je i može se reciklirati. Zbog male težine potrebno ga je pričvrstiti za letve kopčama ili čavlima (obično u dvije točke). Ovakav crijep može biti proizveden kao providan ili neprovidan, u različitim bojama i dimenzijama *(Slika 2-69).*

Providni služi za osvjetljavanje prostora tavana, a dimenzije su mu jednake dimenzijama crijepa osnovnog pokrova *(Slika 2-70).*



Slika 2-69 *Crijep od polikarbonata [200], [201]*



Slika 2-70 *Crijep od polikarbonata: izgled na krovu [23]*

Osim od polikarbonata, crijep se izrađuje i od reciklirane plastike, oblikom i dimenzijama prati glineni crijep, a pri postavljanju potrebno je svaki učvrstiti na konstrukciju *(Slika 2-71)*.



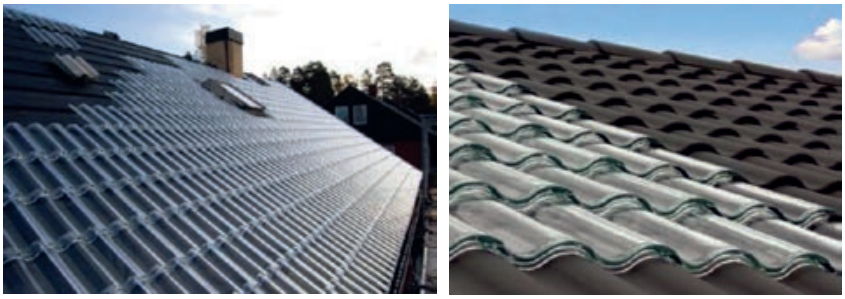
Slika 2-71 *Crijep od reciklirane plastike [202]*

2.8 STAKLENI CRIJEP

Stakleni se crijep najčešće koristi za osvjetljavanje tavanskih prostora. Oblikom i dimenzijama prati ostale oblike glinenog ili betonskog crijepa *(Slika 2-72)*. Njegovo postavljanje izvodi se na isti način kao i kod crijepa na ostalim dijelovima krova. Međutim, pokrivanje dijela krova staklenim crijepom u svrhu propuštanja više svjetla danas je sve rjeđe (uglavnom se koristi kod hladnog krova) jer se potkrovlja nastoje iskoristiti kao stambeni prostor pa se u tu svrhu ugrađuju krovni prozori.



Slika 2-72 *Oblik i dimenzije staklenog crijepa jednake su crijepu na ostalim dijelovima krova [203], [204]*



Slika 2-73 *Ugradnja i izgled staklenog crijepa na crnoj foliji (solarni crijep) [203], [205]*

Stakleni crijep može se iskoristiti za zagrijavanje vode. Njegovo postavljanje ne zahtijeva dodatnu konstrukciju – uklopljen je u krovnu površinu, a ugrađuje se na crni sloj najlona ispod kojeg su zračni spre-

mnici (Slika 2-73). Crna boja upija svjetlost i toplinu, koja prolazi kroz crijepove i zagrijava zrak u spremnicima između pokrova i krovne konstrukcije. Topli se zrak potom koristi za zagrijavanje vode koja kruži u objektu.

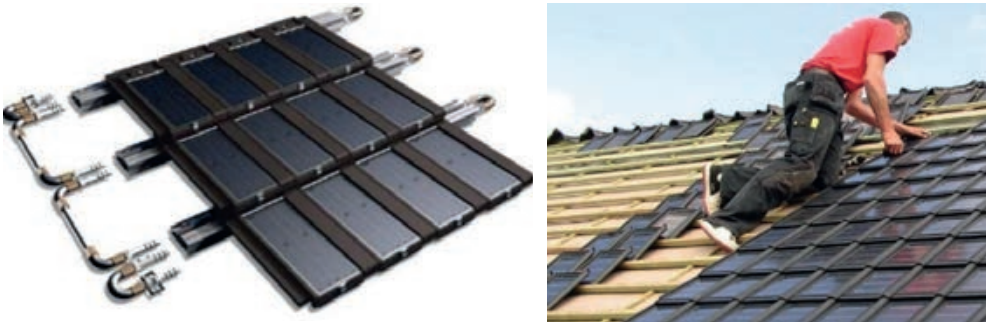
2.9 SOLARNI CRIJEP

Solarni crijep može biti izveden sa svrhom zagrijavanja vode i prostora građevine *(Slika 2-74)*, kao i za proizvodnju električne energije. U njemu je integriran fotonaponski sustav koji se postavlja na površinu crijepa i postaje njegov sastavni dio *(Slika 2-75 i Slika 2-76)*.

Solarni crijep dimenzijama i načinom postavljanja podudara se s glinenim, ne uzimajući u obzir dodatne instalacije, stoga se njegovo postavljanje izvodi kao i kod glinenog crijepa.



Slika 2-74 *Crna boja crijepa doprinosi boljoj akumulaciji topline [206]*



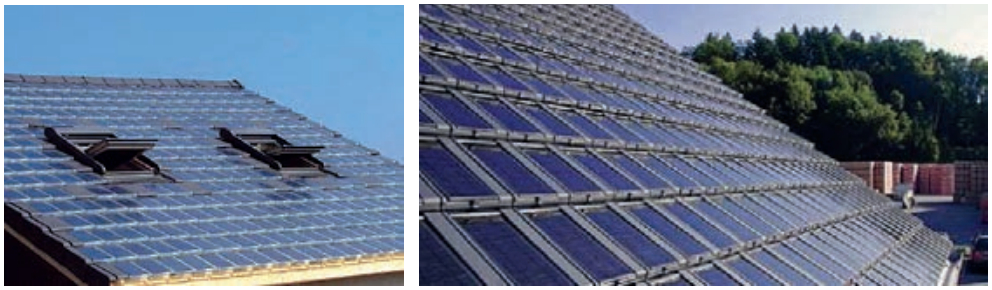
Slika 2-75 *Pokrivanje krova fotonaponskim pločama malog formata [207], [208]*



Slika 2-76 *Solarni crijep s fotonaponskim modulima [209], [210], [211]*

2.9.1 Pokrov fotonaponskim pločama

Fotonaponske ploče malog formata izgledom sliče crijepu *(Slika 2-77)*, a za njihovo postavljanje potrebno je izvesti svu potkonstrukciju kao i za pokrov crijepom.



Slika 2-77 *Izgled krova pokrivenog solarnim pločama malog formata [212], [213]*

Solarne ploče mogu biti i velikog formata, mogu biti samostalni pokrov, ili pak dio drugog krovnog pokrova pri čemu se mora posebno paziti na brtvljenje spojeva različitih sustava.

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE
KROVOPOKRIVAČ



POKROV LIMOM

3 POKROV LIMOM

3.1 PREDNOSTI I NEDOSTACI POKRIVANJA LIMOM

3.1.1 Prednosti limenog pokrova

Prednosti su limenog pokrova sljedeće:

- zadovoljava gotovo sve nagibe plohe;
- lagan je i trajan;
- vatrootporan;
- vodonepropustan;
- paronepropustan.

3.1.2 Nedostaci limenog pokrova

Nedostaci su limenog pokrova sljedeći:

- lim se izraženo širi i skuplja prema temperaturnim promjenama;
- posjeduje dobru vodljivost topline;
- opasnost od znojenja na donjoj strani;
- velika buka pri oborinama.

Kakvoća limenog pokrova ovisi o njegovim elektrolitskim i kemijskim značajkama. Lim se postavlja na drvenu, metalnu, betonsku ili neku drugu vrstu montažne podloge.

3.1.3 Vrste lima

Vrste su lima sljedeće: bakreni, olovni, aluminijski, čelični, legure i dr.

3.1.4 Završna obrada

Završne obrade lima mogu biti: natur, pocinčavanje, plastifikacija, eloksiranje, i dr.

3.1.5 Spajanje limova

Uobičajeno spajanje lima obavlja se lemljenjem, zakivanjem ili utorenjem (jednostruki i dvostruki ležeći ili stojeći prijevoj).

3.2 OPĆE UPUTE ZA POKRIVANJE LIMOM

Kod primjene različitih vrsta limova mora se isključiti njihovo međusobno štetno djelovanje pa čak i ako se samo dodiruju, naročito uz prisutnost vode. Metalne limove treba zaštititi od štetnog utjecaja susjednih materijala (žbuka, kamen, sredstva za zaštitu drva).

Zaštita je moguća različitim slojevima kao što su stakleni voal ili bitumenske krovne trake. Sve veze i pričvršćivanja treba se izvoditi tako da se kod temperaturnih promjena dijelovi krova mogu neometano (bez oštećenja) širiti, skupljati ili smicati.

Temperaturne promjene na krovu mogu se kretati u rasponu od -20°C do +80°C, što iznosi 100°C temperaturne razlike. Obvezna je izvedba dilatacija, a razmaci dilatacija ovise o načinu izvođenja građevine, vrsti materijala i rasponima.

Za učvršćivanje materijala za pokrivanje krovova od metala koriste se vijci čija otpornost na koroziju mora odgovarati otpornosti materijala kojim se krov pokriva. Zabati, sljeme, grebeni, uvale, priključci te prodori kroz konstrukciju trebaju se izvoditi od istog materijala kao i krovno pokrov.

Prema načinu izvedbe razlikujemo tri tipa limenih krovnih pokrova:

- **pokrov ravnim limenim trakama/pločama koje se spajaju na gradilištu:**
  - stojećim ili ležećim prijevojem;
  - među letvama;
- **pokrov predgotovljenim limom**
  - ploče malog formata;
  - ploče velikog formata;
- **pokrov predgotovljenim samonosivim toplinsko-izolacijskim panelima.**

Kod dvoslojnih pokrivanja krova u izvođenju hladnog krova mora se osigurati postojanje dovoljnog broja otvora za dovod zraka i ventilaciju. Presjek za ventilaciju treba odrediti minimalno tako da dovod zraka na strehi iznosi 1/600, a odvod zraka na sljemenu 1/500 krovne površine koja se provjetrava.

Toplinska izolacija koja se postavlja ispod limenog krovnog pokrova na nosivu konstrukciju krova mora biti od pločastih elemenata, jer mora premostiti raspon između glavnih nosača.

3.2.1 Materijali za pokrivanje limom

Materijali za pokrivanje krovova ravnim ili profiliranim limom, te toplinsko-izolacijskim pločama isporučuju se od strane proizvođača kao već gotove ploče ili neprekinute trake od lima.





Slika 3-1 *Neprekinute trake od lima [214], [215]*



Slika 3-2 *Ploča od profiliranog lima [216]*



Slika 3-3 *Proizvodnja toplinsko-izolacijskih ploča [215]*

Kao osnovni materijal za pokrivanje krovova limom najčešće se koriste:

bakar	Ove vrste limova daju najkvalitetnije pokrove te su po tehnologiji postavljanja veoma slične.
cink	
aluminij	

3.2.1.1 Limovi

Najčešće se za pokrivanje krovova limenim pločama ili trakama primjenjuju legure aluminija, cinka, bakra, koje su otpornije na utjecaje onečišćenja zraka. Bolji način zaštite lima od unutarnje i vanjske korozije produljuje vijek trajanja lima. Zaštita lima provodi se umjetnom oksidacijom i zaštitom s unutarnje strane lima postavom neutralnog sloja između lima i betonske, drvene ili metalne nosive konstrukcije.

3.2.2 Nagib krova i vrsta limenog krovnog pokrova

Mora li krov kroz dulje vremensko razdoblje ispunjavati svoju funkciju, važnu ulogu pri tome ima odabir odgovarajuće vrste pokrova. Odlučujući je utjecaj krovnog nagiba. Što je manji nagib viši su zahtjevi za pokrov i važnost nepropusnog spoja pojedinih elemenata koji prodiru kroz krovnu plohu:

- pocinčani čelični lim: 6-30° (ravne ploče), 12-30° (profilirane/valovite);
- cinčani lim: 6-30°;
- bakreni lim: 6-30°;
- olovni lim: 6-35°.

Obavezno je izvesti provjetravanje potkrovlja, osobito kod ravnih limova, radi mogućnosti stvaranja kondenzata pa i korozije uslijed vlaženja drvene ili metalne nosive krovne konstrukcije.

3.3 POKRIVANJE KROVA LIMOM

3.3.1 Pokrov krovova ravnim limenim pločama koje se spajaju na gradilištu

Slike 3-4 do 3 6 prikazuju pokrove krovova limenim pločama koje se spajaju na samom gradilištu.



Slika 3-4 *Pokrov ravnim limenim trakama [217]*

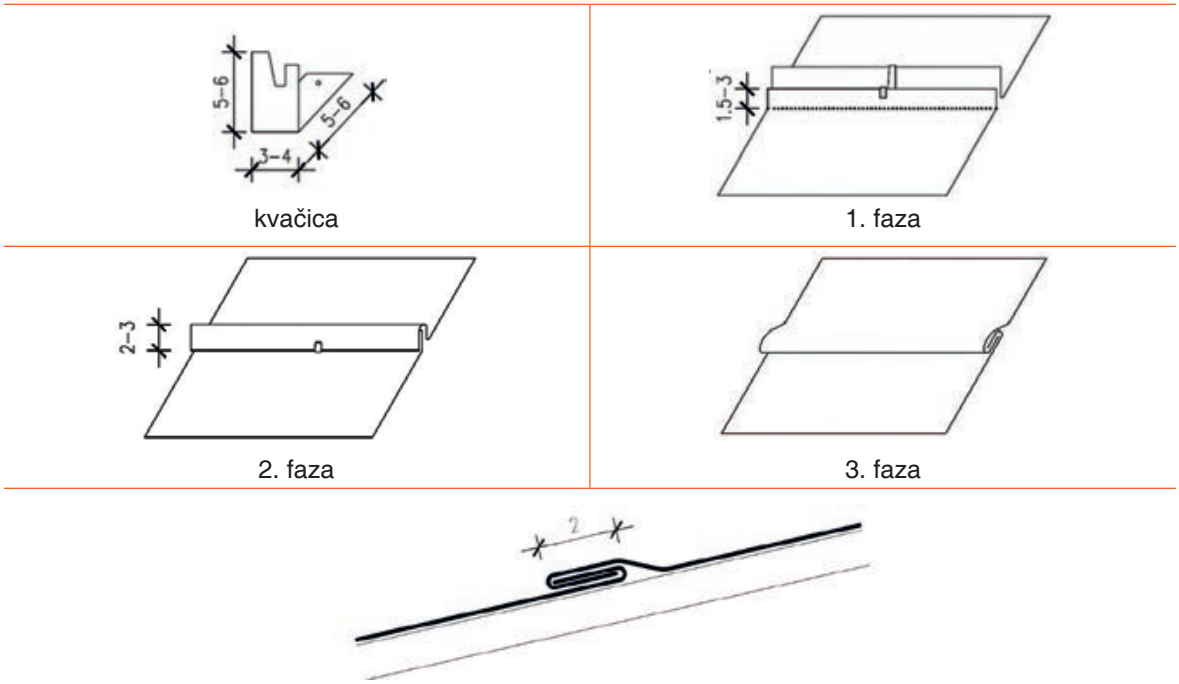


Slika 3-5 *Pokrov limom krov malog nagiba [218]*



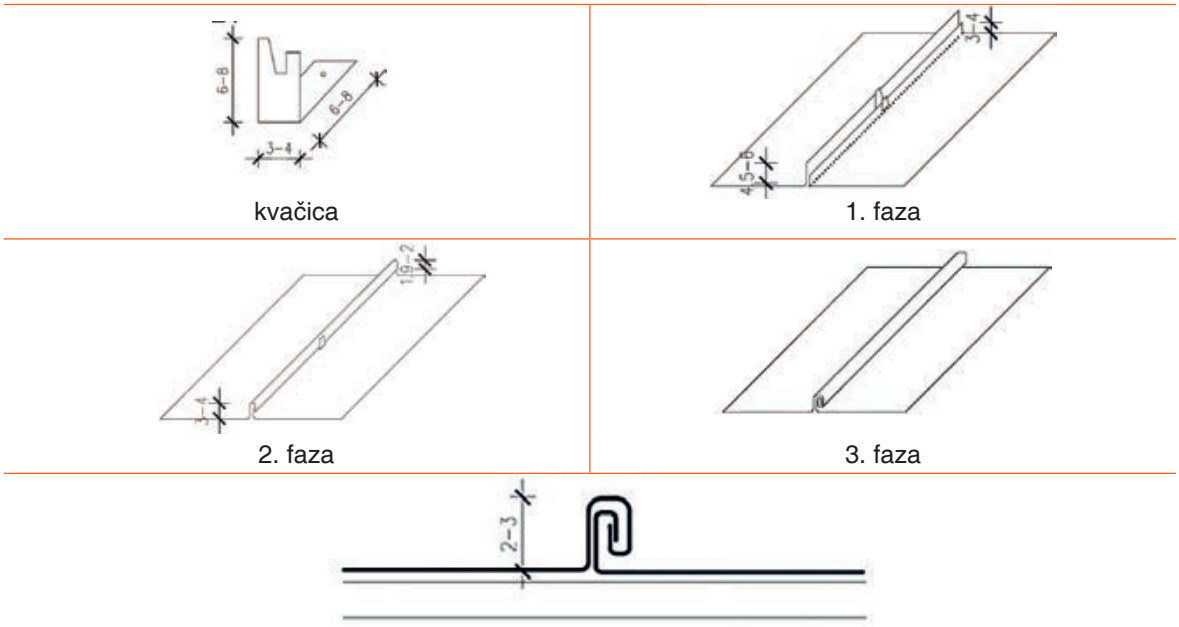
Slika 3-6 *Pokrov limom- zakrivljene plohe [219]*

3.3.1.1 Spajanje limova



Slika 3-7 Jednostruki ležeći prijevoj [4]

Rubovi okomiti na strehu povezuju se dvostrukim stojećim prijevojem:



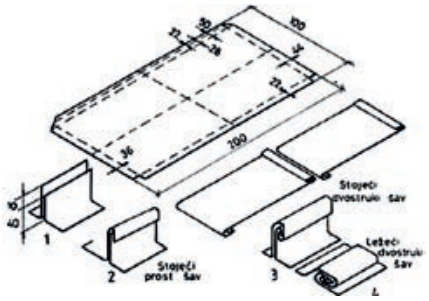
Slika 3-8 Dvostruki stojeći prijevoj [4]

Pričvršćivanje ravnih ploča od lima najčešće se izvodi na daščanu oplatu ili betonsku ploču. Lim kao krovni pokrov primjenjuje se zbog niza već navedenih prednosti (lagan je, vodootporan, minimalnog nagiba i dr.).

Veliki problem kod lima su temperaturne promjene zbog čega je važno izvesti dilatacije na svakih 10 -12 metara pokrova od pocinčanog lima, kod bakarnog lima na svakih 9-10 metara, a kod cink lima na svakih 6 metara.

3.3.1.2 Tehnologija pokrivanja krova ravnim limom

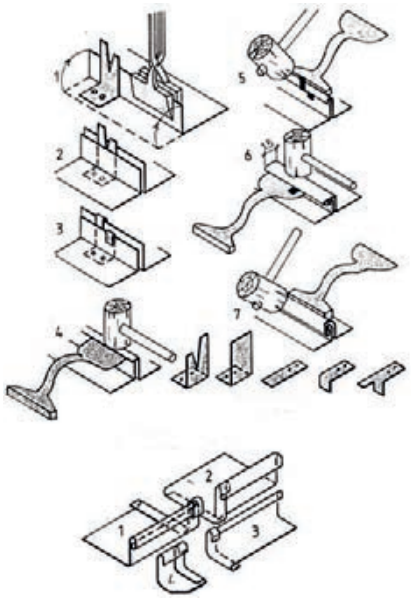
Tehnologija pokrivanja krova limom obuhvaća fazu pripreme i fazu ugradnje na samom gradilištu. Priprema se odvija u radionicama i sastoji se od krojenja, savijanja, rezanja i djelomičnog spajanja, a ugradnja se sastoji od polaganja i pričvršćivanja limenog krovnog pokrova na licu mjesta na gradilištu. Krojenje je jedna od najznačajnijih i najodgovornijih radnji, a njome rukovode i izvode ju visokostručni radnici. Od krojenja ovisi točnost i mogućnost ugradnje elemenata te racionalna iskoristivost materijala.



Slika 3-9 *Obilježavanje i spajanje ploča od lima [220]*

Slika 3-9 prikazuje limenu ploču s oznakama za krojenje i savijanje. Obilježavanje ploče izvedeno je tako da se prilikom savijanja mogu formirati prijevoji koji će osigurati međusobnu vezu između susjednih ploča unutar jednog pojasa, kao i fleksibilnu vezu između pojaseva. *Slika 3-10* prikazuje faze oblikovanja jednostrukog stojećeg prijevoja (1 i 2), stojećeg dvostrukog prijevoja (3) i dvostrukog ležećeg prijevoja (4).

Pocinčani lim najčešće se primjenjuje za pokrivanje krovnih površina zbog toga što je najjeftiniji, ima najmanju težinu i uz pravilno održavanje traje 30 do 50 godina. Debljine limenih ploča su: 0,5, 0,55 i 0,60 mm. Ploče dimenzija 200/100 m režu se po dužini ili poprečno i ti dijelovi se dvostrukim ležećim prijevojima povezuju u trake. Krovna površina se dijeli na polja koja su za oko 8 cm uža od limenih traka. Traka savijena u rolu razvija se po polju i prekriva ga od strehe do sljemena. Podloga lima je daščana oplata na koju je postavljena bitumenska ljepenka. Duž strehe ispod lima čavlima se pribijaju uske limene podložne trake čiji je zadatak spriječiti podizanje limenog pokrova



Slika 3-10 *Savijanje rubova i izvedba prijevoja [220]*

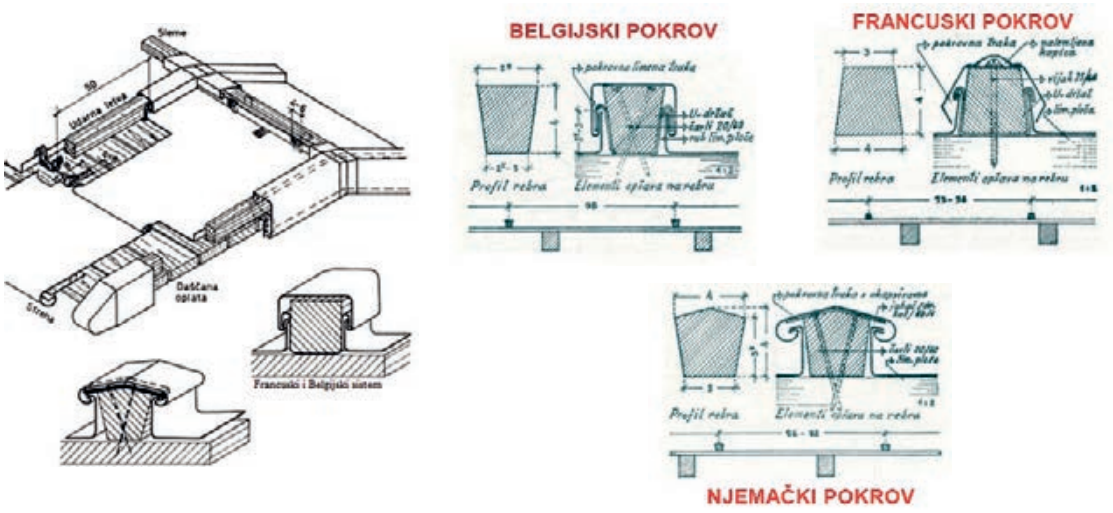
pod udarima vjetra, obzirom da se preko strehe povezuje s podložnom trakom. Nakon razvijanja limenih traka od strehe do sljemena pomoću limarskih kliješta savijaju se rubovi *(Slika 3-10).* Duž rubova na razmaku od 25 do 30 cm za daščanu oplatu pribijaju se dvokrake metalne kopče. Koristeći limarski ručni alat stojeći dvostruki prijevoji savijaju se zajedno s kopčama i preko susjedne ploče spajaju u jednu cjelinu, koja je preko kopči pričvršćena za daščanu podlogu. Ležeći prijevoji susjednih traka ne trebaju se nastavljati već se preporučuje da se zamaknu za pola dužine ploče te da tek u svakoj drugoj traci budu u istoj ravnini.

Visine savijenog lima za stojeće prijevoje susjednih traka razlikuju se za 1 cm, što znači da se lim u jednoj traci savija za 4 cm, a u drugoj za 5 cm. Stojeće prijevoje na strehi treba oboriti na dužini 10 cm radi lakše odvodnje vode niz strehu u oluk/žlijeb. Žlijeb se nakon pokrivanja postavlja na kuke koje su raspoređene tako da osiguravaju pad oluka prema okomici. Na mjestu prodora dimnjaka i ventilacije kroz krovnu plohu prekida se i limeni pokrov, a svi prodori rješavaju se izvedbom opšava i brtvljenjem.

3.3.1.3 Rebrasto pokrivanje ravnim limom (među letvama)

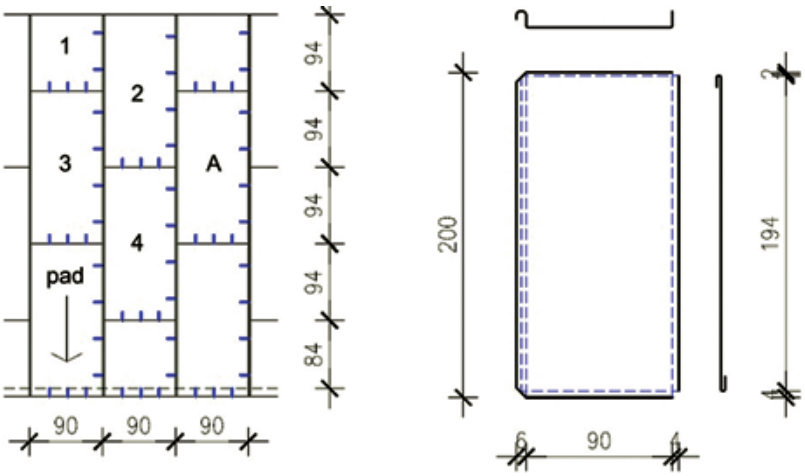
Lim od cinka skuplji je od čeličnog pocinčanog lima i osjetljiviji na temperaturne promjene. Zbog te osobine konstruktivni detalji veza moraju biti izvedeni na način da omogućuju 'rad' limene ploče tj. njeno slobodno širenje i skupljanje. Kod ovakvih materijala primjenjuje se nekoliko načina pokrivanja limom, tzv. udarnim letvama.

U smjeru nagiba, krovne plohe ravne limene ploče spajaju se ležećim prijevojem kao što je opisano kod izvođenja pokrova pocinčanim limom. Između susjednih polja postavljaju se letve dimenzija 4/4 - 4/6 cm, pričvršćene čavlima za daščanu oplatu. Ovaj način pokrivanja naziva se njemački, francuski odnosno belgijski sustav pokrivanja limom. Kod francuskog i belgijskog sustava limene su kopče podvučene ispod letvi i uspravljene kraj njih. Kopče se previjaju preko uspravljenih rubova limova i dobiva se jednostruki prijevoj, ili pak dvostruki ako se sve još jednom previje. Zajedno s previjanjem kopči i limova previja se i limena traka koja pokriva udarnu letvu *(Slika 3-11)*. Karakteristično za njemački sustav jest da se kopča pribija na gornju stranu letve.

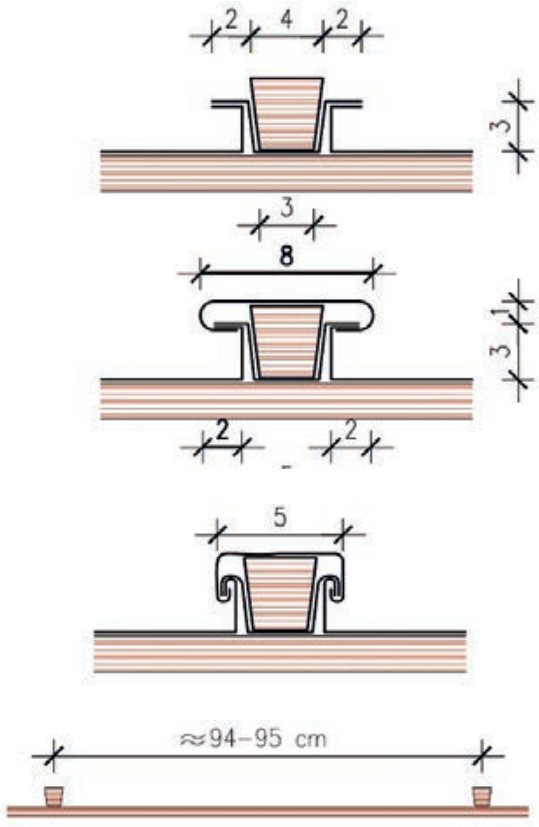


Slika 3-11 *Rebrasto pokrivanje krova limom (francuski, belgijski i njemački sustav) [220], [189]*

Na sljemenu se postavlja letvica koja se pokriva trakom od lima kao i letva između polja. Osiguranje od podizanja pokrova na strehi izvodi se pomoću kopči *(Slika 3-12 i Slika 3-13)*.



Slika 3-12 *Rebrasto pokrivanje limom: slaganje ploča (iznad), faze savijanja lima (ispod) [4]*



Slika 3-13 *Raster letvica kod rebrastog pokrivanja limom [4]*

3.3.2 Pokrivanje krovova predgotovljenim limom

3.3.2.1 Pokrivanje krovova profiliranim limom

3.3.2.1.1 Pokrivanje krova aluminijem

Aluminij se sve više koristi u građevinarstvu zbog njegovih dobrih osobina: mala težina, velika otpornost na koroziju, lagana mehanička obrada, dug vijek trajanja (preko 100 godina) itd.. Prilikom izrade spojeva od aluminija treba voditi računa da na mjestima prijevoja ne dođe do pucanja materijala.

Zakivanje aluminija provodi se zakovicama od istog materijala od kojega je načinjen i lim. Ako to nije moguće, koriste se legure sličnog elektrokemijskog sastava. Metoda spajanja lijepljenjem sve se više primjenjuje jer nema pada čvrstoće spojenih elemenata.

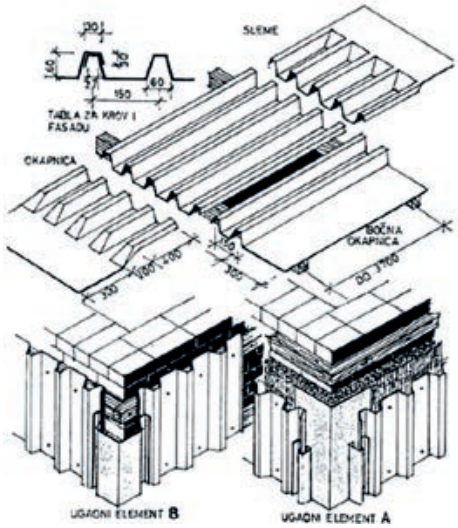
Pokrivanje krova aluminijem izvodi se:

a. valovitim limovima;
b. presavijanjem krojenih dijelova od lima debljine 0,5 - 0,8 mm;
c. lijepljenjem aluminijskih traka debljine 0,8mm;
d. primjenom tzv. *fural* limova *(Slika 3-14)* koji se učvršćuju posebnim držačima. Fural pokrov smotci su aluminijskih legura posebno valovito prešani, koji se lako ugrađuju i uklanjaju. Postavljaju se na posebnu limenu traku, pri čemu su pričvrsne trake duge 25 m, a smotak furala 35 m, širine 58 cm. Fural se može učvrstiti na roženice ili na daščanu oplatu.



Slika 3-14 *Fural lim [189], [221]*

Profilirani aluminijski limovi koriste se za oblaganje fasada, pokrivanje krovova i uređenje interijera *(Slika 3-15).* Limovi su profilirani (u poprečnom presjeku u obliku trapeza ili sinusoide), jednostavno se slažu na nosivu konstrukciju, lagano se uklanjaju i ponovno ugrađuju.



Slika 3-15 *Pokrivanje krova profiliranim limom od aluminija [220]*

3.3.2.1.2 Kalzip sustav

Kalzip sustav *(Slika 3-16)* omogućuje izvedbu geometrijski složenih ploha te izvedbu zelenih vrtova i ugradnju fotonaponskih ćelija. Pogodan je za veoma male nagibe krovova. Ploče se postavljaju preko profiliranih limova na distancere te na toplinsku izolaciju.

Značajke Kalzip sustava uključuju:

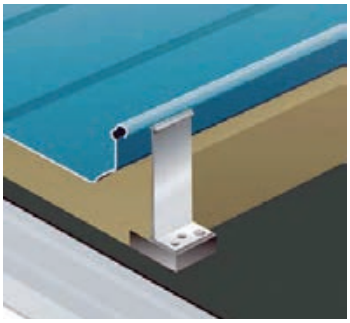
1. Moguće je pokrivanje krovova nepravilnih oblika.
2. Poseban spoj između limova (Zip).
3. Težina: 1,0 - 1,5 kg/m²
4. Nagib krovne ravnine: 1 - 3°
5. Širina role: 1,5 m
6. Dužina role: 50 m (dužina je ograničena mogućnostima prijevoza).



Slika 3-16 *Mogućnosti pokrivanja Kalzip sustavom [222], [223], [8]*



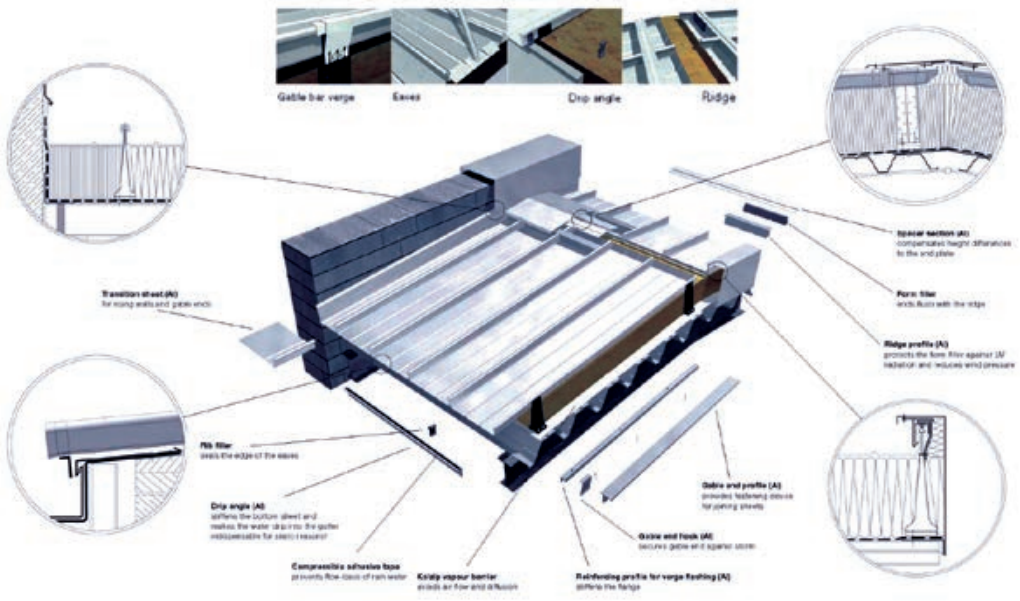
Slika 3-17 *Ponuda proizvođača Kalzip sustava [224]*



Slika 3-18 *Distanceri i TI [224]*



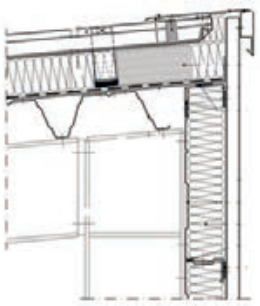
Slika 3-19 *Spoj Zip [224]*



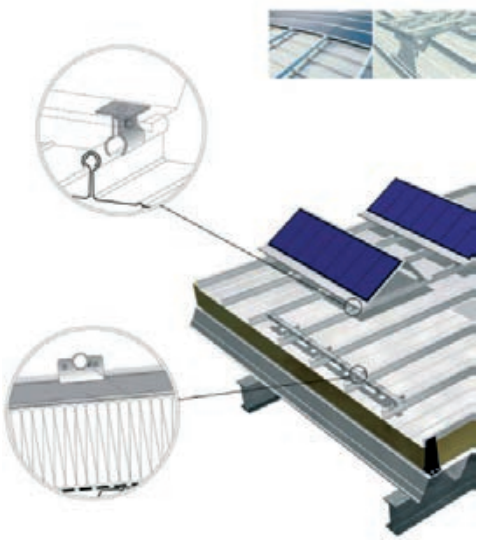
Slika 3-20 *Detalj oblaganja atike i sljemena Kalzip sustavom [225]*



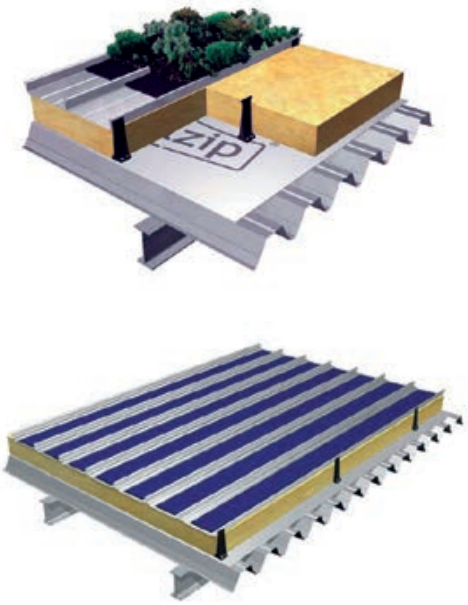
Slika 3-21 *Detalj sljemena [226]*



Slika 3-22 *Detalj zabatnog zida [226]*



Slika 3-23 *Mogućnost ugradnje fotonaponskih ploča [225]*

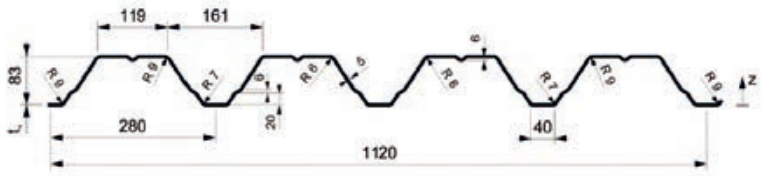


Slika 3-24 *Detalji ravnog krova – Kalzip sustav [225]*

3.3.2.1.3 Krovni trapezno profilirani limovi

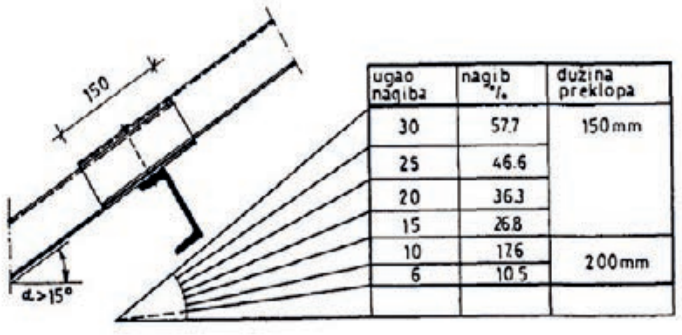
Krovni trapezno profilirani limovi dobar su izbor za pokrivanje objekata svih namjena, a naročito su pogodni za pokrivanje industrijskih/proizvodnih hala, gdje i nalaze najčešću primjenu. Mogu biti:

- čelični - težina lima 4,5 - 10 kg/m²; dopušteni napon pri savijanju 140 Mpa; modul elastičnosti 210000 N/mm²; dopušteni progib l/200; razmak potkonstrukcije 3,0-7,0 m; duboko profilirani limovi mogu premostiti i značajno veće raspone;



Slika 3-25 *Tehnički podaci za čelični profilirani lim [223]*

- aluminijski - težina lima: 2,5 - 4,5 kg/m²; dopušteni napon na savijanje 65 - 85 Mpa; modul elastičnosti 70000 N/mm2; dopušteni progib l/200; razmak potkonstrukcije 1,0-3,5 m.

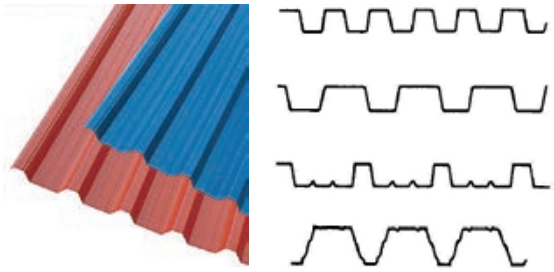


- *Mogu biti čelični i aluminijski*
- *Minimalni nagib krovne ravni 10,5% (α= 6°)*

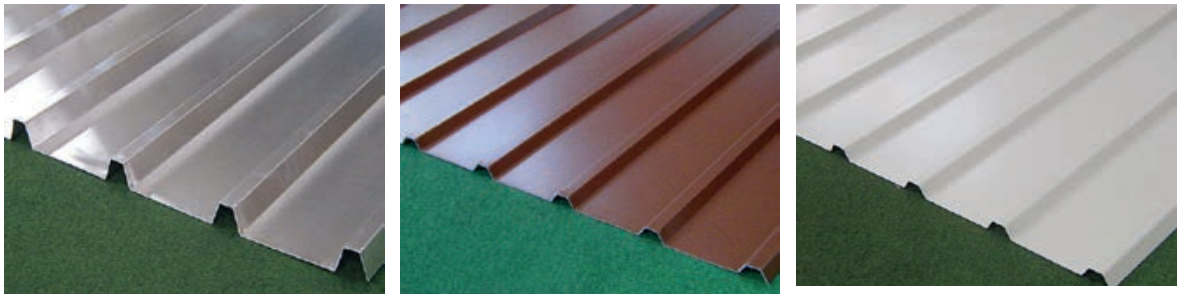
Slika 3-26 *Minimalni nagib krova kod profiliranih limova - 10.5% ili 6° [223]*

3.3.2.1.3.1 Značajke

Osnovna značajka trapezno profiliranog lima *(Slika 3-27 i Slika 3-28)* jest izuzetna izdržljivost pri velikim opterećenjima. Trapezno profilirani lim proizvodi se s dodatnim ojačanjima u donjoj zoni lima, koja osim povećane čvrstoće stvaraju i bolji estetski dojam, tako da je trapezni lim odličan odabir. Trapezno profilirani lim proizvod je čija je osnovna primjena ekonomičnost pri pokrivanju krova, oblaganju fasada i kao stropni lim.



Slika 3-27 *Profilacije limenih ploča [227]*

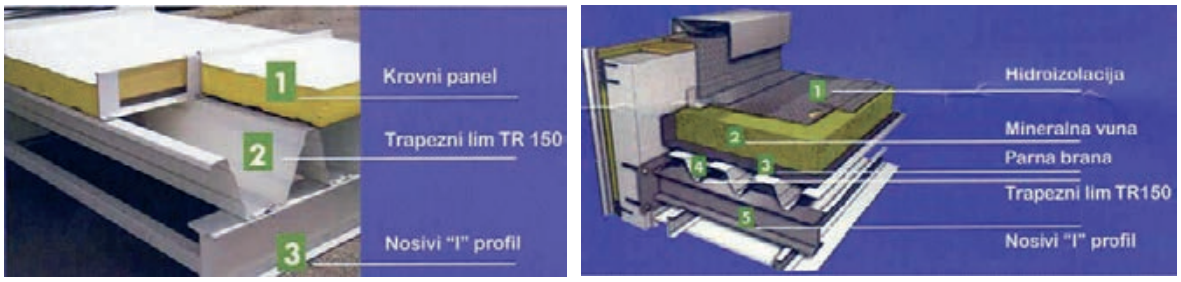


Slika 3-28 *Profilirane krovne limene ploče [228]*

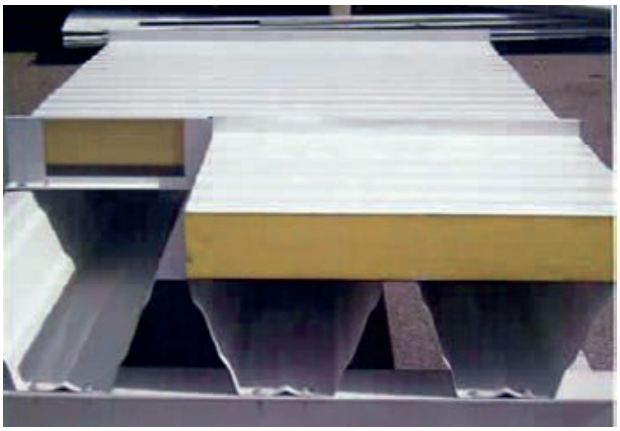
Uz čelične hladno valjane tanke profile (u obliku trapeza i sinusoide, nosive i samonosive, krovne i fasadne, *Slika 3-29 i Slika 3- 30),* proizvode se vezano uz njih i dopunski limarski dijelovi.

Kod sastavljanja svih komponenti potrebno je pridržavati se preporuke proizvođača koje su donesene na temelju važećih propisa i normi, a zadaća im je pomoći izvesti tehnološki pravilni postupak ugradnje, odnosno pravilno korištenje tankih profiliranih čeličnih profila.

U osnovi, ugradnju čeličnih tankih profila uvijek bi trebale izvoditi za to stručno osposobljene tvrtke s stručnim osobljem. Iste moraju biti u stanju provesti ugradnju u skladu s izvedbenim projektom, općenito priznatim tehničkim propisima, odgovarajućim važećim normama te sigurnosnim propisima.



Slika 3-29 *Čelični trapezni profilirani lim kao podkostrukcija za završnu obradu [223]*



Slika 3-30 *Čelični profilirani lim kao krovna konstrukcija [4]*

Tehnička dokumentacija koja je potrebna za izvedbu mora biti na raspolaganju na gradilištu prije početka ugradnje, a treba sadržavati: statički izračun u za to nužnom opsegu, dokumentaciju za nosivu konstrukciju, vrstu i širinu potpornja, tip uporabljenih tankih profila, njihove dimenzije, debljinu, podatke o načinu obrade površinskog sloja, informacije o njihovu polaganju, tipu sidrenja i vrsti spojeva zajedno s podacima o odgovarajućoj vrsti materijala za spajanje te potrebnih promjera prethodno izbušenih rupa, način poprečnog i uzdužnog kontakta pojedinih limenih ploča, uključujući i eventualnu vrstu brtvljenja, način završetaka na krajevima (barem glavne detalje), eventualne svijene čvrste spojeve s brojem i rasporedom vijaka, planirane otvore, uključujući i eventualno neizbježna statička pojačanja, rješenje drenaže i uzemljenja (zaštita od groma), eventualno ograničenje kretanja po profilima tijekom ugradnje limova ili postavljanja daljnjih slojeva.

Opće upute za ugradnju

Rezanje tankih profila tijekom ugradnje - Izvođenje rezova na lokaciji objekta, posebno na lakiranim (premazivanim) profilima, nužno je svesti na najmanju mjeru, a to se može postići temeljitom izradom projekta te naručivanjem limova točnih dužina. Ako je ipak nužno, za rezanje su prikladne električne ručne škare za lim *(Slika 3-31)*. Ne preporučuje se rezanje lima kutnim brusilicama *(Slika 3-32).*



Slika 3-31 *Električne ručne škare za lim [229]*



Slika 3-32 *Kutna brusilica*

Kod rezanja i bušenja limova nužno je nastale strugotine i piljevinu uvijek ukloniti s površine limova. Ovo je neophodno napraviti odmah, jer kod povećane vlažnosti vruća piljevina ili strugotine na površini uglavnom počinju brzo korodirati. Posljedica toga može biti i oštećenje sloja premaza, nakon čega takvo mjesto postaje mjesto povećanog rizika pojave korozije. Prije početka ugradnje potrebno je obaviti pregled nosive konstrukcije radi točnosti ugradnje, vodoravnosti, okomitosti, točnosti uglova te paralelnosti.

Sidrenje, spajanje, spojevi

Pod sidrenjem podrazumijevamo mehaničko spajanje konstrukcija ili limova pomoću posebnih masivnih sredstava prikladnih za ovu namjenu (hvataljke ili sidra), u pravilu u beton ili u opeku.

Spajanjem se često označava spajanje profila s nosivom konstrukcijom koja može biti od čelika, odnosno aluminija, drveta ili betona. Čelični tanki profili se uz donju konstrukciju pričvršćuju u pravilu na donjem valu koji prianja uz konstrukciju. Iznimku čine vanjski krovni profili namijenjeni odvodnji vode gdje je u mnogim slučajevima, a prije svega kada postoji mali nagib, prikladno spajanje profila s konstrukcijom izvesti iznad mjesta otjecanja vode, dakle u gornjem valu, primjerice pomoću sedlaste podložne pločice tj. kalote *(Slika 3-33).*



Slika 3-33 *Kalote - podložne pločice s vijkom [230], [231], [232], [233]*

Vrste spojeva i njihove udaljenosti nužno je izvesti na za to propisan način u skladu sa statičkim proračunom. Na uzdužnom kontaktu dviju ploča tankih profila profili se spajaju jedan uz drugi na 330 – 660 mm zakivanjem ili pričvršćivanjem vijcima tako da spoj nema međuprostora te da spoj ne olabavi.

Vrste sredstava za spajanje

Kao spoj obično se označava mjesto kontakta čeličnog tankog profila s drugim profilom ili sličnim građevinskim dijelom uključujući i odgovarajuće sredstvo spajanja. Za rad s materijalom za spajanje svaki proizvođač obvezan je preporučiti i uporabu propisanog alata i montažnih pomagala.

Čavli za upucavanje koriste se za spajanje čeličnih tankih profila na nosivu čeličnu konstrukciju, najčešće debljine od 6 mm. Za upucavanje čavala koriste se pištolji i sredstvo za upucavanje.

Hvataljke služe za sidrenje. Kod ugradnje potrebno je pridržavati se uputa proizvođača, posebice svega što se odnosi na način učvršćivanja hvataljki, te prikladnu dužinu i vrstu u odnosu na materijal zida.

Oklopljene zakovice šupljeg struka/slijepe zakovice koriste se u pravilu za uzdužne spojeve tankih profila, a eventualno za spojeve profila s plastikom.

Vijci služe za povezivanje i spajanje. Kod samonareznih vijaka valja voditi računa o promjerima prethodno izbušenih rupa, a kod vijaka za samobušenje radi se o brzini bušenja i debljini bušenog materijala.

Kod uporabe vijaka s pločicama za brtvljenje preporučuje se koristiti ključ za zatezanje s dubinskim zaustavljanjem ili s podesivim okretnim momentom kako ne bi došlo do „pretezanja“ podložne pločice. Za svaki tip spoja nužno je odabrati točan tip navoja (za drvo, lim ili za deblji čelik). Najčešće se koriste vijci za samobušenje te samonarezni.

U pogledu načina obrade površinskog sloja i materijala, ova se sredstva dijele na:

- sredstva koja ne hrđaju (za spajanje spojeva koji su izloženi vanjskim klimatskim uvjetima);
- pocinčana sredstva za spajanje, tamo gdje su manji zahtjevi za otpornost na koroziju;
- sredstva za spajanje s pocinčanim tijelom i plastičnom glavom;
- pocinčana sredstva za spajanje s lakiranom glavom;
- pocinčana sredstva za spajanje s glavom izrađenom od legure Ze-mac (Zn + Al);
- pocinčane vijke koji se isporučuju u različitoj kakvoći;
- pocinčane obloge (dural, organski oblog).

Vijci i zakovice mogu na podložnoj pločici imati nanos vulkaniziranog materijala (EPDM) koji osigurava nepropusnost spoja na vodu. Kod ugradnje valja paziti da su svi spojevi pravilno zategnuti i da ne budu preopterećeni, kako ne bi došlo do deformacije podložne pločice *(Slika 3-34)*.

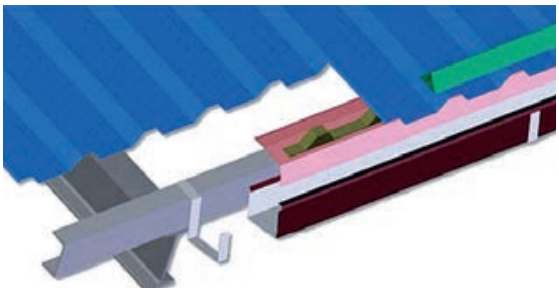
Vijke s podložnim pločicama potrebno je zatezati ključem za zatezanje s dubinskim zaustavljanjem.



Slika 3-34 *Pravilno zatezanje vijaka [234]*

Ugradnja na konstrukciju

Prije početka ugradnje potrebno je pregledati nosivu konstrukciju kako bi se na vrijeme i stručno mogle ukloniti greške. Važno je pažljivo ugraditi prvi lim, provjeriti njegovu okomitost te se držati mjesta ugrađivanja propisanog montažnim planom (ako postoji). Kod polaganja sljedećih limova nužno je osigurati da se isti namjeste u ispravan položaj – oblik profila se kod ugradnje može deformirati zbog njihova navlačenja ili stezanja, čime je moguće unijeti grešku u samu montažu. Kod sidrenja limova preporučuje se kontinuirano provjeravati cjelokupnu širinu s obje strane profila kako bi se izbjeglo koso postavljanje *(Slika 3-35).*



Slika 3-35 *Pokrivanje krova profiliranim limom [235]*

Blaga odstupanja u ravnim dijelovima trapeznih limova nastala kod valjanja ili uslijed napinjanja limova, kao i blaga valovitost slobodnih krajeva nikako ne utječu na životni vijek niti na nosivost trapeznih profila. Veće trajne promjene oblika, ponajprije lomovi na rubovima prelaska ispupčenih i uvučenih linija valova mogu smanjiti/oslabiti nosivost profila.

Uvijek je prikladno započeti s ugradnjom materijala za spajanje od sredine lima i nastaviti u smjeru prema krajevima uz povećanu pozornost usmjerenu na provjeravanje okomitosti i kompozicijske širine. Druga metoda je hvatanje u prvom i zadnjem valu na krajevima, iza čega slijedi dopasiranje vijaka koji leže između. Prije svega, ova je metoda prikladna u slučaju limova proizvedenih s većim odstupanjima kompozicijske širine.

3.3.2.1.3.2 Čišćenje

U osnovi bi se trebala čistiti mjesta onečišćena onim tvarima koje mogu prouzročiti nastanak korozije. Često je ovo moguće ostvariti jednostavnim pranjem vlažnom krpom. Za čišćenje prevučenih profila prikladna je voda ili blago lužnato sredstvo za čišćenje. Kod mehaničkog čišćenja nužno je spriječiti oštećenje premaza/obloge grebanjem ili brušenjem. I blaga abrazija obloge prouzročena sredstvom za čišćenje dodavanjem praška uzrokuje gubitak sjaja laka.

Ne smiju se upotrebljavati sredstva koja sadrže klor ili amonijev klorid, nitro- otapala ili pijesak. Kod čišćenja profila prevučenih PVC-om (plastizol) ne smiju se koristiti sredstva koja sadrže otapala PVC-a, kao što su aromati, ksilol i slično.

3.3.2.1.3.3 Zaštitne folije

Isporučeni profili i limarski elementi u nekim slučajevima imaju na sebi zaštitnu PE foliju protiv oštećenja prilikom prijevoza i ugradnje. Foliju je potrebno što prije ukloniti nakon ugradnje, jer utjecajem topline i UV zračenja može doći do njena čvrstog prianjanja uz prevučeni profil (uklanjanje u roku od 2 tjedna).

Pokrivanje profiliranim limom u obliku crijepa

Tehnički podaci

Lim u obliku crijepa visoko je kvalitetni pokrov, namijenjen za pokrivanje stambenih, poslovnih i pomoćnih objekata različite namjene i tipova krovišta. Odlikuje se jasnim, mjerljivim i važnim prednostima u odnosu na ostale pokrove:

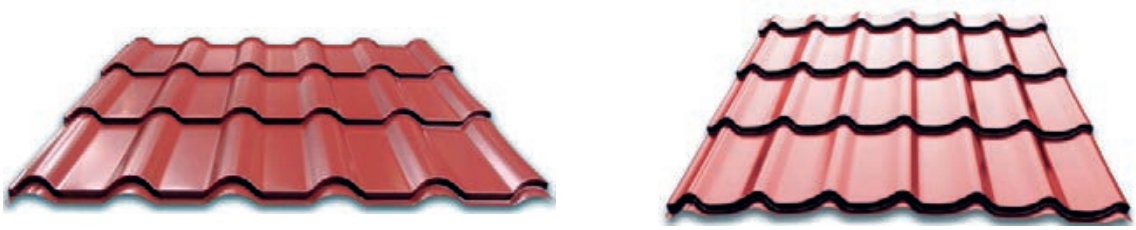
- estetski izgled;
- široka paleta boja;
- 3 tipa premaza;
- može se koristiti za izradu novog krova ili sanaciju postojećeg;
- vodootporan;
- izrađen od visoko kvalitetnog čelika;
- visoki kapacitet nosivosti;
- neće napuknuti ili se slomiti;
- dugotrajan;
- male težine;
- brze ugradnje
- postojan u svim klimatskim uvjetima;
- dužine ploča prema zahtjevima;
- različite dužine valova;
- primjeren već od 14° nagiba krova;
- cijeli spektar komponenata i dodataka proizvoda;
- nije štetan za okoliš.

Pokrov je sa svojim tehničkim, mehaničkim i kemijskim značajkama projektiran tako da je otporan na vrlo visoke i niske temperature, vjetar, led i buku. Izborom boja iz širokog spektra krovištu daje jedinstven kompaktan estetski izgled (ista boja pokrova i prateće limarije ili kombinacija boja), što je nemoguće ostvariti s ostalim vrstama pokrovnih materijala.

Ovaj se proizvod izrađuje od visoko kvalitetnog čelika. Kako bi pružila visoku otpornost na koroziju, svaka čelična ploča galvanizirana je vrućim močenjem i dovršena višeslojnim sustavom premaza. Ti premazi su čak i otporniji na koroziju, visoko vodootporni, zadržavaju boju, otporni su na štetno UV zračenje i daju estetski ugodan izgled. Lako se održavaju i imaju odlične procesne i indikatore održavanja.

1. Poliesterni premaz
   - Osnovni tretman površine: 275 g/m^2 sloj cinka (otpr. 20 µm na obje strane)
   - Sjaj: 30 +/- 5
2. Mat poliester
   - Osnovni tretman površine: 275 g/m^2 sloj cinka (otpr. 20 µm na obje strane)
   - Sjaj: 30 +/- 5

3. TC50 premaz
   - Osnovna obrada površine: 275 g/m^2 sloj cinka (otpr. 20 µm na obje strane)
   - Sjaj: 40 +/- 5



tip 1 *tip 2*

Slika 3-36 *Materijal i završna obrada [236]*

Materijal i površinska obrada za proizvodnju prokrova profiliranog u obliku crijepa:

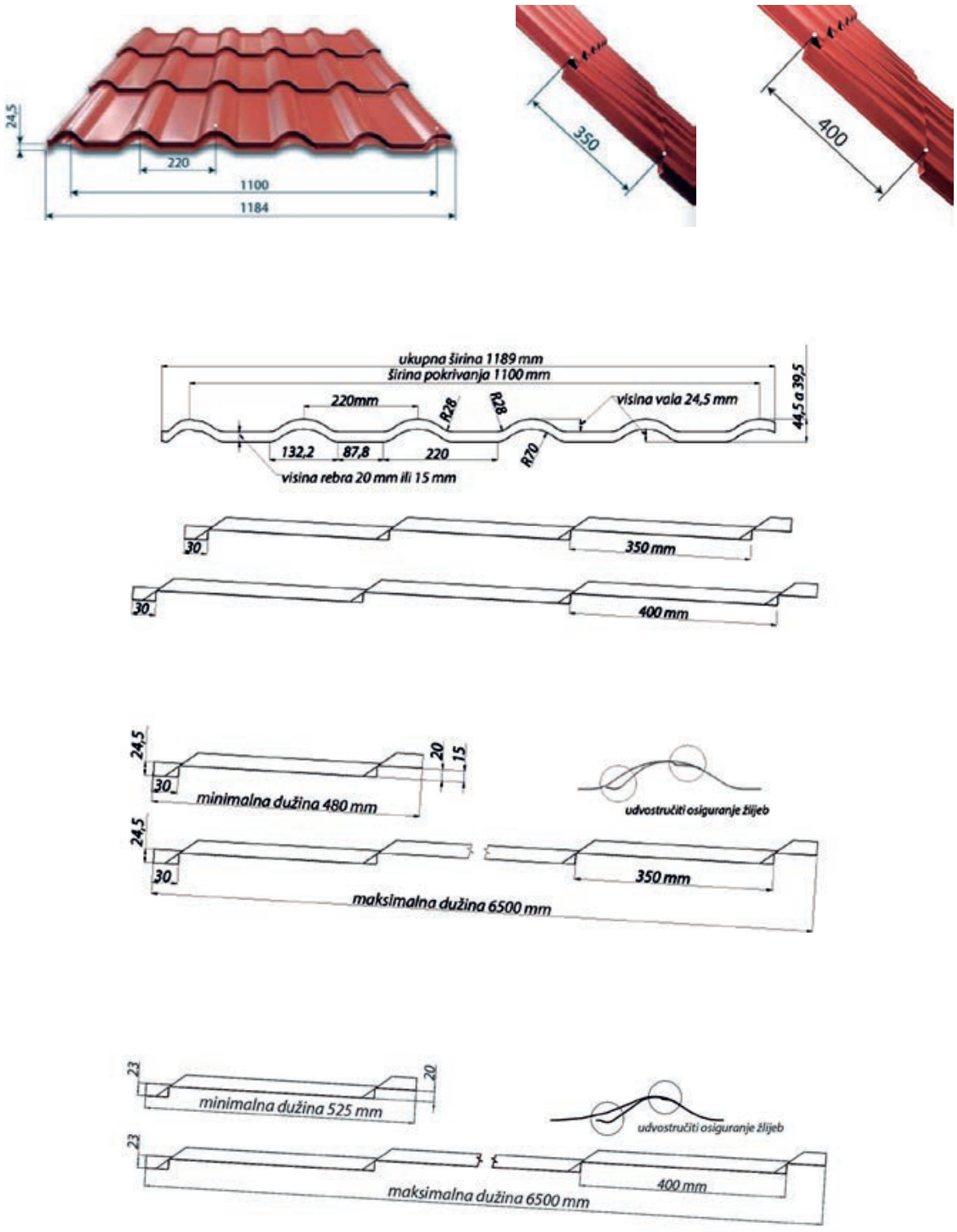
1. Čelična metalna ploča
   - Čelična metalna ploča zagrijana se umače u cink sukladno standardu STN EN 10169-1, trajno organski pokrov (kalemljena završna obrada) za ravne čelične proizvode, debljine 0,50 mm *(Slika 3-36).*
2. Aluminijske ploče
   - Aluminijske ploče, debljine 0,68 mm, materijal EN-AW 3105 sukladno standardu EN 573/3:2008.

3.3.2.1.3.4 Svrha i uporaba

Metalni krovni pokrov u obliku crijepa oblikovan je kao lagani krovni materijal za krovove s minimalnim nagibom od 14° i s uzdužnim spojevima, ili za krovove s minimalnim nagibom od 12° bez uzdužnih spojeva i s razmakom letvi od 350 mm ili 400 mm, ovisno o vrsti korištenih modula.

Minimalne dužine iznose 475 mm (za module 350) i 525 mm (za module 400). Maksimalna dužina iznosi 6500 mm (za module 350 i 400). Metalni krovni pokrov u obliku crijepa moguće je koristiti samo kad je napravljena procjena kapaciteta opterećenja strukture za očekivano opterećenje. Životni vijek proizvoda ovisi o okruženju i završnoj obradi površine.

Navedeni životni vijek moguće je postići kada se koristi na način za kakav je i osmišljen te kada se obrađuje odgovarajućom završnom obradom. Metalni krovni pokrov u obliku crijepa proizvodi se hladnom obradom čelika ili aluminijske metalne ploče u različite oblike s uzdužnim grebenima. Tehnički podaci za dva osnovna tipa TIP 1 i TIP 2 dani su u *Tablicama 3-1 i 3-2.*

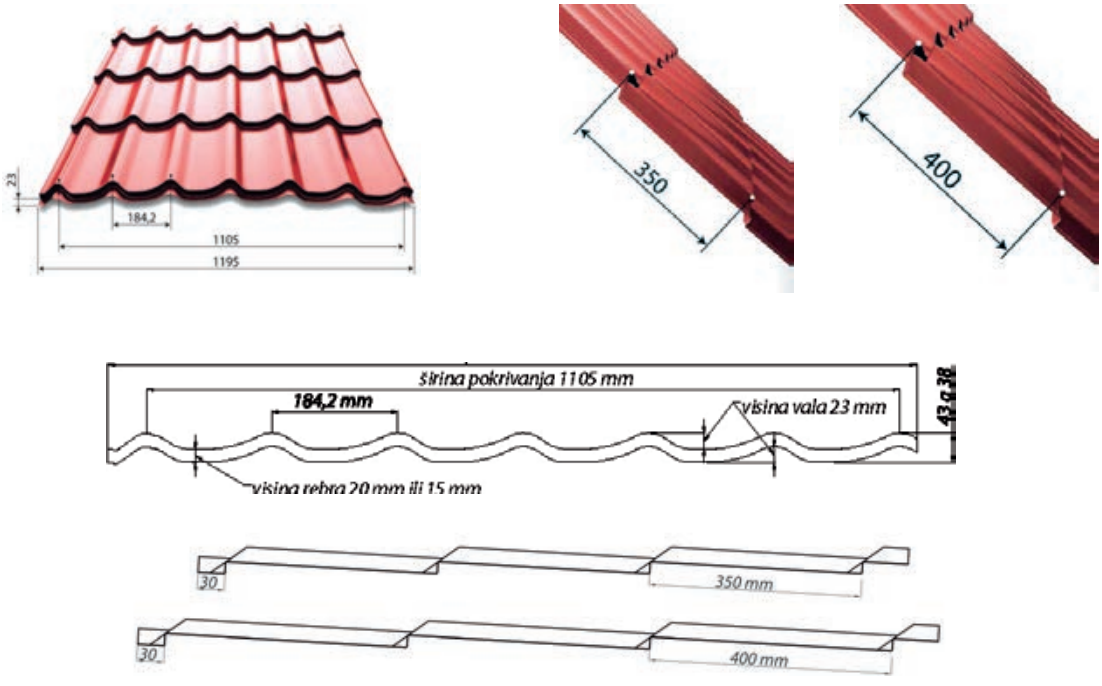


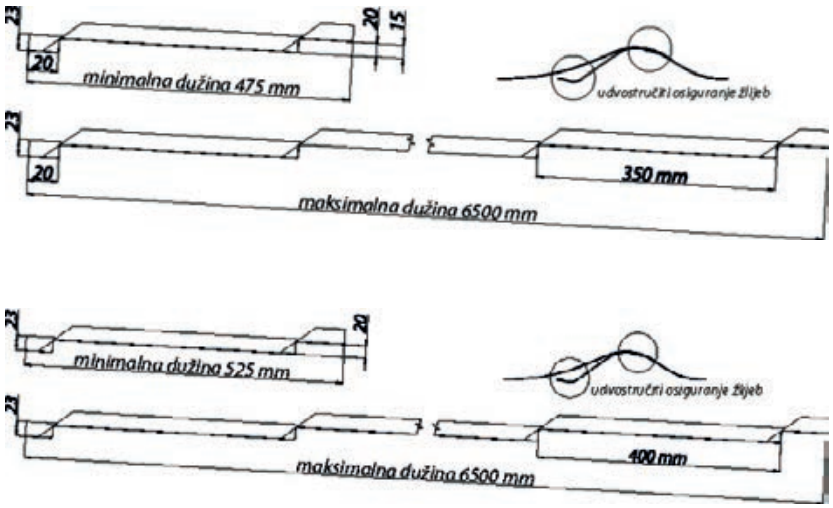
Slika 3-37 Krovni pokrov limenim pločama u obliku crijepa TIP 1 [237]

Krovni pokrov limenim pločama u obliku crijepa - TIP 1		
MODUL	350	400
Ukupna širina	1189 mm	1189 mm
Strukturalna – pokrovna širina	1100 mm	1100 mm
Visina grebena	24,5 mm	24,5 mm
Visina offseta	15 mm, 20 mm	20 mm
Ukupna visina	39,5 mm, 44,5 mm	44,5 mm
Najmanjamoguća dužina	480 mm	530 mm
Najveća mogućadužina *	6500 mm	6500 mm
Razmak letvi **	350 mm	400 mm
Najmanjimogući nagib ***	14°	14°
Masa za pocinčanu metalnu ploču	5 kg/m^2	5 kg/m^2
Masa za aluminijsku metalnu ploču	2,4 kg/m^2	2,4 kg/m^2

** Dužine krovnih ploča mogu biti izvedene po mjeri.*
*** Pogledajte načine postavljanja potpornih letvi.*
**** Min. nagib od 14° za uzdužne spojeve; za krov bez uzdužnih spojeva min. nagib iznosi 12°.*

Tablica 3-1 *Značajke za TIP 1 [237]*





Slika 3-38 Krovni pokrov limenim pločama u obliku crijepa TIP 2 [237]

Krovni pokrov limenim pločama u obliku crijepa - TIP 2		
MODUL	350	400
Ukupna širina	1195 mm	1195 mm
Strukturalna pokrovna širina	1105 mm	1105 mm
Visina grebena	23 mm	23 mm
Visina offseta	15 mm, 20 mm	20 mm
Ukupna visina	38 mm, 43 mm	43 mm
Najmanja moguća dužina	475 mm	525 mm
Najveća moguća dužina *	6500 mm	6500 mm
Razmak letvi **	350 mm	400 mm
Najmanji mogući nagib ***	14°	14°
Masa za pocinčanu metalnu ploču	Oko 5 kg/m^2	Oko 5 kg/m^2
Masa za aluminijsku metalnu ploču	Oko 2,4 kg/m^2	Oko 2,4 kg/m^2

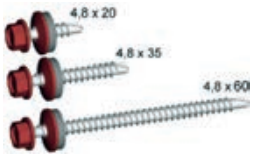
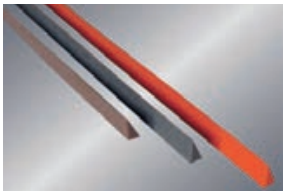
* *Dužine krovnih ploča mogu biti izvedene po mjeri.*
** *Pogledajte načine postavljanja potpornih letvi.*
*** *Min. nagib od 14° za uzdužne spojeve; za krov bez uzdužnih spojeva min. nagib iznosi 12°.*

Tablica 3-2 Značajke za TIP 2 [237]

3.3.2.1.3.5 Krovna oprema

Dodatna oprema za metalne krovove (zaobljeni vrhovi, otvori za ventilaciju, završni poklopci okruglih vrhova, završni poklopci punog profila, kompleti štitnika za snijeg, bljeskalice, pruge, jednostavni lim, široki lim itd.) proizvode se od iste vrste materijala od koje se proizvodi i sama krovna ploča *(Tablica 3-3).* Dodatna oprema za krovne sustave uključuje potpun asortiman dodataka koji zadovoljavaju najstrože zahtjeve kakvoće, boje i funkcionalnosti kako bi se osigurao ispravan rad krovnih sustava.

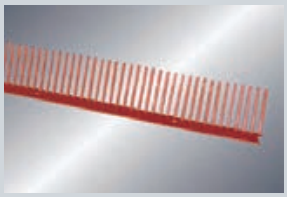
DODATNA KROVNA OPREMA

		
Obli vrh, efektivna širina 312 mm	*Vršni otvor za ventilaciju*	*Poklopac vrha - obli*
		
Vijci za krov sa samostalnim bušenjem	*Snjegobrani 2 m (komplet)*	*Držač snijega*
		
Poklopac vrha - potpuni	*Difuzijska folija 110 g, 130 g, 140 g*	*Vratašca krova 50x60 i 60x60*
		
Brtva oluka - donja	*Brtva vrha - gornja*	*Univerzalna traka za brtvljenje, 60 mm*

DODATNA KROVNA OPREMA



MF zaštitna izolacija



Ventilacijska rešetka 1000/50



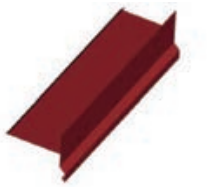
Rubna zaštitna traka 100 x 5000 mm



Rubni lim - gornji



Široki lim



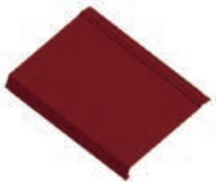
Vjetrobranski lim



Rubni lim - donji



Rubni lim – ravni krov



Žlijebni rubni lim



Sprej za popravak boje



Magnetski dio 8 mm



Vršni držač letvi



Dodaci za sustav gromobrana



Sustav gromobrana: žica od nehrđajućeg čelika



Sustav gromobrana: žica od nehrđajućeg čelika

DODATNA KROVNA OPREMA		
		
Sustav gromobrana: kopča od nehrđajućeg čelika	*Sustav gromobrana: potporanj od žice od nehrđajućeg čelika*	*Sustav gromobrana: žica od nehrđajućeg čelika*
		
Sustav gromobrana: provodna traka, 30×4	*Sustav gromobrana: žica f8 mm 25 kg*	*Električni rezači*

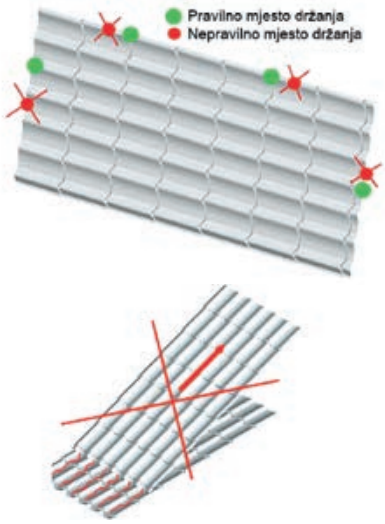
Tablica 3-3 Dodatna krovna oprema

3.3.2.1.3.6 Postavljanje i rukovanje

Krovne profilirane limene ploče potrebno je prenositi samo u vodoravnom položaju te ih je potrebno držati na mjestima uzdužnih grebena, gdje je materijal ojačan *(Slika 3-39).* Pri podizanju krovnog materijala na strukturu krova preporučuje se pomicati materijal pomoću panela na koje je pojedinačne dijelove krova moguće povući. Tijekom prijevoza, rukovanja i ugradnje potrebno je izbjegavati svako uzdužno savijanje i nabiranje krovnog materijala. Deformacije koje nastanu nepravilnim rukovanjem nije moguće ukloniti te se takve ploče ne mogu ugraditi *(Slika 3-40).*



Slika 3-39 Rukovanje limenim pločama [238]



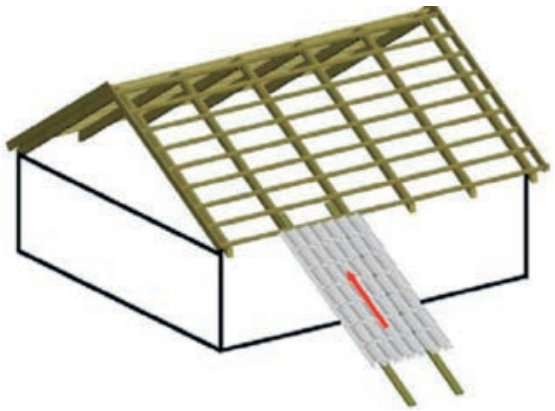
Slika 3-40 Pravilno rukovanje limenim pločama [237]

Pojedinačni komadi materijala ne smiju se povlačiti jedan po drugome (može doći do grebanja), svaki komad uvijek je potrebno zasebno podizati. Veće komade podižite s tla na radnu površinu krova kako slijedi:

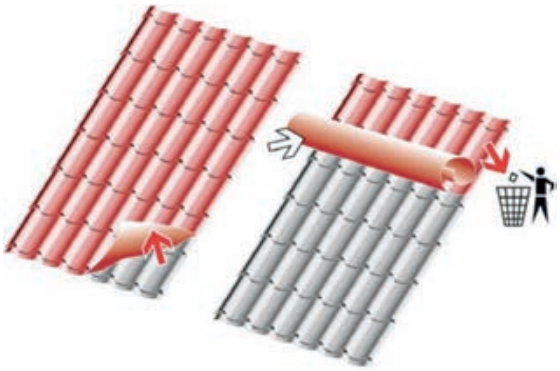
Na krovnu strukturu potrebno je postaviti najmanje dva panela. Idealan nagib panela isti je kao i kut nagiba krovne površine *(Slika 3-41).*

Na kontaktnu je površinu između panela i krovnog materijala moguće postaviti zaštitni sloj površine (folija ili tkanina) kako bi se smanjio rizik od oštećenja donje strane krovnog materijala *(Slika 3- 42)*. Ljestve također mogu zamijeniti dva panela. Kada stvorite takvu nagnutu površinu možete sigurno povući krovni materijal na površinu krova. Prilikom podizanja krovnog materijala nemojte stajati ispod njega!

Limene ploče ne smiju se nikada podizati s drugim pločama prilikom uzimanja ploča s paleta. Proizvode uvijek vadite iz pakiranja podizanjem, umjesto povlačenjem, kako bi se spriječila oštećenja zaštitnog pokrova. Svi oštri rubovi nastali nakon uređivanja rubova krovnog materijala mogu izazvati oštećenje obojene površine.



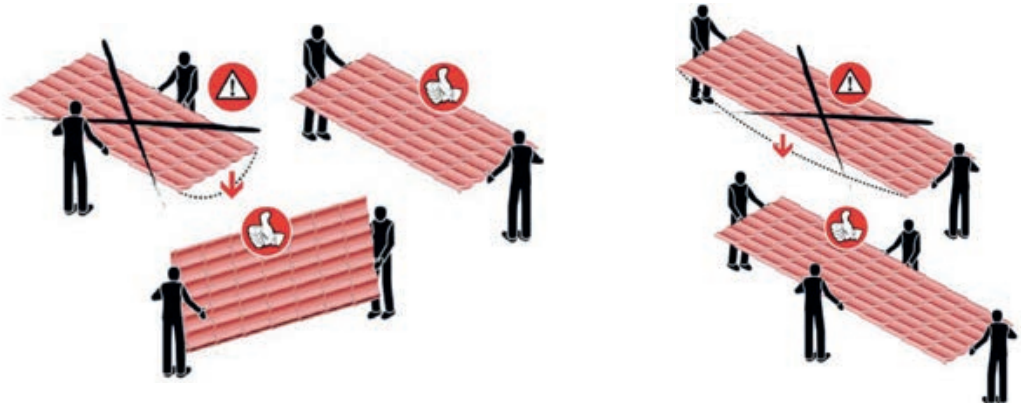
Slika 3-41 *Pravilno podizanje ploča na krov [237]*



Slika 3-42 *Skidanje zaštitne folije [237]*

Potrebna su najmanje dva radnika kako bi se uklonili mali (manji od 2 m) krovni materijali s paleta. Za uklanjanje većih komada potrebna su najmanje četiri radnika.

Ispravno držanje i rukovanje krovnim materijalom objašnjeno je na slici. Ispravno mjesto držanja materijala tijekom rukovanja je na uzdužnom ili okomitom grebenu gdje je materijal ojačan i neće se saviti te izazvati trajnu deformaciju *(Slika 3-43).*



Slika 3-43 *Pravilno rukovanje pločama [237]*

3.3.2.1.3.7 Parametri izrade potpornih struktura za krovove

Parametri letvi - korištenje limenog krovnog pokrova ne zahtijeva potpunu oblogu krovne površine. Ovaj materijal ima relativno nisku masu, oko 5 kg/m^2, što znači da je njegova masa relativno beznačajna u odnosu na opterećenje krova, što je važno kod oblikovanja strukture i određivanja spojeva letvica. U obzir valja uzeti sljedeće parametre:

A. Snježno područje na kojem je objekt smješten;

B. Nagib krova;

C. Aksijalni razmak krovnih nosača.

	Zona snijega	Gustoća snijega	I	II	III	IV	V
	Sk- karakteristično svojstvo snijega na tlu (kN/m^2)		0,75	1,05	1,5	2,25	>2,5
	Referentni izračun u odnosu na masu snijega (kg/m^2)*		75	105	150	225	>250
Referentni izračun snježnog pokrivača (cm)*	**Svjež**	**100 kg/m^3**	**75 cm**	**105 cm**	**150 cm**	**225 cm**	**>250 cm**
	Spušten (nekoliko sati ili dana nakon što je snijeg pao)	**200 kg/m^3**	**37,5 cm**	**53 cm**	**75 cm**	**112,5 cm**	**125 cm**
	Star (nekoliko tjedana ili mjeseci nakon što je snijeg pao)	**300 kg/m^3**	**25 cm**	**35 cm**	**50 cm**	**75 cm**	**83 cm**
	Mokar	**400 kg/m^3**	**19 cm**	**26 cm**	**37,5 cm**	**56 cm**	**62,5 cm**

** Referentni izračun za karakterističnu vrijednost snijega*

Tablica 3-4 *Standardna opterećenja snijegom [237]*

Za pojednostavljivanje procesa oblikovanja mogu se koristiti sljedeći elementi:

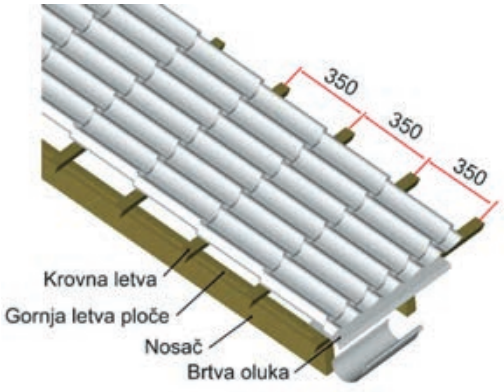
1. Opterećenje snijegom:
   i. Grupa A: Snježne zone I., II. i III.
   ii. Grupa B: Snježne zone IV. i V. (planinska i brdska područja);
2. Aksijalni razmak nosača za obiteljske kuće iznosi 900 do 1100 mm;
3. Inherentna masa krovnog materijala nema utjecaja na strukturalno oblikovanje (oko 5 kg/m^2).

Ovako možemo pojednostaviti pravila određivanja dimenzija letvica:

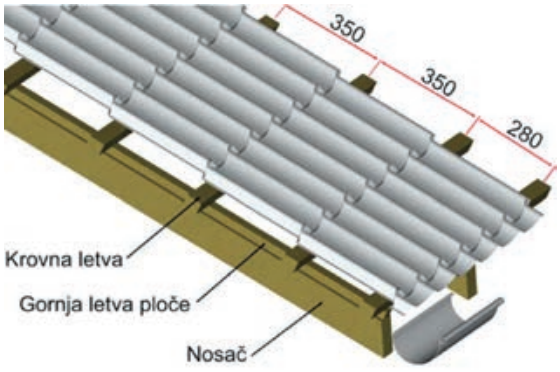
- Krovne letve 50x40 mm za snježne zone u Grupi A i za krovne nagibe iznad 20° i razmake nosača do 900 mm;
- Krovne letve 60x40 mm za snježne zone u Grupi B i za krovne nagibe manje od 20° i razmake nosača do 1100 mm.

Ova pojednostavljena pravila ne zamjenjuju profesionalni izračun i procjenu krovne strukture te njenih pojedinih komponenti, što obavlja certificirani projektant. Stvaran postupak dizajna složen je i na njega utječe niz čimbenika, te ovaj postupak treba prepustiti stručnjaku za oblikovanje tog područja. Ova je pojednostavljena verzija iskorištena samo kao primjer.

Ugradnja letvi ispod pokrovnog materijala - Sve su krovne letve osigurane na isti način. Vrh prve krovne letve mora biti okomit na gornju letvu ploče postavljenu na nosaču *(Slika 3-43 i Slika 3-44)*.



Slika 3-44 Razmak letvi - koristi se lim oluka [237]



Slika 3-45 Razmak letvi - ne koristi se lim oluka [237]

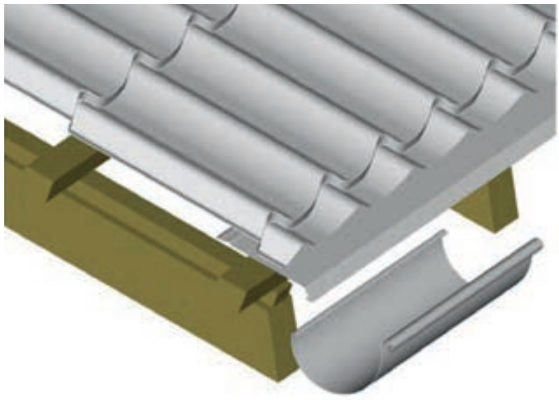
S limom na strehi *(Slika 3-46)*

Razmak od 350 mm za krovne letve isti je i za sve druge krovne letve kada se koriste krovni moduli 350; krovni materijal ne umeće se u oluk. Posljednja krovna letva pored vrha nalazi se oko 50 mm od samog vrha. Prije osiguravanja krovnog materijala lim na strehi prvo se ugrađuje na prvu krovnu letvu; taj se lim umeće na najmanje 1/3 širine oluka. Krovni se materijal potom osigurava na krovnoj letvi pomoću krovnih vijaka u donjem dijelu grebena ispod offseta. Donja rubna brtva treba biti umetnuta ispod lima strehe i krovnog materijala. Razmak krovnih letvi iznosi 400 mm za krovne module 400.

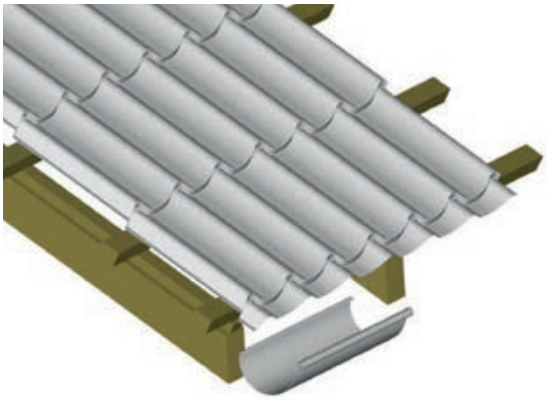
Bez lima na strehi *(Slika 3-47)*

Razmak od 350 mm za krovne letve isti je i za sve druge krovne letve kada se koriste krovni moduli 350, osim prvog procjepa koji iznosi 280 mm i krovni se materijal ugrađuje na najmanje 1/3 širine oluka. Prvi procjep mora biti prilagođen ako se krovni materijal ugrađuje u oluk. Prva se krovna letva osigurava s gornje strane okomito na prvu letvu ploče ugrađenu na nosaču (15 ili 20 mm). Posljednja krovna letva pored

vrha nalazi se oko 50 mm od samog vrha. Krovni se materijal osigurava na krovnoj letvi pomoću krovnih vijaka na donjem dijelu grebena ispod offseta i na prvoj letvi na donjem dijelu grebena.

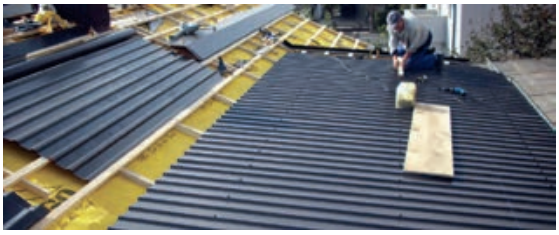


Slika 3-46 *S limom na strehi [237]*



Slika 3-47 *Bez lima na strehi [237]*

3.3.2.1.3.8 Podloga za krov - vodopropusnost, oblikovanje i ugradnja



Slika 3-48 *Primjer polaganja lima na kontraletve i letve [239]*

Ispravan odabir, korištenje i postavljanje podloge za krov ključni su za funkcionalnost krova. S izolacijskim materijalom krova koristi se difuzijska barijera visoke učinkovitosti . Podloga za krov postavlja se izravno na krovnu strukturu. Polaganje počinje paralelno s rubom i ide prema sljemenu. Podloga se mora preklapati pored ruba, a vrh mora biti najmanje 200 mm iznad razine zida. Privremeno pričvršćivanje podloge za nosače izvodi se spajalicama. Na vodoravnim spojevima podloga se mora preklapati oko 150 mm. Ako podlogu treba prilagoditi u uzdužnom smjeru, to se radi na nosaču, pazeći da preklapanje iznosi najmanje 100 mm. Za lijepljenje podloge koristi se dvostrana traka.

Krovni pokrov ne smije doći u izravan kontakt s mokrim ili svježim drvenim gredama, mokrim betonom, bakrom, ili pak vodom koja curi iz bakrenog materijala na sam krovni pokrov. Krovni pokrov ne smije biti izložen parama, pepelu ili cementnoj prašini. Površina za oblaganje mora biti čista (uklonjen organski otpad -lišće, grane i slično). Ako se krov povezuje s različitim vrstama podloge, može doći do pojave kontaktne korozije između krovnih materijala.

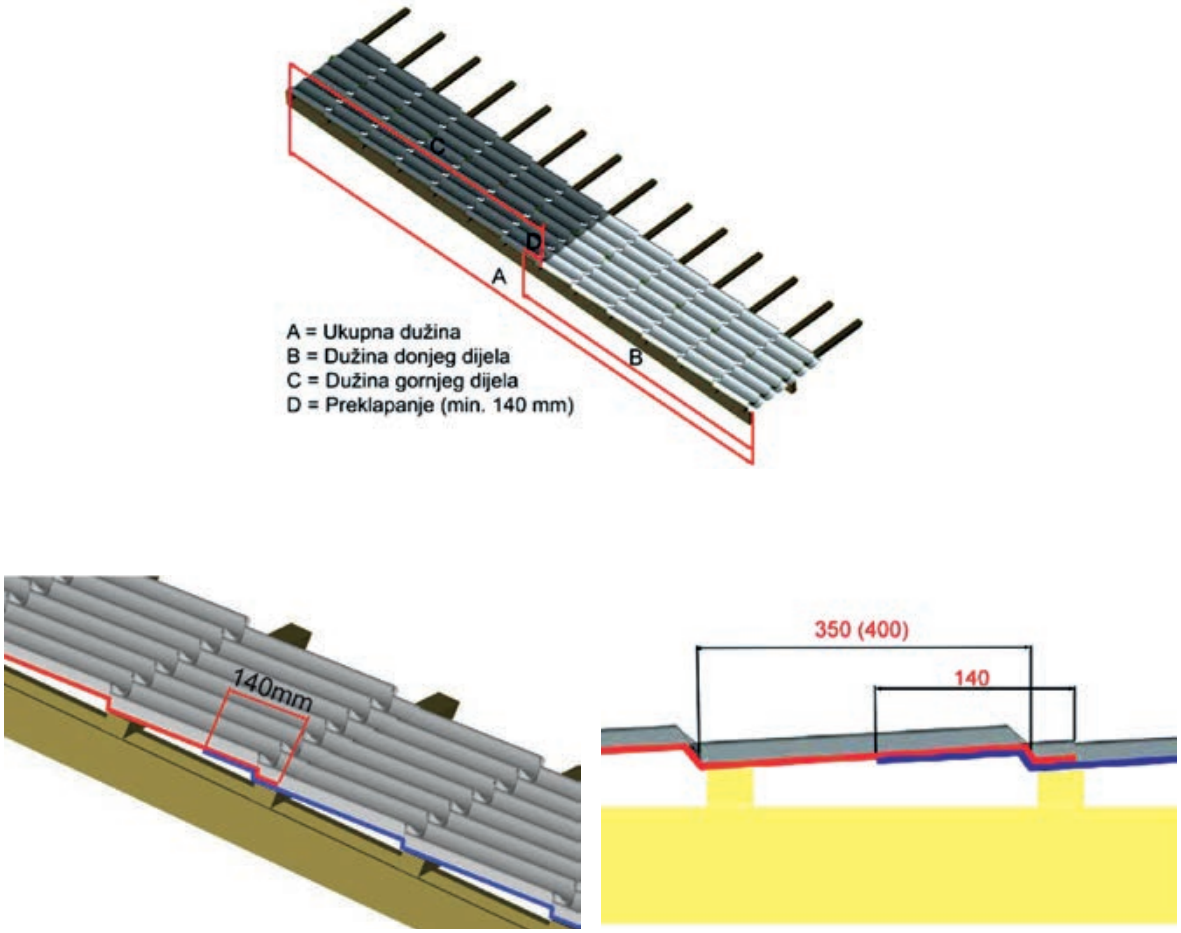
3.3.2.1.3.9 Dužine pojedinačnih limenih ploča za pokrivanje krova

Koeficijent toplinskog širenja pocinčanog čeličnog metala iznosi 3,97 mm/m/100°C. Tijekom ljetnih mjeseci metal može dosegnuti temperature od oko 80°C. Zbog takvog se toplinskog širenja preporučuje da

maksimalna dužina pojedinog komada krovnog materijala iznosi 6500 mm. Zbog jednostavnosti uporabe, preporučuje se da dužine pojedinih komada ne prelaze 4000 mm, dok preklapanje između dva komada mora iznositi najmanje 140 mm (za oba krovna modula, 350 i 400). Dužinu takvog preklapanja potrebno je uzeti u obzir kod izrade troškovnika za navedene radove.

Određivanje ispravne dužine s preklapanjima

Ako je ukupna dužina A veća od 6500 mm, potrebno je koristiti dvije krovne ploče. Preklapanje, definirano kao D, mora iznositi najmanje 140 mm. Dužina C gornjeg komada određuje se dijeljenjem ukupne dužinu A na pola. Za takvu prosječnu vrijednost dužine B donjeg komada treba koristiti stvarne dimenzije tablice kritičnih dužina, a važno je uzeti u obzir i krovni modul (350 ili 400). Kada je određena je vrijednost dužine B donjeg dijela, od ukupne dužine A oduzima se dužina B donjeg dijela, ali se dodaje preklapanje D. Rezultat je dužina C gornjeg komada, koju treba provjeriti u tablici kritičnih dužina (tablica proizvođača). Za provjeru: B+C-D=A, odnosno ukupna dužina *(Slika 3-49).*



Slika 3-49 *Određivanje ispravne dužine s preklapanjima [237]*

3.3.2.1.3.10 Ugradnja pojedinačnih dijelova

Uvjeti za početak ugradnje - pregled krova

Krovni limeni pokrov može se koristiti na krovovima s nagibom od najmanje 14°. Važno je izmjeriti i provjeriti sve dimenzije krova prije postavljanja krovnog pokrova. Rubovi i kutovi krova (od oluka do ruba i od vrha do ruba) moraju biti pod pravim kutom od 90°, a rub oluka mora biti paralelan s vrhom. Mjerenje je potrebno provjeriti na više mjesta.

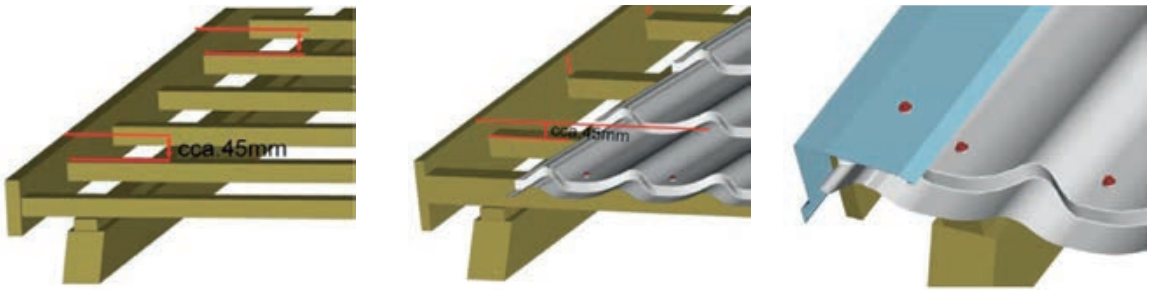


Slika 3-50 Provjeravanje točnosti izvedbe krovne konstrukcije [237]

Vrijede sljedeći uvjeti: udaljenost A = udaljenost B *(Slika 3-50)*. Male je otklone do 2 cm moguće riješiti prilagodbom letvi i lima prije postavljanja krovnog pokrova. Veća odstupanja potrebno je riješiti jer mogu predstavljati nepravilnosti na rubovima krova te dovesti do pomaka u obrascu grebena na krovnom materijalu tijekom postavljanja. Važna je i ravnina krovnih letvi kako bi se osiguralo da držači ne stvaraju valovit obrazac na površini krova, te doveli do smanjene pouzdanost preklopnih spojeva.

Daska glavnog vijenca i lim na strehi - ugradnja

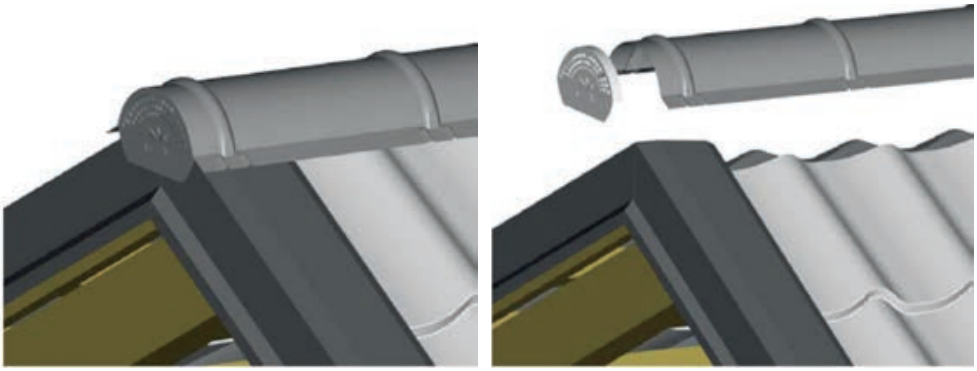
Rub daske glavnog vijenca mora biti u položaju iznad letvi prije postavljanja pokrova; a procjep mora biti visine samog pokrova. Daska glavnog vijenca širi se iznad letvi oko 45 mm (točna visina samog krovnog materijala) *(Slika 3-51)*.



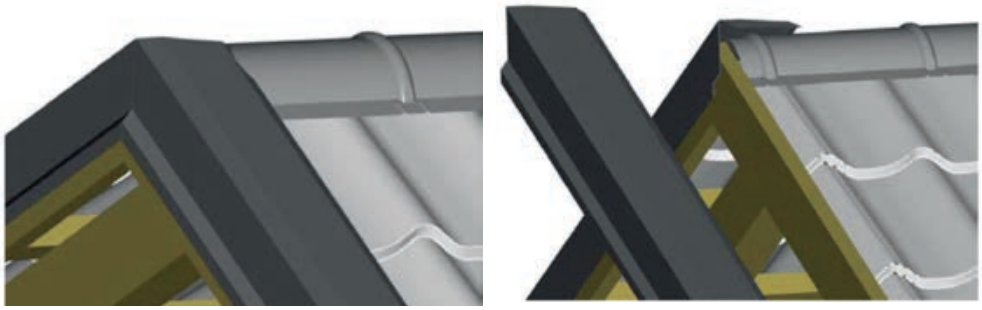
Slika 3-51 Ugradnja [237]

Sljeme se postavlja od ruba oluka do vrha. Posljednji komad sljemena mora se izrezati na odgovarajuću dužinu pri vrhu. Preklapanje sljemena mora biti najmanje 100 mm. Sljeme mora preklapati prvi okomiti greben na ploči krova. Sljeme se sastoji od dva dijela. Prije ugradnje krovnog materijala na letve potrebno je osigurati donji dio sljemena, donje sljeme, na dasci glavnog vijenca. Sljeme se prvo pričvršćuje na dasci glavnog vijenca, pa na letve (koristeći čavle i spajalice). Nakon postavljanja krovnog materijala treba ispravno postaviti gornji dio sljemena. Dio koji se nalazi na dasci glavnog vijenca (s razmakom od 400 mm) treba osigurati vijcima dimenzija 4,8×35, a na grebenu na ploči vijcima dimenzija 4,8×20 (s

razmakom od oko 1 m). Za završavanje sljemena pri vrhu koristi se jedna od sljedećih metoda prikazanih na *slikama 3-52 i 3-53.*



Slika 3-52 *Čelo žlijeba iznad sljemena [237]*

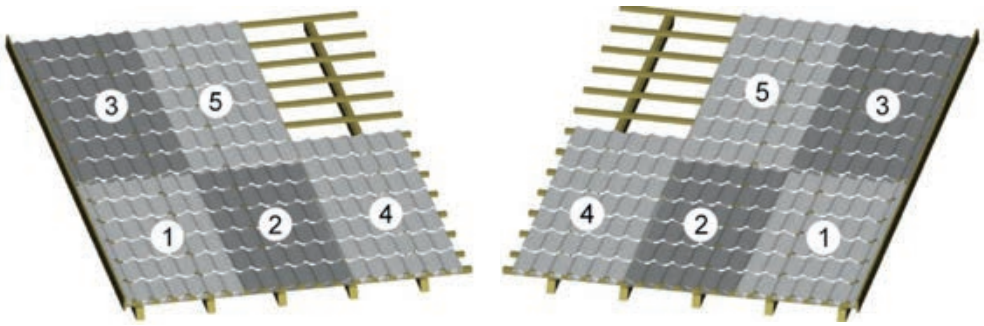


Slika 3-53 *Čelo žlijeba ispod lima na strehi [237]*

Ugradnja krovnog pokrova

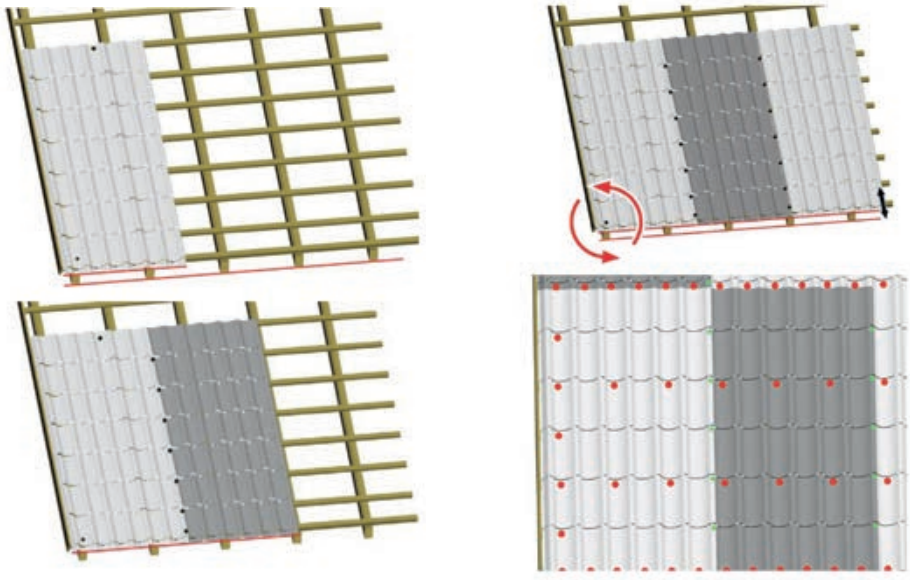
Za postavljanje krovnog materijala uvijek treba koristiti plan postavljanja proizvođača. Svu krovnu opremu potrebno je ugraditi prije samog pokrova - oluke, završetke oluka, široke limove i glavne vijence. Sloj krova može se postaviti na dva načina *(Slika 3-54)*.

Odluka o odabiru jedne ili druge metode ovisi o nizu čimbenika, uključujući oblik krovne površine (krovni prozori, oštri kutovi, dimnjaci itd.), vrstu krova, smjer vjetra, nagib krova te dužinu pojedinačnog krovnog materijala. Važno je pridržavati se pravila: žlijeb za odvod (na lijevoj strani krovnog materijala) donje ploče uvijek mora biti pokriven gornjom pločom te ne smije biti prekinut ili ometan u bilo kojoj točci vijkom (ili gubitkom cjelovitosti odvoda).



Slika 3-54 *Postavljanje s lijeva na desno, te postavljanje s desna na lijevo [237]*

Ugradnja krovnih limenih ploča



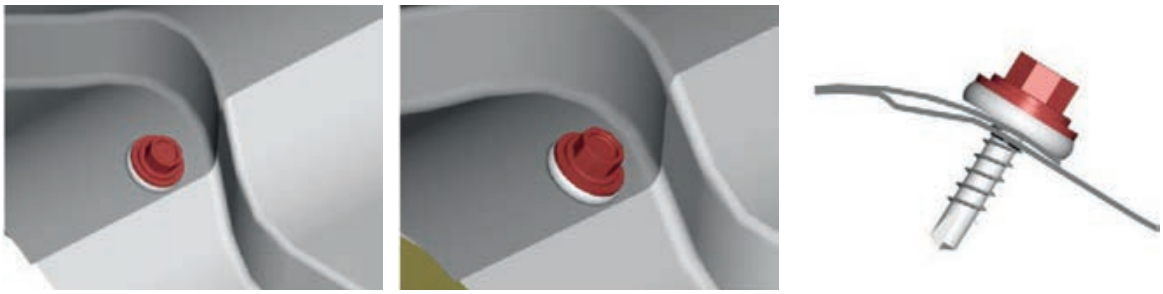
Slika 3-55 *Ugradnja krovnih limenih ploča [237]*

Nakon što je donesena odluka o načinu postavljanja, prva ploča postavlja se na stranu s koje počinje pokrivanje. Ploča mora biti ispravno smještena iznad ruba oluka (min. 40 mm) tako da se širi iznad 1/3 širine žlijeba. Pokrov treba poravnati s rubom oluka i pričvrstiti jedan vijak dimenzija 4,8×35 pored ruba oluka na letvu okvira *(Slika 3-55*). Drugu ploču treba smjestiti na prvu ploču tako da je žlijeb za odvod pokriven i da su profili poravnati s rubovima ploča uz procjep na okomitim grebenima ploča. Donji rub oluka ploča mora stvarati ravnu liniju. Vijcima treba osigurati obje ploče duž čitavog preklopa *(Slika 3-56).* Ploču osiguranu jednim vijkom u jednom od kutova treba ostaviti i pomicati se gore i dolje *(Slika 3-55),* sve dok se ne postigne željeno poravnanje donjeg dijela ploča s olukom krova. Kada se postigne ispravan položaj, pričvrstiti vijcima *(Slika 3-55)*. Važno je da svaka ploča bude ispravno pozicionirana tijekom postupka postavljanja te slobodna od bilo kakvih deformacija ili iskrivljenja. Svaka ploča mora biti okomita na rub oluka. Ukupna količina vijaka iznosi 8 po m^2 *(Slika 3-57)*. Vrh se osigurava pomoću vijaka dimenzije 4,8×20, instaliranih uz svaki drugi vrh strukture grebena *(Slika 3-59).*

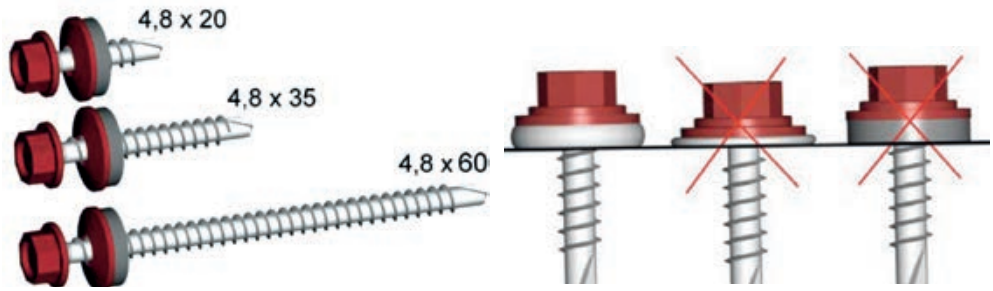


Slika 3-56 *Ugradnja krovnih limenih ploča [237]*

Vijci dimenzija 4,8×35 koriste se za sidrenje ploča na strukturu letvi, oko 1 cm ispod uzdužnog *offseta* u donjem dijelu ploče. Vijci ne smiju prekinuti ili se postavljati u odvod za drenažu!



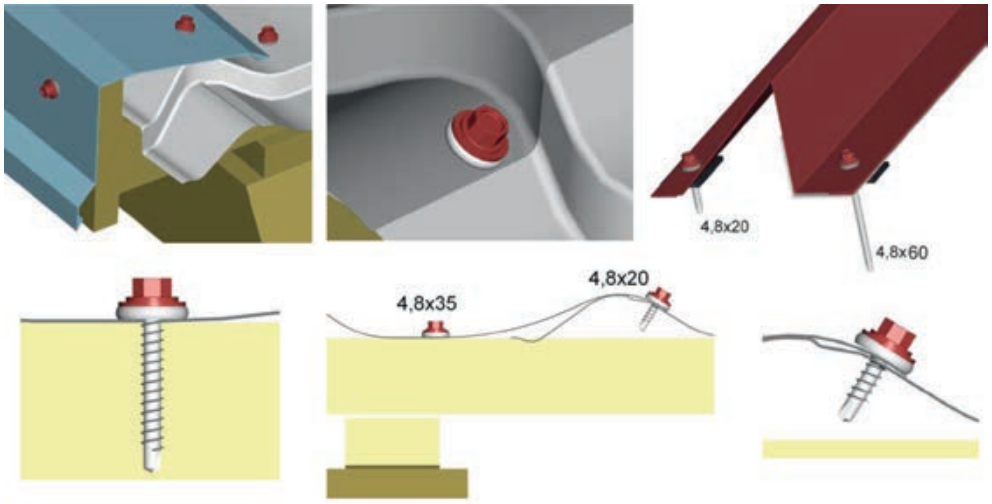
Slika 3-57 *Vijci za ugradnju krovnog pokrova [237]*



Slika 3-58 *Vijci sa samostalnim bušenjem [237]*

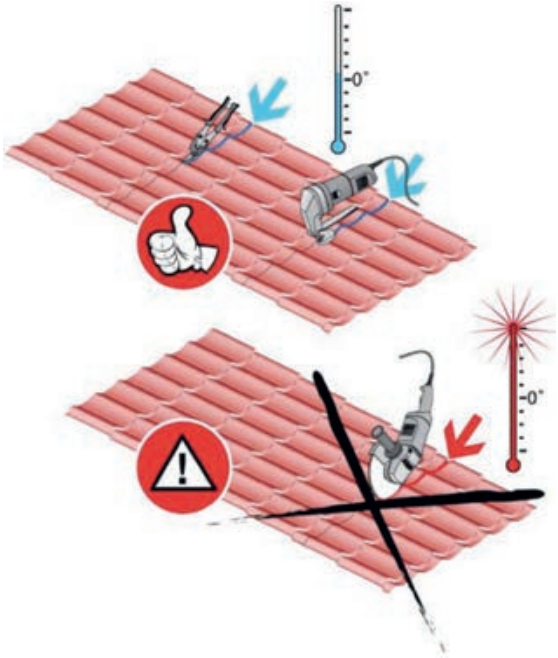
Za ugradnju krovnog pokrova koriste se vijci sa samostalnim bušenjem izrađeni od visoko kvalitetnog čelika *(Slika 3-58)*. Vijci dolaze s istom završnom obradom površine kao i krovni materijal, a sadrže i pločice koje u dnu imaju EPDM materijal zaptivača.

EPDM je sintetski polimer iznimnih fizikalnih i mehaničkih svojstava, uključujući otpor na atmosferske uvjete i niz kemikalija. Pločice i zaptivači osiguravaju nepropusnost spoja.



Slika 3-59 *Ispravno postavljanje i zatezanje vijaka [237]*

- Ako rubove pod kutom treba ispraviti ili su ravni rubovi krovnog materijala predugi, treba slijediti upute: sve rubove rezati na tlu ili na tvrdoj podlozi *(Slika 3-60).*
- Za rezanje materijala koriste se ručni rezači ili električni rezači.
- Za rezanje metalnih ploča nikad se ne smije koristiti kutna drobilica s rezačem, ako je rub bio izložen toplini koja uništava zaštitni pokrov i smanjuje vijek trajanja.
- Krhotine i trganje mogu izazvati bržu pojavu hrđe.
- Zabranjeno je korištenje kutne drobilice s kotačem rezača!
- Ako se ploča reže na krovu, treba ukloniti sve krhotine i komadiće stvorene tijekom rezanja.
- Koristiti korozivnu olovku kako bi se popravila boja koja je oštećena na mjestima rezanja.
- Koristeći otopinu na bazi benzina, potrebno je očistiti oštećenu površinu (korekcijska olovka ili boja).



Slika 3-60 *Rezanje limenih ploča [237]*

Snjegobrani

Funkciju snjegobrana na krovnom limu obavlja linijski snjegobran koji svojim značajkama jamči izdržljivost i funkcionalnost pri velikim količinama snijega. Zadatak je snjegobrana okolinu objekta zaštititi od iznenadnih padova snijega s krova. Također štiti žlijeb od preopterećenja uslijed nakupljanja i klizanja snijega

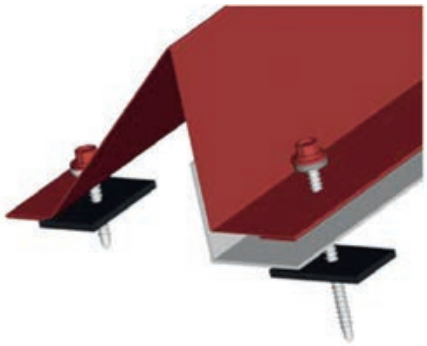
s krova što bi u protivnom izazvalo oštećenja istoga *(Slika 3-61, Slika 3-62)*.

Snjegobrani se ugrađuju:

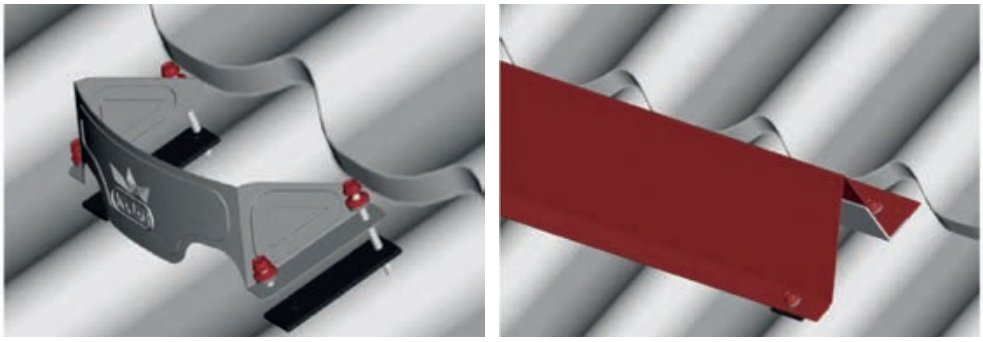
- na mjestima gdje padanje snijega s krova može predstavljati rizik za pješake ili imovinu,
- gdje se snijeg sakuplja zbog pomaka na krovu (npr. u nizinama),
- gdje bi pomicanje snijega moglo oštetiti krovnu strukturu ili krovne ploče,
- držači snijega koriste za zadržavanje snijega na krovu koji se ponaša kao dodatna izolacija.



Slika 3-61 *Držač snijega (gore-dolje) [237]*

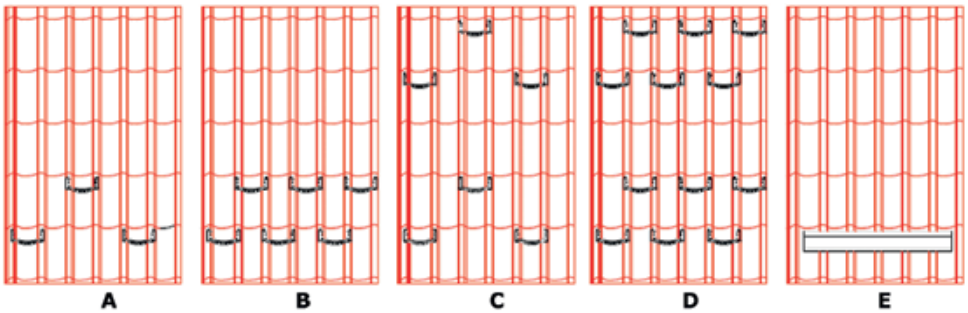


Slika 3-62 *Snježna barijera [237]*



Slika 3-63 *Snježna barijera ugrađena na krovu [237]*

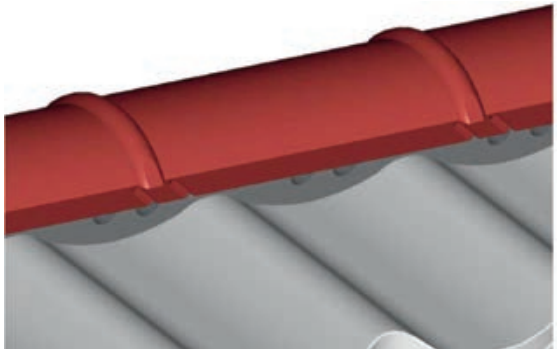
Snježna se barijera sastoji od stvarne komponente barijere koja je duga 2 m i u boji krova, "L" podupirača dužine 2 m, sidrišnih vijaka i EPDM pločica. Korištenje snježnih barijera preporučuje se u područjima s visokim nanosima snijega *(Slika 3-63 i Slika 3-64)*.



Slika 3-64 *Definiranje vrste snježne zaštite, smještaja i minimalne količine na površini krova [237]*

Sljeme krova

Za pokrivanje sljemena krova koji je pokriven krovnim limom u načelu se koristi polukružno sljeme koje svojim izgledom u potpunosti prati izgled krovnog lima te time ne narušava njegov estetski izgled *(Slika 3-65, Slika 3-66, Slika 3-67 i Slika 3-68).* Ispod sljemena, ako je u pitanju neventilirani krov, postavlja se profilirana ispuna koji prati oblik lima i popunjava otvor između sljemena i krovnog lima. Sljemena se koriste za zatvaranje krovnih površina na vrhu i u kutovima. Broj sljemena ovisi o vrsti krova. Za precizan izračun, potrebno je izmjeriti dužinu sljemena, dužinu kutova i dužinu sljemena krovnih prozora, te dobivene dimenzije usporediti s dimenzijama standardnih dužina (1920, 2820, 4020 mm); potom se može naručiti dužina sljemena koje je potrebna.



Slika 3-65 *Sljemenjak [237]*



Slika 3-66 *Sljeme [240]*



Slika 3-67 *Vršni otvor za ventilaciju [237]*

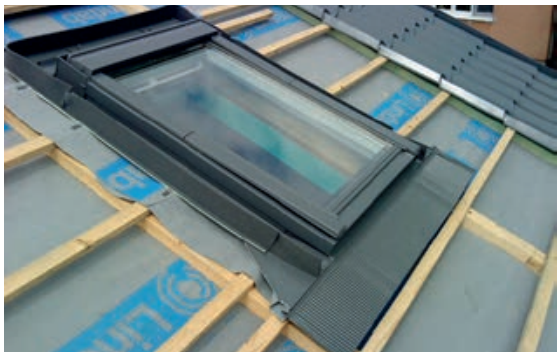


Slika 3-68 *Sljemen-na sljemenima i kutovima [237]*



Slika 3-69 *Ugrađeni krovni prozor [129], [13]*

Kod ugradnje krovnih prozora, potrebno je odvojiti i ukloniti krovni materijal na mjestu ugradnje *(Slika 3-69, Slika 3-70 i Slika 3-71)*. Donji kraj ploče ispod ugrađenog prozora mora završavati na udaljenosti koju je naveo proizvođač prozora (najčešće između 60 i 80 cm). U nekim slučajevima donja ploča krova dolazi tik do samog krovnog prozora. To ovisi o grebenima u samom krovnom materijalu te o minimalnom preklapanju krovnih ploča od 140 mm, koje je potrebno održati. Donji krovni materijal koji dolazi u dodir s krovnim prozorom treba privremeno odložiti, te najprije postaviti lim za krovni prozor (temeljem uputa proizvođača prozora) i zatim zamijeniti gornju krovnu ploču čim se dovrši opšav limom za krovni prozor. Prije ugradnje, potrebno je prilagoditi materijal ovisno o načinu kontakta krovnog prozora i pojedinačnih ploča metalnog krova. Preklapanje donjih i gornjih metalnih ploča mora iznositi barem 140 mm.



Slika 3-70 *Ugradnja krovnog prozora: ugrađeni krovni prozor [241]*



Slika 3-71 *Ugrađeni krovni prozor [241]*



Slika 3-72 *Pokrivanje limenim profiliranim pločama u obliku crijepa [242]*

3.3.2.2 Samouklapajući, unaprijed savijeni lim –„klik profil“

Unaprijed savijeni lim za krov – **„klik profil“** *(Slika 3-73)* noviji je proizvod od tradicionalnog ravnog lima. Klik profil izrađen je od toplo valjanog galvaniziranog bojenog čvrstog čelika koji je pripremljen i savijen u proizvodnji. Proizvod je čvrst i izdržljiv, a zbog profiliranja u „klik“ sustav čini ugradnju na gradilištu vrlo jednostavnom. To je vrlo jednostavan krovni profil, ali samo u slučaju jednostavnih tipova krova s malo prodora kroz krovnu konstrukciju. Prednost samouklapajućeg krovnog lima jest mogućnost primjene kod velikog broja raznih krovnih potkonstrukcija.

Ugradnja se može izvesti jednoslojno, na ravnu ploču ili krovne letve, kao i dvoslojno, u kombinaciji s trapezno profiliranim limovima. Inovativan profil omogućava pokrivanje cijelog krova bez vidljivog vijka, a ojačanja po dužini profila mu daju specifičan izgled.

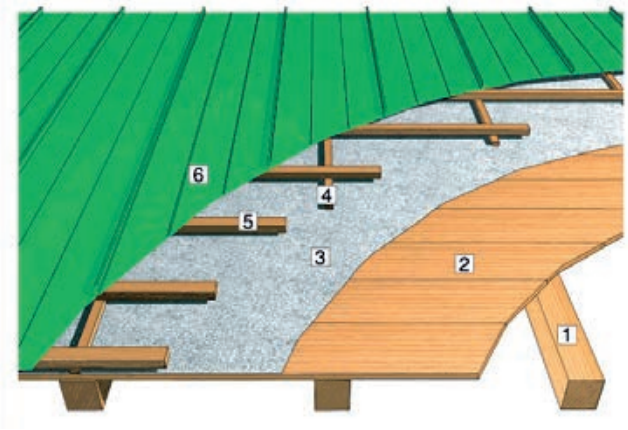


L – dužina prema želji kupca

Slika 3-73 *Samouklapajući lim, tzv. „klik profil“ [243]*

3.3.2.2.1 Priprema potkonstrukcije

Krovni profil može se primijeniti na krovovima s minimalnim padom od 3 %. Postavlja se na ravnu-podaščanu ili poletvanu potkonstrukciju. Prije ugradnje krovnog lima postavlja se paropropusna-vodonepropusna folija, a pričvršćivanje krovnog profila izvodi se na svakih 30 do 50 cm *(Slika 3-74)*. Prije ugradnje provjerava se ugao krova, tj. je li krovna konstrukcija postavljena pod 90°. U slučaju da geometrija krova nije pod pravim kutom, potrebno je odrediti kolika su odstupanja. O veličini odstupanja ovisi i način na koji će biti ispravljena -bočnim rezanjem ili malim korekcijama na spojevima ploča.

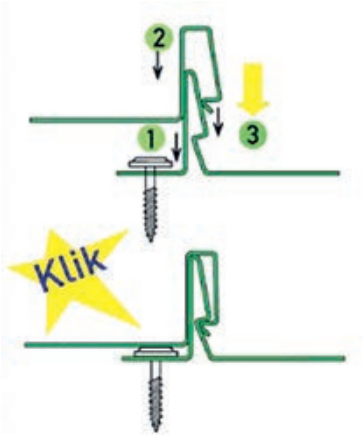


1. *Rog*
2. *Dašćana podloga*
3. *Paropropusna-vodonepropusna folija*
4. *Letve 20×30*
5. *Poprečne letve 30×50*
6. *Samouklapajući krovni lim*

Slika 3-74 *Slojevi limenog krovnog pokrova-„klik profila“- samouklapajući lim [243]*

3.3.2.2.2 Ugradnje “ klik profila“

U slučaju pokrivanja samo jednim slojem lima, preporučuje se daskanje čitave krovne ploče. Na tako pripremljenu podlogu postavlja se folija, nakon čega se izvodi letvanje krova postavljanjem uzdužnih letvi i po njima poprečnih letvi na razmaku od 30-50 cm.



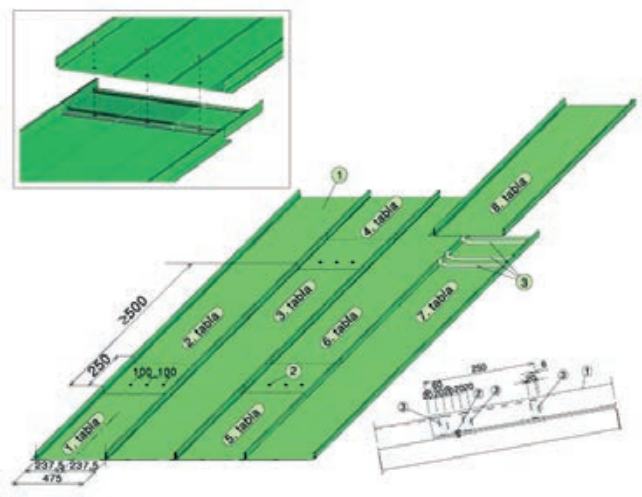
Slika 3-75 *Ugradnja “ klik profila“ [243]*

Ploče se mogu ugraditi i izravno na foliju, bez prethodnog letvanja. Također, ugradnja se može izvesti i na pripremljenu čeličnu potkonstrukciju.

Uzdužno sastavljanje ploča neophodno je ako se, iz opravdanih razloga, prekrivanje izvodi s dvije ili više ploča u jednom okomitom nizu *(Slika 3-76).* Na krovovima s padom manjim od 8 % (1:7) preklop treba biti minimalno 500 mm.

Kod krovova s padom većim od 8 % minimalni preklop dvije ploče iznosi 250 mm. Kao i kod ostalih krovnih pokrova, ugradnja počinje olukom i oluk lajsnom koja zatvara prostor između oluka i krovnog lima. Zidni opšav, tj zidna lajsna se postavlja na mjestima gdje pokrov dolazi do zida, a ima ulogu zaštite od prodora vode, odnosno sprječava vlaženje zidova, te prikuplja padaline i odvodi ih do oluka/žlijeba.

Postavljanje zidnih opšava izvodi se nakon ugradnje krovnog pokrova. Osnovne funkcije vjetar lajsni su zaštita krovnog lima od bočnog djelovanja vjetra, zaštita rogova opšavom i oblikovanje krova. Vjetar lajsna ugrađuje se nakon ugradnje krovnog lima.



1. *Samouklapajući profil*
2. *Slijepa nitna ø 4,8×8,3*
3. *Trajno elastična brtvena (dihtung) traka – jednostrana*

Slika 3-76 *Način uzdužnog sastavljanja ploča [243]*

3.3.2.2.3 Izgled „klik profila“

Obični klik profil

Obični klik profil *(Slika 3-77)* moguće je koristiti čak i za krovove sa 7° nagiba, ukoliko su ispunjeni svi uvjeti koje zahtjeva proizvođač u uputama, kao i za krovove nagiba 14°-20°. Preporučuje se neprekinuta, ravna podloga.

Dizajnirani klik profil

Dizajnirani klik profil *(Slika 3-78)* razlikuje se od običnog klik profila jer ima dva ojačanja između „falceva“, koja daju poseban, drugačiji izgled krovnoj površini. Osim razlike u izgledu, druga važna razlika je tehnička jer postoji veća napetost profila zahvaljujući ovakvom dizajnu. Dizajnirani klik profil ne zahtjeva neprekinut podlogu, nego razmaknute ili zbijene rastere tj. nosače. Ova vrsta krovnog pokrova preporučuje se za krovove većeg nagiba, preko 22°.



Slika 3-77 *Obični klik profil [244]*



Slika 3-78 *Dizajnirani klik profil [244]*



Slika 3-79 *Detalj strehe [245]*

3.4 TOPLINSKO-IZOLACIJSKI SENDVIČ KROVNI PANELI

Sastoje se od srednjeg toplinsko-izolacijskog sloja (mineralna vuna MW, poliizocijanurat IPN ili poliuretan PUR) i metalnih obloga od profiliranih ili ravnih aluminijskih ili čeličnih limova (Slika 3-80).



MW PIR *IPN*

Slika 3-80 *Prikaz presjeka krovnih toplinsko-izolacijskih panela [246], [247]*

Minimalni nagib krovnih ravni je 10,5 % ($\alpha = 6°$). Prema metalnoj oblozi razlikujemo:

- Aluminijske sendvič panele, težine 15-20 kg/m^2, maksimalnog razmaka oslonaca potkonstrukcije 3,5 m.
- Čelične profilirane sendvič panele, težine: 25-35 kg/m^2, maksimalnog razmaka oslonaca podkonstrukcije 7,0 m.

3.4.1 Općenito o toplinsko-izolacijskim krovnim panelima

Krovni toplinsko-izolacijski paneli dolaze u raznim širinama i debljinama, a standardna modularna širina iznosi 1000 mm. Tehničke značajke obično ovise o materijalu ispune panela:

- ponašanje u požaru
  - **B-s1, d0** za isophenic – IPN i PIR
  - **A2-s1, d0** za mineralnu vunu – MW
- otpornost na požar
  - **REI 15 – REI** 30 te **RE 30 – RE 90** za IPN i PIR
  - **REI 60** te **RE 180** za MW
- toplinska provodljivost
  - **0,018** W/mK za IPN
  - **0,025** W/mK za PIR/PUR,
  - **0,034-0,042** W/mK za MW
- zvučna izolacijska moć Rw
  - **24-29 dB** za IPN i PIR
  - **31-35 dB** za MW

Dodatno, o materijalu ispune krovnih toplinsko-izolacijskih panela ovisi i njihova masa, a posljedično i cijena potkonstrukcije i nosive konstrukcije (zbog presjeka i količine elemenata, potrošnje materijala te ugradnje). Također, njihova trajnost vezana je uz ponašanje materijala ispune, pa je tako kod mineralne vune zabilježeno njezino slijeganje (pojava toplinskih mostova), kao i gubitak toplinskih svojstava s vremenom.

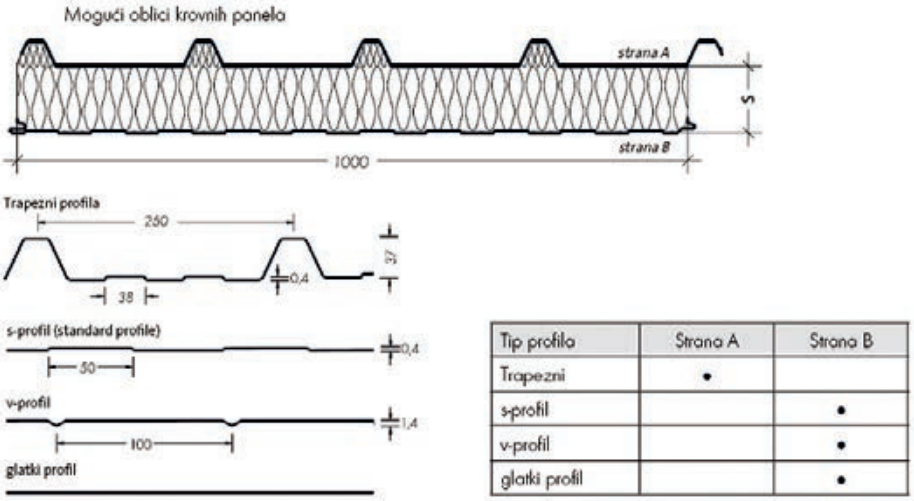
Prikladni su za poslovne, trgovačke, reprezentativne, kao i za industrijske građevine. Toplinsko-izolacijski paneli pričvršćuju se na krovne grede, koje su postavljene na određene razmake i ujedno čine nosivu krovnu konstrukciju (Slika 3-81).



Slika 3-81 *Prikaz pričvršćenja krovnih toplinsko-izolacijskih panela [248], [249]*

3.4.1.1 Oblik i sastav toplinsko-izolacijskog krovnog panela

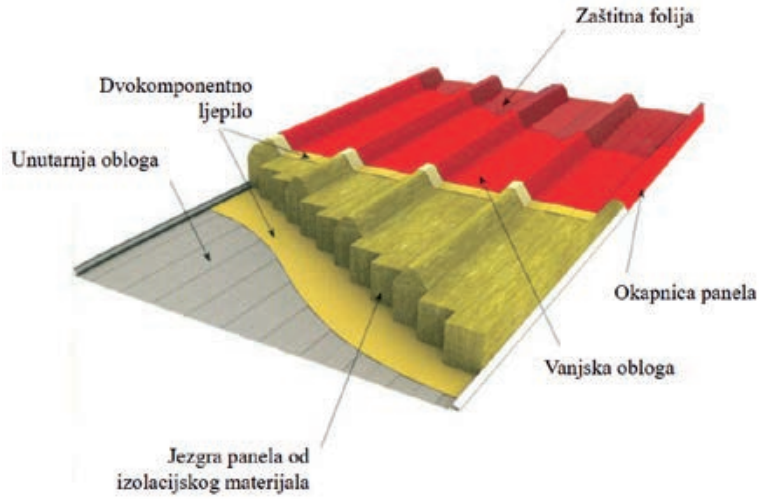
Gornji lim jedinstvenog je trapeznog oblika, a za donji lim postoje tri opcije: standardni, glatki i v-profil (Slika 3- 82).



Tip profila	Strana A	Strana B
Trapezni	•	
s-profil		•
v-profil		•
glatki profil		•

Slika 3-82 *Mogući oblici krovnih toplinsko-izolacijskih panela [250]*

Paneli mogu biti otporni na požar, pri čemu oznake RE (E-integritet panela) i REI (E-integritet panela, I-toplinska izolacija) označavaju požarnu otpornost nosivih elemenata, dok broj uz njih označava vrijeme u minutama u kojem paneli zadovoljavaju zahtijevana svojstva. Paneli se sastoje od jednog plitkog i jednog duboko profiliranog, obostrano pocinčanog i obojenog čeličnog lima debljine 0,5 mm ili 0,6 mm. Lim je prilijepljen na jezgro panela od MW, PIR-a PUR-a ili IPN-a *(Slika 3-83)*. Sva tri sloja čine kompaktan panel debljine od 60 do 200 mm, koji osigurava potrebnu nosivost, toplinsku i zvučnu izolaciju te otpornost na požar. Paneli imaju na površini prilijepljenu zaštitnu polietilensku foliju, čija je funkcija zaštita tijekom prijevoza, skladištenja i ugradnje. Nakon završetka ugradnje, folija se odstranjuje. Dužina panela je do 14 m.



Slika 3-83 *Prikaz tipičnih slojeva krovnih toplinsko-izolacijskih panela [251]*

3.4.1.2 Antikorozivna zaštita lima

Koriste se dvije vrste antikorozivne zaštite lima:

- zaštita na bazi poliestera oznake SP - standardna zaštita,
- zaštita na bazi polivinilidenfluorida oznake PVDF - po želji korisnika.

Čelični lim prethodno je toplo pocinčan (debljina nanosa cinka je 275 g (Zn)/m²). Postupak bojenja lima takozvano je bojenje pomoću valjaka i sušenje u peći na temperaturi min. 200°C.

Dozvoljeni razmaci između nosača određuju se ovisno o izabranoj debljini panela, opterećenju i širini nosača. Točni razmaci između nosača izračunavaju se za svaku građevinu posebno. Izbor vrste i debljine panela određuje se ovisno o željama naručitelja, odnosno u skladu sa zakonskim propisima jer debljina panela ima izravan utjecaj na samu nosivost panela, toplinsku i zvučnu izolaciju, a time i na toplinsku stabilnost cijele konstrukcije.

3.4.1.3 Načini pričvršćivanja

Glavni čimbenici koji utječu na izvođenje pričvršćivanja jesu:

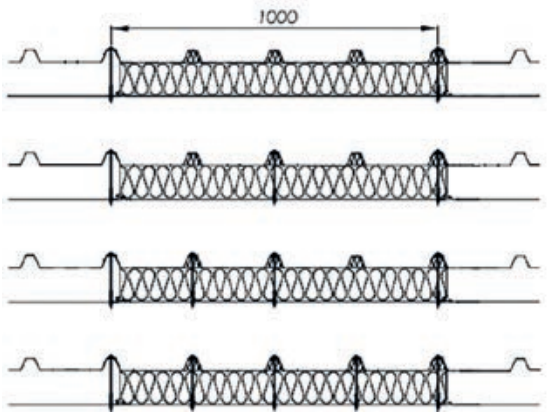
Opterećenje vjetrom:

- osnovno opterećenje vjetrom;
- visina zgrada iznad terena;
- položaj na krovu (rubna i ugaona područja izloženija su naletu vjetra);

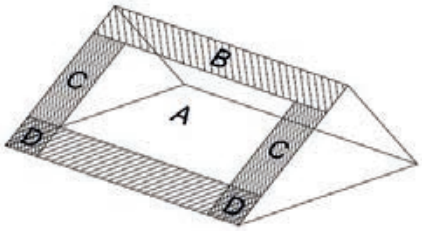
Tip građevine:

- otvorene,;
- djelomično otvorene;
- zatvorene građevine.

S obzirom na navedene utjecaje, na krovu se javljaju i različita opterećenja, a tome mora biti prilagođen i način pričvršćivanja *(Slika 3-84 i Slika 3-85).*



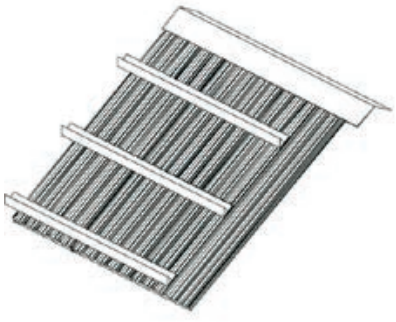
Slika 3-84 *Raspored vijaka na panelima; 1×, 2×, 3×, 4× [250]*



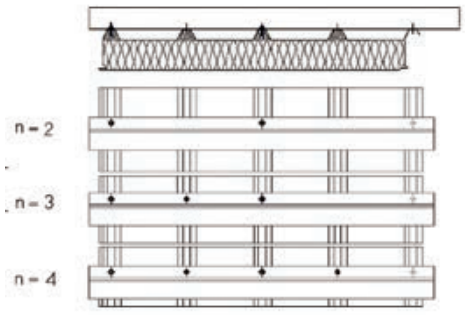
Slika 3-85 *Važna mjesta pričvršćivanja [4]*

3.4.1.4 Snjegobrani

Ugradnja snjegobrana preporučuje se na svim građevinama gdje bi odron snijega mogao predstavljati opasnost za ljude ili imovinu. Za krovne panele koriste se linijski snjegobrani, izrađeni od pocinčanog obojenog čeličnog lima. Linijski snjegobrani uglavnom se pričvršćuju pomoću vijaka, koji se koriste i za pričvršćivanje panela na grede. *Slika 3-86 i Slika 3-87* prikazuju način pričvršćivanja i položaja snjegobrana.



Slika 3-86 *Položaji snjegobrana [4]*



Slika 3-87 *Broj vijaka po širini jednog panela [4]*

Prvi snjegobran kod strehe mora biti pričvršćen na mjestu prve krovne pozicije.

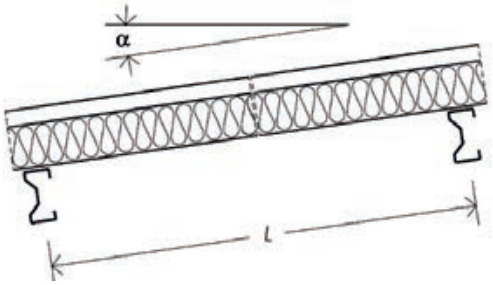
3.4.2 Ugradnja toplinsko-izolacijskih krovnih panela

Krovni paneli učvršćuju se u krovne nosive grede od čelika, drveta ili betona s ugrađenim čeličnim profilom minimalnih dimenzija 60/40/3 *(Slika 3-88)*. U slučaju učvršćivanja u drvo najčešće se rabe lamelirani lijepljeni nosači, a ako je potkonstrukcija od masivnog drveta, potrebno je dodati lim.



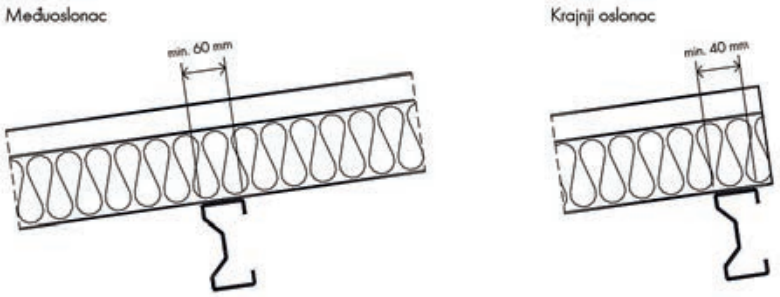
Slika 3-88 *Ugradnja panela na nosače [252]*

Najmanji krovni nagib kod ovog krovnog pokrova je 3° (~5%). Treba uzeti u obzir najveći dozvoljeni razmak između nosača, kako prikazuje *Slika 3-89.*



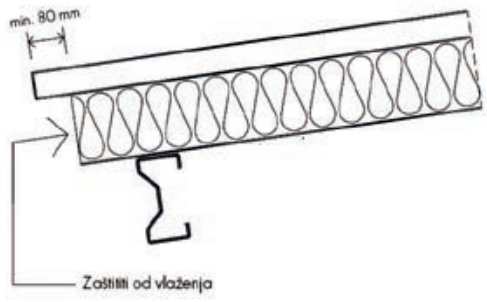
Slika 3-89 *Dozvoljeni raspon nosača i nagib krova [252]*

Minimalna širina nalijeganja panela na međuoslonac iznosi 60 mm, a na krajnji oslonac - 40 mm.



Slika 3-90 *Minimalne širine oslanjanja [252]*

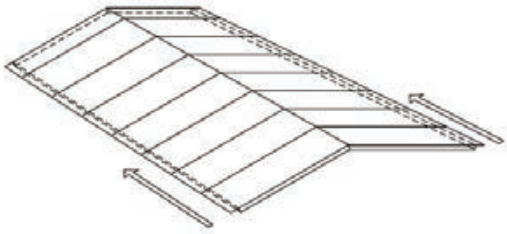
Prije postavljanja prvoga panela treba provjeriti pravilnost geometrije potkonstrukcije. Prvi panel postavlja se u krajnju poprečnu os objekta odgovarajućim poravnavanjem pod pravim kutom u odnosu na uzdužnu os objekta. Paneli moraju imati na kraju izvedenu okapnicu dužine cca 80 mm kako bi se spriječilo vlaženje izolacije u panelu *(Slika 3-91, Slika 3-92, Slika 3-93).*



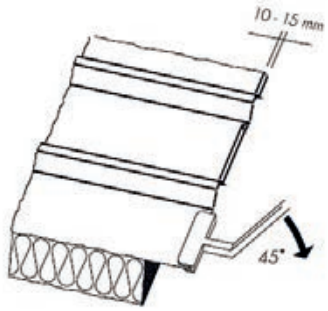
Slika 3-91 *Okapnica panela [252]*



Slika 3-92 *Okapnica može biti lijeva ili desna [250]*



Slika 3-93 *Istovremena ugradnja na dvije strane krova [250]*



Slika 3-94 *Savijanje lima na strehi [250]*

Bez obzira na nagib krova, lim na panelu u okapnici između profilacija treba se dodatno savijati prema dolje pod kutom 45° - 60° *(Slika 3-94)* pomoću odgovarajućeg limarskog alata.

Svi paneli imaju na gornjoj i donjoj strani zaštitnu foliju za zaštitu lakiranih površina od mogućih ošte-

ćenja tijekom prijevoza, rukovanja i ugradnje. S donje se strane folija odstranjuje neposredno prije ugradnje pojedinačnog panela, a na gornjoj strani neposredno prije završetka radova. Na mjestima gdje je to potrebno, odstranjuje se već tijekom same ugradnje (npr. na uzdužnom spoju dva panela, ispod vijka, opšava, i dr. - *Slika 3-95.*

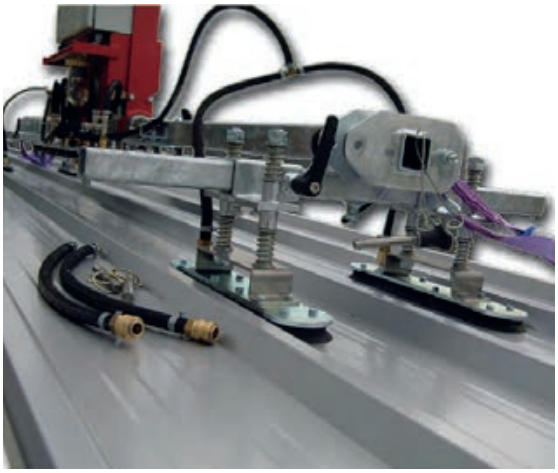


Slika 3-95 *Zaštitna folija na toplinsko-izolacijskom panelu [250]*

Ako ručna ugradnja nije moguća, tada je i ovdje moguće korištenje prikladnih sredstava za kvačenje za dizalice uz poštivanje potrebnih sigurnosnih mjera. Pazite na zaštitu površina lima, jer se oštećenja vrlo teško mogu popraviti. Postavljanje krovnih panela pomoću kliješta za postavljanje pokazalo se s ekonomskoga stajališta najboljim *(Slika 3-96).* Uz to se preporučuje postavljanje panela velikih površina (krov, zid i fasada) uz pomoć vakuumskih držača *(Slika 3-97)*.



Slika 3-96 *Kliješta za postavljanje [253]*



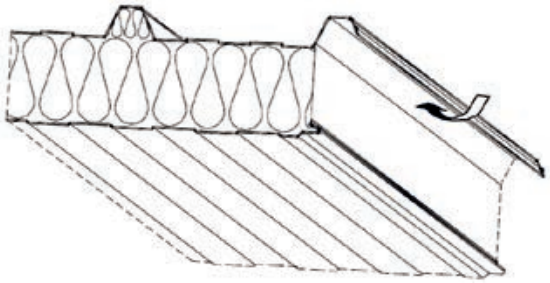
Slika 3-97 *Vakuumski držač [253]*

U slučaju rezanja panela prilikom ugradnje, dozvoljene su isključivo limarske škare i pila *(Slika 3-98).* Visoka temperatura uništava antikorozivnu zaštitu u blizini rezanja. Zato je uporaba raznih aparata za brušenje zabranjena! Sve sitne metalne dijelove koji nastaju kao posljedica rezanja i bušenja potrebno je odmah odstraniti s površine panela. Zabranjeno je bilo kakvo označavanje i rezanje uređajima za rezanje žicom ili sličnim oštrim predmetima, kojima se može oštetiti zaštitni sloj boje.



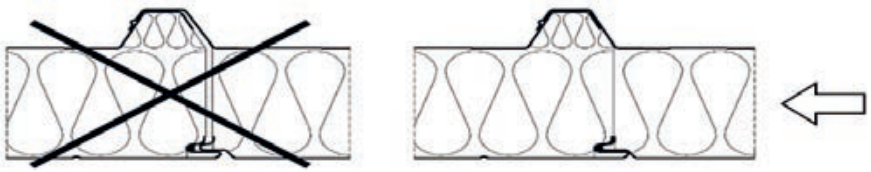
Slika 3-98 *Dozvoljeni aparati za rezanje [229], [254], [255], [256]*

Prije ugradnje svakog panela treba provjeriti je li krajnji trapez, koji naliježe na susjednu ploču potpuno očišćen *(Slika 3-99).* Ukoliko nije, mora se očistiti, pazeći pri tome da se ne ošteti već ugrađena spojnica.



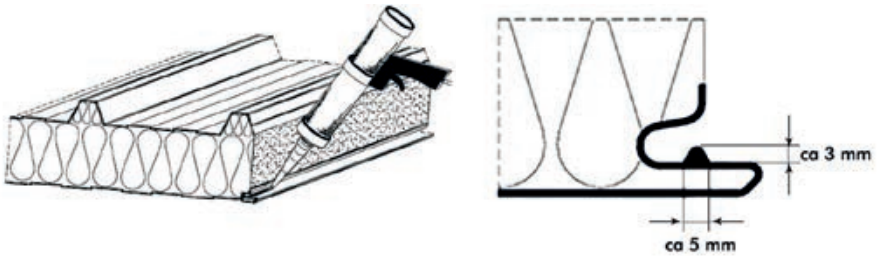
Slika 3-99 *Provjera čistoće vanjskog profila [250]*

Spajanje panela - prilikom ugradnje potrebno je posvetiti posebnu pažnju spajanju panela. Između susjednih panela u predjelu izolacije uzdužnog spoja ne smije biti prolaska zraka, ovojnica mora biti zrakonepropusna! *(Slike 3-100 - 3-103)*



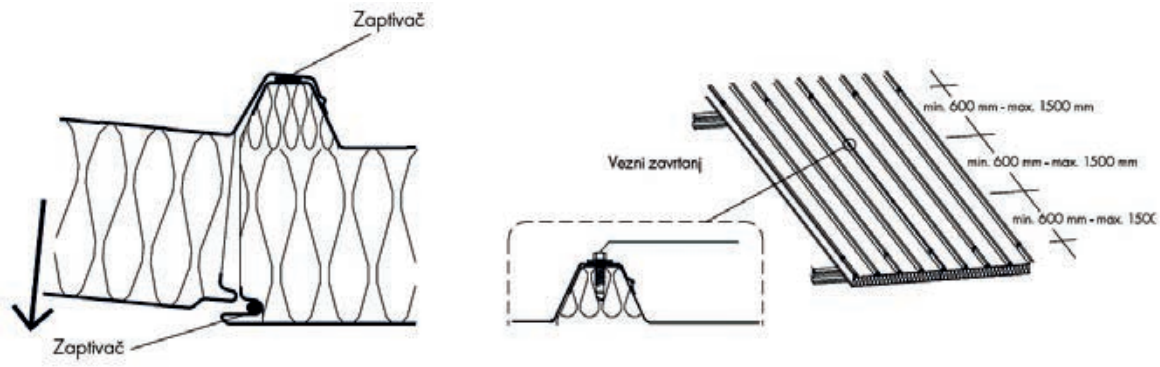
Slika 3-100 *Spajanje panela [252]*

U slučaju da uzdužni spoj treba zakitati/brtviti, kit se nanosi na način prikazan na *Slici 3-101.*

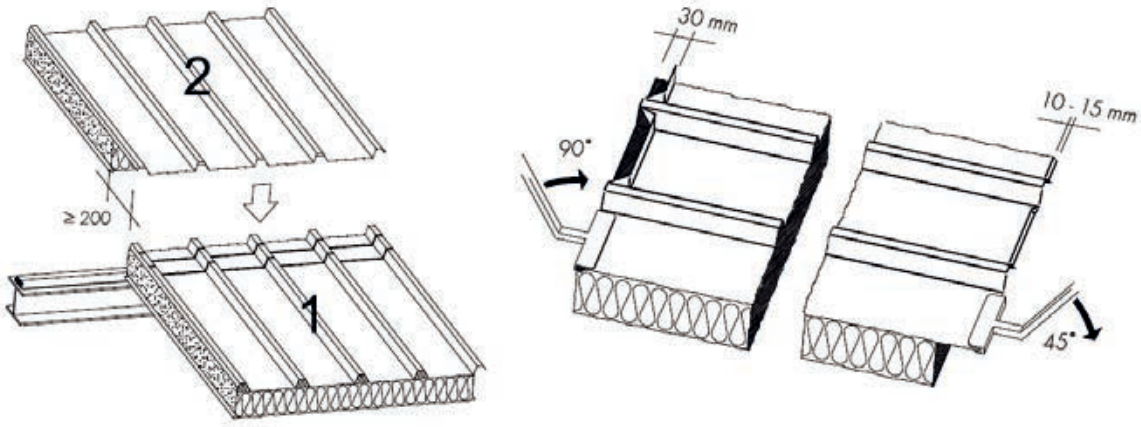


Slika 3-101 *Nanošenje kita na spoj panela [250]*

Prilikom postavljanja krovni panel treba prisloniti na koso tako da se gornji žlijeb propisno preklopi te time bude osigurano brtvljenje uzdužne reške. Panele pričvrstite kroz kontra žlijeb. Uvijek rabite originalne pričvrsne kalote, koje ćete nabaviti od proizvođača panela ili u specijaliziranoj trgovini jer one priteznu silu vijka raspodjeljuju na veću površinu, kao eventualnu brtvenu podlošku. Uz pomoć posebnih vijaka moguće je i pričvršćenje kroz žlijeb.



Slika 3-102 *Postavljanje panela i učvršćivanje na spoju [252]*



Slika 3-103 *Produljenje panela i savijanje lima na panelu (sljeme, streha) [252]*

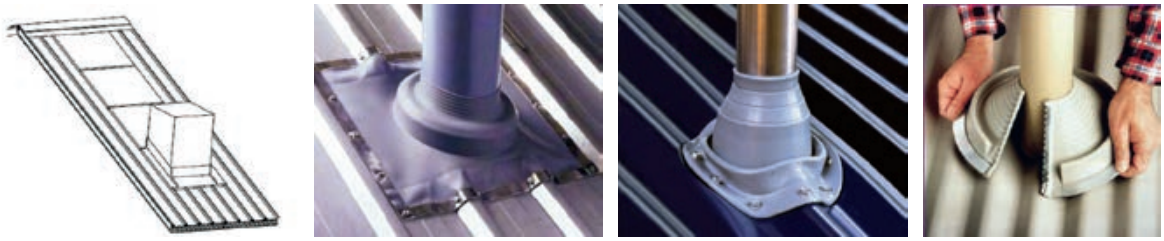
Spajanje i stvaranje nepropusnosti kod produžavanja panela izvodi se pomoću brtvene trake dimenzija 20×2/10 mm, u dva reda.

3.4.2.1 Prodori u krovu

Prodori u krovu *(Slika 3-104*) bi se u cilju nepropusnosti trebali ugraditi u neposrednoj blizini sljemena. U svakome slučaju oni se moraju stručno ugraditi i zabrtviti prema najsuvremenijim dostignućima limarske tehnike.

Veće prodore u krovu treba, ovisno o veličini, pojedinačno zamjenjivati pomoću potkonstrukcije, te im je, ovisno o zahtjevu, potreban vlastiti dvodijelni unutarnji ili vanjski vijenac s pripadajućom izolacijom i pokrovom.

Kako bi se izbjeglo bilo kakvo propuštanje, voda bi se nakon uvođenja trebala odvesti uz pomoć dodatnih profiliranih limova preko visokih trapeznih rebara koja prolaze sa strane.

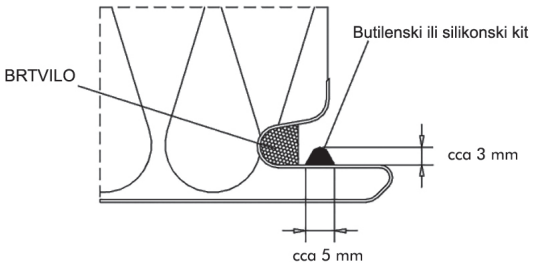


Slika 3-104 *Prodor kroz krov pokriven toplinsko-izolacijskim panelima [250], [257], [258]*

Najbolje je rabiti predgotovljene manšete za cijevi. U takvim slučajevima obratite pozornost na to kako metalne cijevi koje prolaze čine toplinski most i kako je prolaznu cijev možda potrebno dodatno izolirati. Na to osobito obratite pozornost kod panela s mineralnom vunom, kako bi se unaprijed isključila mogućnost bilo kakve pojave kondenzata.

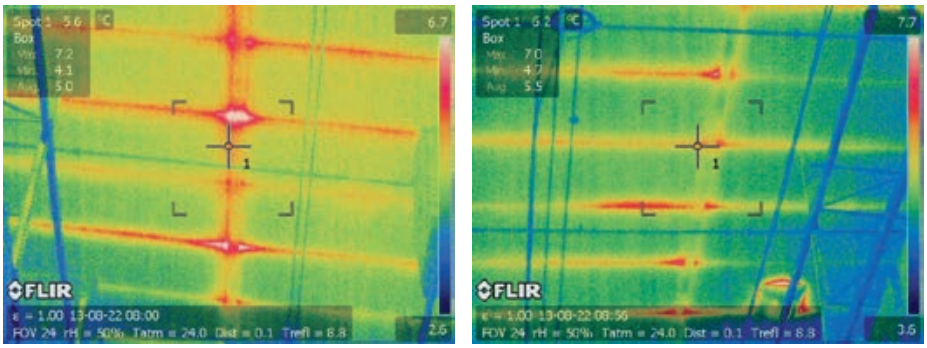
3.4.2.2 Difuzija vodene pare

Površina panela nepropusna je na paru, ali spoj dozvoljava prolaz vodene pare prilikom loših klimatskih uvjeta *(Slika 3-106)*. To može dovesti do pojave kondenzata na unutarnjem spoju *(Slika 3-107)*. U tu svrhu koristi se **antikondenzatna crijep ploča**. Osim paropropusne-vodonepropusne folije, koja se u načelu rabi za zaštitu krovne konstrukcije od eventualnog kondenzata, u istu se svrhu može koristiti i krovni lim s antikondenzatnim filcem, koji se još u fazi proizvodnje nanosi s donje strane krovnog lima *(Slika 3-105)*. Antikondenzatni filc ima ulogu zaštite lima i krovne konstrukcije od kondenzata u slučajevima jednostrukog pokrivanja, hladnog krova, na mjestima gdje nije moguće postaviti krovnu paropropusnu-vodonepropusnu foliju.



Slika 3-105 *Brtvljenje uzdužnog spoja [250]*

Filc je posebna vrsta folije koja u sebe prikuplja sav eventualni kondenzat koji se stvara ispod lima. Pored dobrih osobina upijanja vode (minimalno 700 - 900 gr/m^2) filc dobro upija zvuk, ima dobru toplinsku izolaciju kao i otpornost na bakterije.



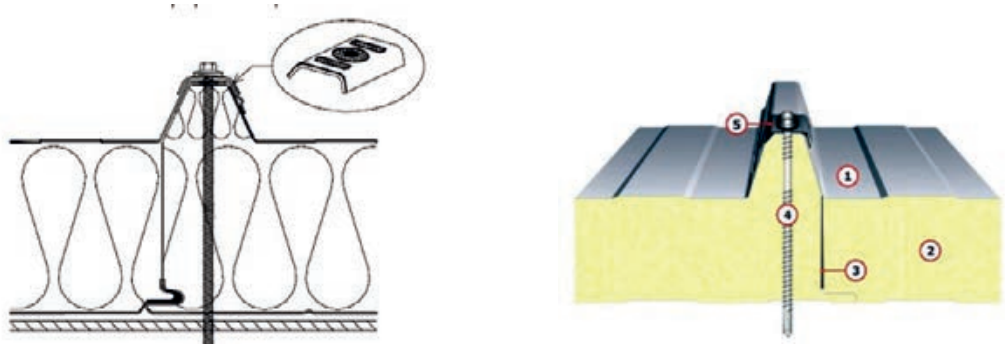
Slika 3-106 *Termogrami mjesta lošeg brtvljenja krovnih toplinsko-izolacijskih panela, zrakopropusna ovojnica [7]*



Slika 3-107 *Kondenzacija zbog lošeg brtvljenja krovnih toplinsko-izolacijskih panela, zrakopropusna ovojnica [7]*

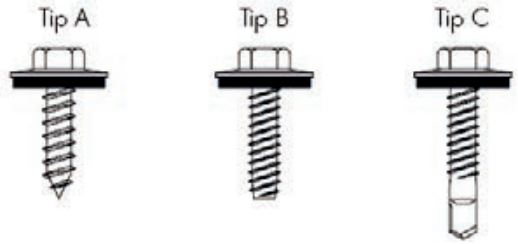
3.4.2.3 Pričvršćivanje panela

Za pričvršćivanje panela u spoju smiju se koristiti isključivo vijci od nehrđajućeg čelika s podloškom Ø19 mm od nehrđajućeg čelika. Minimalna debljina vijka je 6,3 mm. Paneli se pričvršćuju na mjestima trapeza obaveznom uporabom kopče s vijkom *(Slika 3-108).*



Slika 3-108 *Način pričvršćivanja panela [259]*

Za pričvršćivanje u drvene i tanke čelične grede (debljina čelika do 3 mm) koriste se samourezni vijci tipa A. Ako su čelične grede debljine 3 mm ili više, koriste se samourezni vijci tipa B. Za čelične grede dozvoljena je i upo-raba samoureznih vijaka tipa C *(Slika 3-109).*



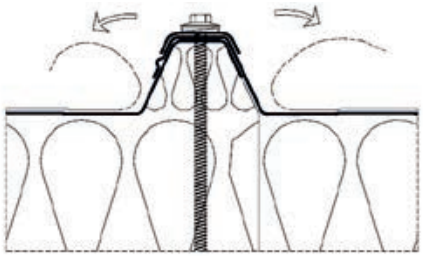
Slika 3-109 *Vrste vijaka za pričvršćivanje [252]*



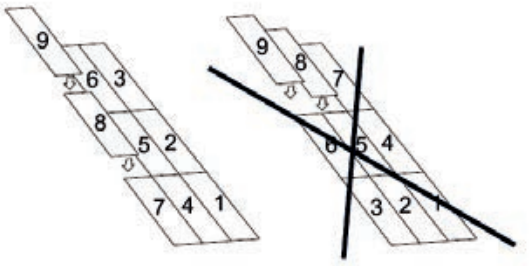
Slika 3-110 *Pravilno zatezanje vijaka (dolje) [252]*

Dužina vijka ovisi o debljini panela i vrsti potkonstrukcije. Posebnu pažnju treba posvetiti samom zatezanju, kako vijci ne bi bili premalo ili previše zategnuti. Pravilno zatezanje vijaka prikazano je na *Slici 3-110*. Prije postavljanja vijka na tom mjestu treba odstraniti zaštitnu foliju *(Slika 3-111).*

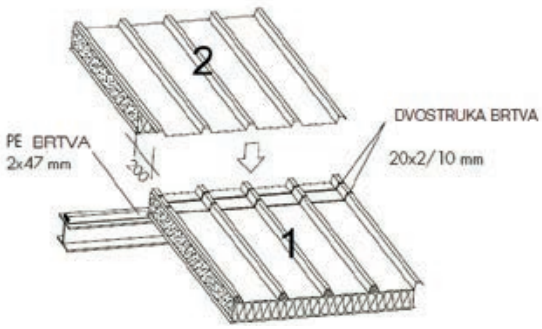
Slika 3-112 i *Slika 3-113* prikazuju pravilni redoslijed polaganja krovnih toplinsko-izolacijskih panela.



Slika 3-111 *Odstranjivanje folije na mjestu vijaka [252]*



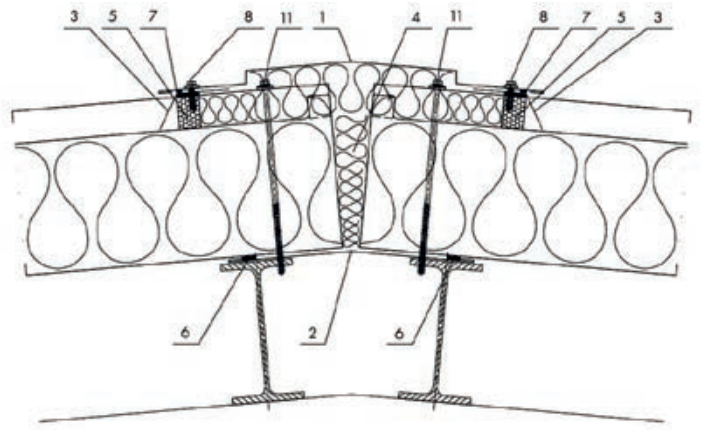
Slika 3-112 *Pravilno i nepravilno polaganje [252]*



Slika 3-113 *Polaganje panela u preklopu [252]*

Slike 3-114 - 3-119 prikazuju pravilno izvedene detalje sljemena, visećeg oluka, srednjeg oluka snjegobrana i gromobrana.

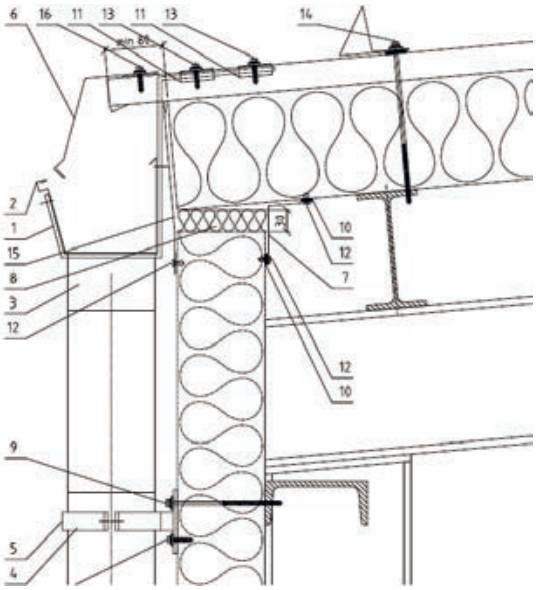
Ispravno oblikovanje sljemena vidljivo je na donjem detaljnom crtežu. Žljebove vanjske ploče panela uvijek podignite prema gore (presavijte), uporabite ispune profila i nazubljene limove. Bez nazubljenoga lima postoji opasnost da oluja i ptice odstrane ispunu profila. Nadalje, lim štiti ispunu profila od ultraljubičastih zraka. Spojevi sljemenih limova izvode se kao klizni pregib (u vezi s ovim, vidjeti stručna pravila limarskoga zanata). Ako bi bilo potrebno brtvljenje trajno elastičnim brtvenim materijalima, tada brtvenu masu treba ugraditi tako da bude zaštićena od izravnog djelovanja ultraljubičastih zraka.



1. *Sljemenjak*
2. *Maska sljemena*
3. *Maska panela (nije standardna)*
4. *Toplinska izolacijska*
5. *Brtva SNV-negativ*
6. *Brtvena traka 3×15mm*
7. *Bitumenska traka 2×6mm (nije standardna)*
8. *Vijak 6,5×25*
9. *Nitna 4×10*
10. *Spona/kopča*
11. *Vijak*

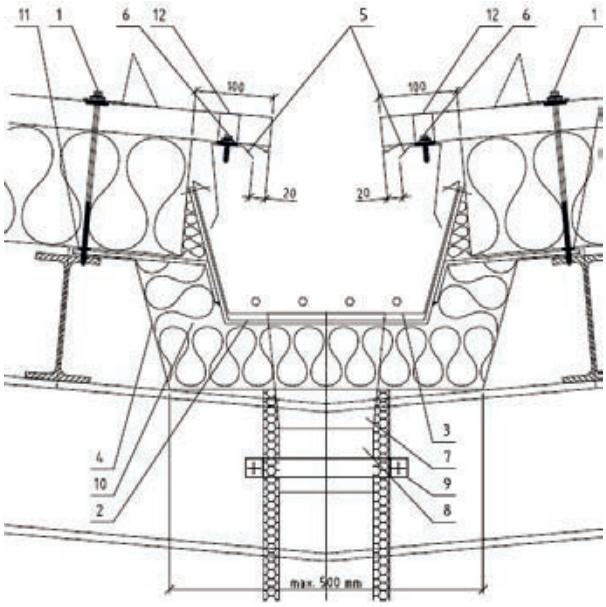
Slika 3-114 *Detalj sljemena [4]*

Jednako kao i u području sljemena, i ovdje se elementi moraju zabrtviti prema unutarnjem prostoru. U ovom se slučaju to odnosi na krov kao i na fasadni panel, osobito na reške spojeva elemenata, ulaznih limova, držača žljebova ili okapnih limova i potkonstrukcije. Kako bi se zajamčio besprijekoran odvod vode u slučaju jakog vjetra i optičko kaširanje rezanih površina elemenata s pjenastom jezgrom, na rubu se strehe dodatno ugrađuje vodoodbojni lim, odnosno slivni lim oborinskog žlijeba. Postoje različite varijante oborinskih žljebova, ali uvijek treba obratiti pozornost na stručnu ugradnju *(Slika 3-115)*.



1. *Nosač visećeg oluka*
2. *Vanjski oluk*
3. *Izljevni priključak*
4. *Izljevna cijev*
5. *Nosač cijevi*
6. *Maska visećeg oluka*
7. *Unutarnja maska nadstrešnice*
8. *Toplinska izolacija*
9. *Vijak*
10. *Brtvena traka*
11. *Spona/kopča*
12. *Zakovica*
13. *Vijak 6.3×25*
14. *VijaK*
15. *Vanjska maska nadstrešnice*
16. *Vijak*

Slika 3-115 *Viseći oluk/žlijeb [4]*

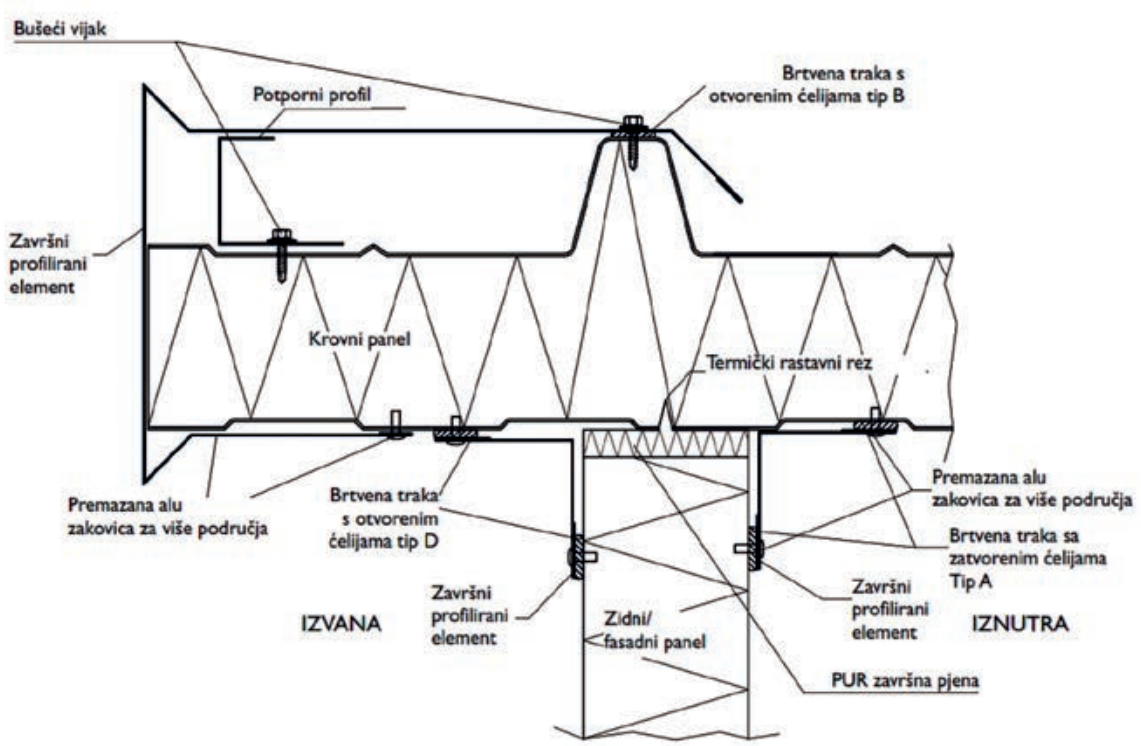


1. *Vijak*
2. *Nosač srednjeg oluka*
3. *Unutarnji oluk*
4. *Maska oluka*
5. *Lim okapnice,*
6. *Vijak 6.5×25*
7. *Izljevni priključak*
8. *Izljevna cijev*
9. *Toplinska izolacija*
10. *Brtvena traka*
11. *Spona/kopča*
12. *Brtva SNV-pozitiv*

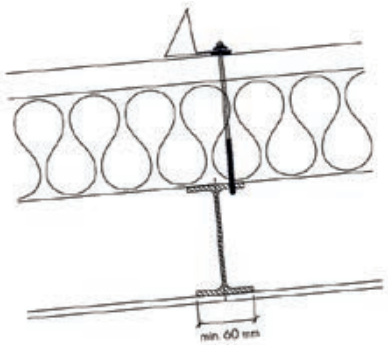
Slika 3-116 *Srednji oluk [4]*

Kao kod oblikovanja sljemena i strehe, i u završetku se zabata *(Slika 3-117)* mora predvidjeti unutarnji lim kako bi se postiglo besprijekorno brtvljenje. Nakon postavljanja, odnosno pričvršćenja unutarnjega lima vijcima, šupljine između elemenata treba začepiti mineralnom vunom ili ispuniti PUR pjenom za ugradnju. U pravilu se krajnji završni lim postavlja na krovni panel preko zadnjega rebra te se na fasadu izravno pričvršćuje na obje strane. Ovisno o standardu izvedbe, uzdužni se preklopi profiliranih dijelova brtve i na njih postavljaju limovi za spojeve.

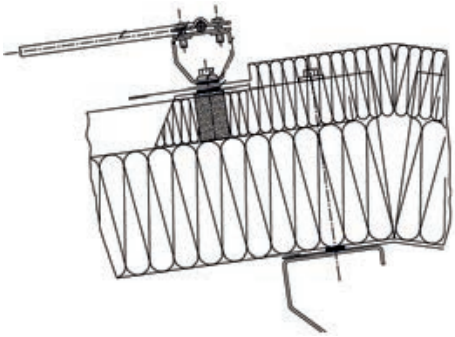
Nadalje, treba uzeti u obzir istezanje materijala ovisno o vrsti i duljini materijala. Po potrebi i ovdje se može izvesti termički rastavni rez, ali pazeći na smanjenje nosivosti isturenog dijela panela.



Slika 3-117 *Detalj zabata [260]*



Slika 3-118 *Detalj snjegobrana [4]*



Slika 3-119 *Detalj gromobrana na sljemenu [4]*



Slika 3-120 *Krov od toplinsko-izolacijskih panela [4]*

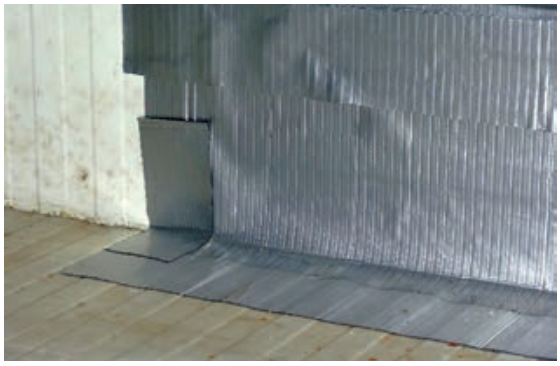
Slijede primjeri loše ugradnje krovnih toplinsko-izolacijskih panela *(Slika 3-121 - Slika 3-142)*. U ovom slučaju loša izvedba izazvala je značajne probleme s kondenzacijom vodene pare u hladnjači tijekom ljetnog razdoblja.



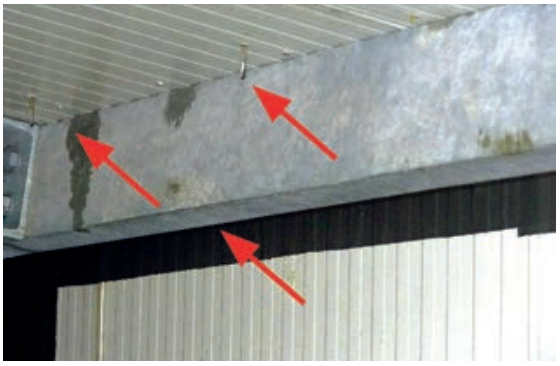
Slika 3-121 *Primjer stvaranja kondenzata na podgledu krovnih panela zbog lošeg brtvljenja [7]*



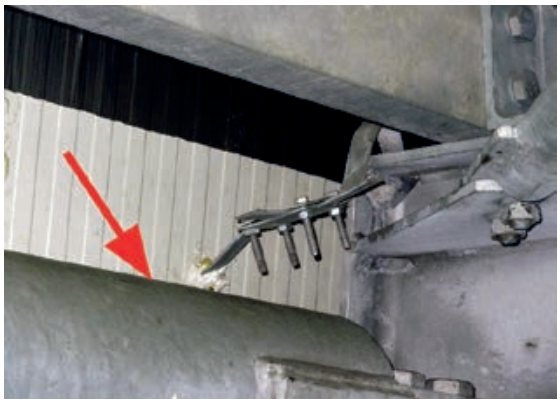
Slika 3-122 *Primjer stvaranja kondenzata na podgledu krovnih panela zbog lošeg brtvljenja [7]*



Slika 3-123 *Primjer lošeg brtvljenja strehe ljepljivom trakom (tzv. American tape) [7]*



Slika 3-124 *Primjer lošeg pričvršćenja snjegobrana (vijci), pojave kondenzata (na metalnom nosaču) i lošeg brtvljenja strehe (ljepljiva traka) [7]*



Slika 3-125 *Primjer lošeg brtvljenja prodora gromobranske instalacije korištenjem silikonskog kita [7]*



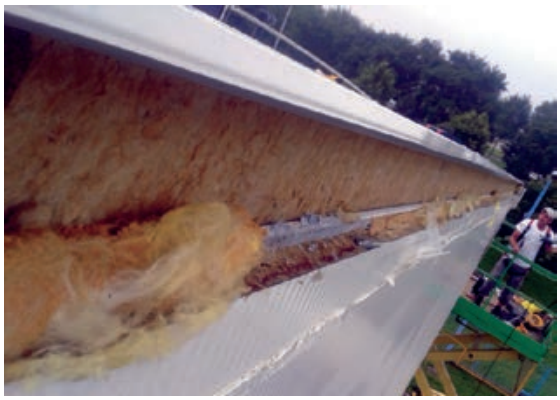
Slika 3-126 *Primjer neadekvatno zabrtvljenog spoja krovnih i zidnih panela [7]*



Slika 3-127 *Primjer neodgovarajuće zabrtvljenog spoja krovnih i zidnih panela [7]*



Slika 3-128 *Primjer neodgovarajuće izvedbe spoja krovnih i zidnih panela [7]*



Slika 3-129 *Primjer loše izvedbe spoja krovnih i zidnih panela [7]*



Slika 3-130 *Primjer lošeg brtvljenja spoja krovnih i zidnih panela [7]*



Slika 3-131 *Primjer lošeg brtvljenja spoja krovnih i zidnih panela [7]*



Slika 3-132 *Primjer lošeg brtvljenja spoja krovnih i zidnih panela [7]*



Slika 3-133 *Primjer neodgovarajućeg brtvljenja zabata limom i PUR pjenom [7]*



Slika 3-134 *Primjer neodgovarajućeg brtvljenja hidroizolacijskom trakom [7]*



Slika 3-135 *Primjer neodgovarajućeg brtvljenja proboja gromobrana hidroizolacijskom trakom [7]*



Slika 3-136 *Primjer neodgovarajuće izrade opšava [7]*



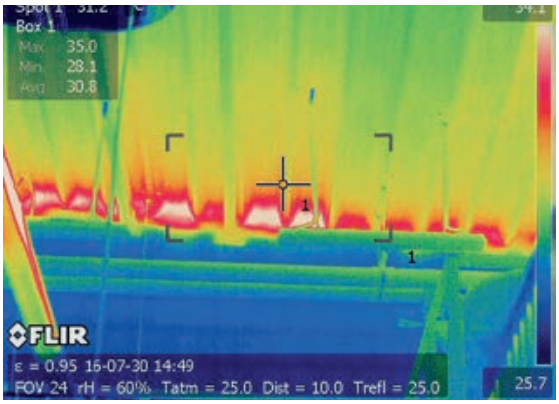
Slika 3-137 *Primjer neodgovarajuće izrade proboja kupole za odimljavanje [7]*



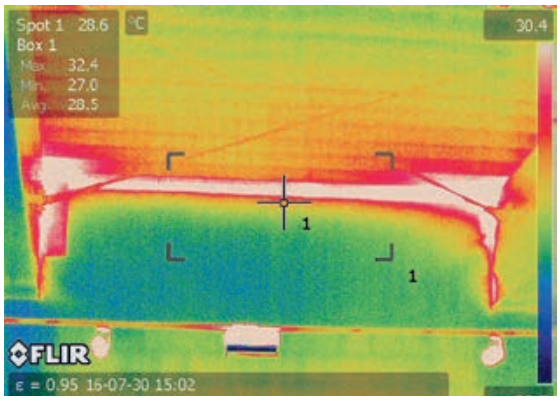
Slika 3-138 *Primjer neodgovarajućeg krpanja oštećenja na toplinsko-izolacijskom panelu [7]*



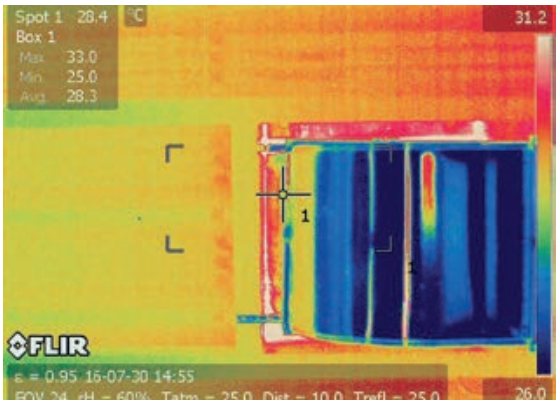
Slika 3-139 *Primjer skrivanja spoja krovnih panela i zida od opeke pomoću maske od gipskartonskih ploča [7]*



Slika 3-140 *Termogram lošeg brtvljenja spoja krovnih panela i zida od opeke [7]*



Slika 3-141 *Termogram lošeg brtvljenja spoja krovnih panela i zida od opeke [7]*



Slika 3-142 *Termogram lošeg brtvljenja proboja krovnih panela [7]*



Slika 3-143 *Korozija uzrokovana korištenjem sredstava za čišćenje na bazi klora [261]*



Slika 3-144 *Propadanje toplinske izolacije od PIR-a i korozija panela [7]*

3.5 TOPLINSKO-IZOLACIJSKI KROVNI PANELI OBLIKU CRIJEPA

Krovni metalni panel u obliku crijepa *(Slika 3-145)* ojačan izolacijskim poliuretanom visoke gustoće odlično se uklapa u primorske gradske jezgre, a prednosti su mu mala težina, laka i brza ugradnja, jednostavna potkonstrukcija i vodonepropusnost elemenata. Koristi se kao krovni element s nagibom većim od 15 % u stambenoj izgradnji i može se postavljati na bilo koji tip krovne strukture (metal ili drvo). Geometrijska konfiguracija vanjske ploče prati oblik klasičnog krovnog crijepa, dajući panelu ugodan i elegantan izgled.

Proizvodi se u pločama sljedećih dužina:

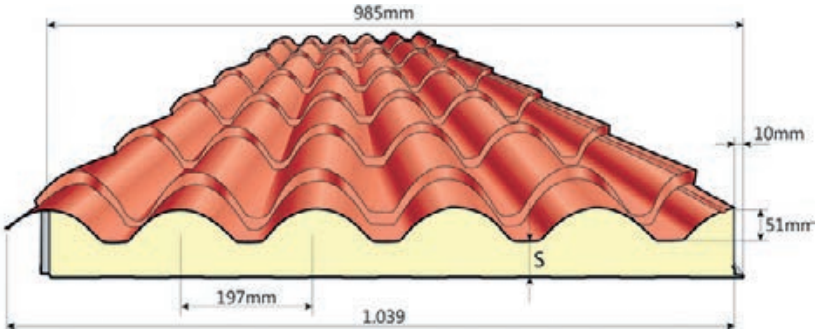
- 4900 mm (13 redova kupa + 235 mm gornje i 115 mm najdonje kupe)
- 5600 mm (15 redova kupa + 235 mm gornje i 115 mm najdonje kupe)
- 7700 mm (21 redova kupa + 235 mm gornje i 115 mm najdonje kupe)
- 8400 mm (23 redova kupa + 235 mm gornje i 115 mm najdonje kupe)

Debljina mu je 50 mm, a ostale mjere izvode se prema narudžbi (n×350 mm = L)

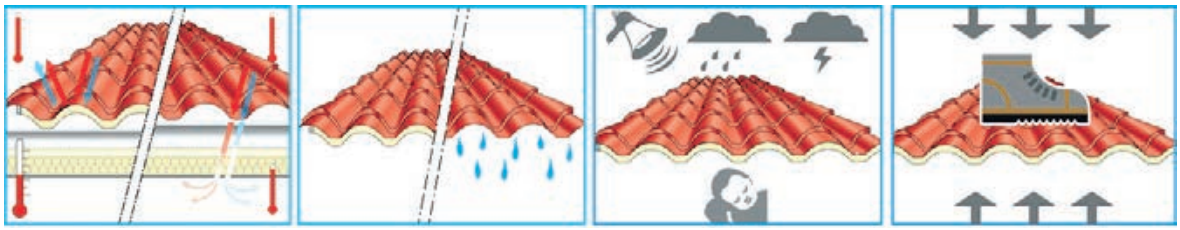
vanjska strana	izolacijski sloj	unutarnja strana
- lim - čelični, pocinčani, obojeni debljine 0,6 mm - aluminijski obojeni debljine 0,6 mm - bakreni debljine 0,5 mm - boja	- tvrda, četverokomponentna poliuretanska pjena - debljine 50 mm - širine 1000 mm - gustoće 40±2 kg/m^3.	- čelični pocinčani obojeni lim 0,4 mm - boja: MT 133, RAL 9010 ili s uzorkom drveta

3.5.1 Prednosti

Prednosti toplinsko-izolacijskih krovnih panela u obliku crijepa navedeni su na *Slici 3-146.*

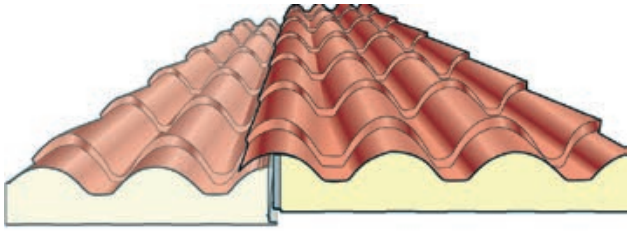


Slika 3-145 *Krovni paneli u obliku crijepa [262]*



toplinska izolacija *ublažavanje kondenzacije* *zvučna izolacija* *prohodnost*

Slika 3-146 *Svojstva panela [263]*



Slika 3-147 *Bočni preklop panela [262]*



Slika 3-148 Pokrov toplinsko-izolacijskim panelima u obliku crijepa [263]

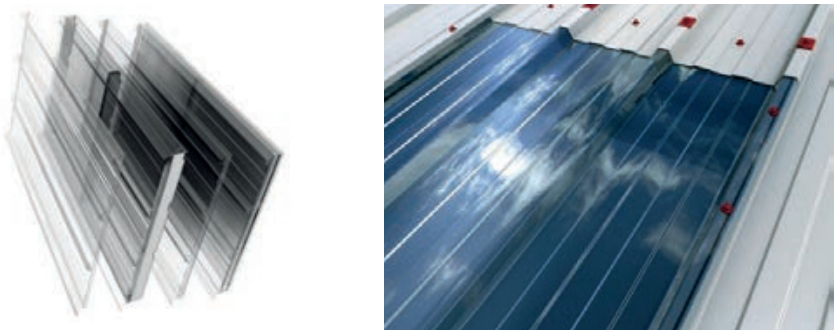
3.6 PROZIRNA KROVNA PLOČA

Obilježja kakvoće i svojstva prozirnih krovnih ploča:

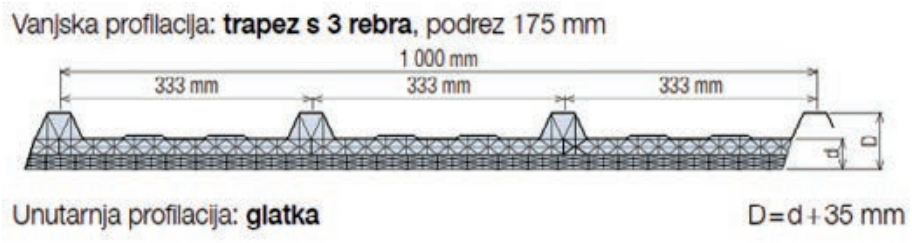
- moguća ugradnja bez sustavne izmjene u krovu od punih poliuretanskih panela;
- moguća ugradnja većeg broja svjetlosnih ploča uzastopce;
- visoka čvrstoća radi dvoslojne svjetlopropusne armirane ploče od polikarbonata;
- rešetkasti uložak za osiguranje od propadanja;
- svjetlosna propusnost 70 %;
- uključuje sljemeni pokrovni lim;
- izvrsna izolacijska svojstva;
- ponašanje kod požara prema EN I350I-1, Euroklasa B - teško zapaljivo;
- nagib krova minimalno 5º (8,6 %).

Obično se prozirne ploče ugrađuju kao sastavni dio pojedinih tipova toplinsko-izolacijskih krovnh panela, a izrađuju se od polikarbonata *(Slika 3-149)*.

Njihova prednost je svakako sunčeva svjetlost kao i dobici topline sunca, ali je potrebno naglasiti da imaju loš koeficijent prolaska topline (U-vrijednost) koja iznosi između 0,8 W/m^{2}K i 1,6 W/m^{2}K, ovisno o proizvodu koji se koristi, pri čemu propuštaju cca 65% sunčeve svjetlosti *(Slika 3-150).*



Slika 3-149 Prozirne ploče [264]



Slika 3-150 *Prozirna ploča u presjeku [265]*



Slika 3-151 *Ugrađene prozirne ploče u krov hale [266], [264]*

Ovakve prozirne ploče ugrađuju se na isti način kao i „klasični“ toplinsko-izolacijski krovni paneli *(Slika 3-151).*

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE
KROVOPOKRIVAČ



KROVNE PLOČE

4 KROVNE PLOČE

Krovne ploče imaju vrlo široku primjenu, koriste se za pokrivanje svih vrsta građevina i na različitim podkonstrukcijama s velikim rasponom nagiba krova. Njihove su glavne odlike brzina izvedbe pokrova zbog većih dimenzija ploča i mala težina, što smanjuje opterećenje na nosivu konstrukciju. Proizvode se od različitih materijala, te razlikujemo vlaknastocementne, bitumenske, polikarbonatne, PVC i metalne ploče. Sve te ploče na tržištu se pojavljuju u ravnom i valovitom obliku različitih dimenzija.

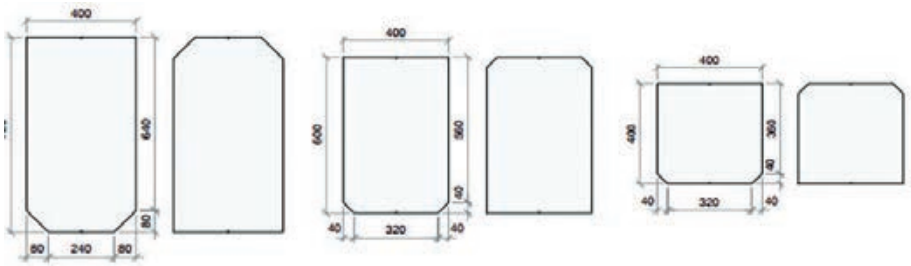
4.1 RAVNE KROVNE PLOČE

Na tržištu se nudi velik izbor ravnih ploča proizvedenih od različitih materijala, pa tako razlikujemo vlaknastocementne ploče (eternit), polikarbonatne ploče, PVC ploče, bitumenske i solarne.

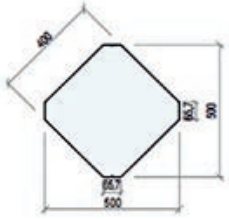
4.1.1 Vlaknastocementne ploče

Vlaknasti cement je vlaknima armiran cement koji je u neotvrdnutom stanju praktičan za oblikovanje, a u otvrdnutom stanju postojan u svim vremenskim uvjetima. Odlikuje ga visoka elastičnost, tvrdoća, paropropusnost, otpornost na vatru, otpornost na koroziju, biološka otpornost i ekološka prihvatljivost (ne sadrži opasne tvari).

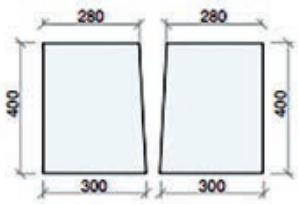
Ploče mogu biti različitih dimenzija i oblika ovisno o namjeni i rješavanju pojedinih detalja *(Slika 4-1, Slika 4-2, Slika 4-3 i Slika 4-4).*



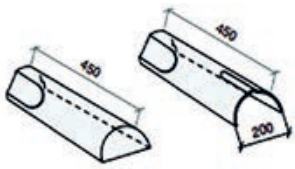
Slika 4-1 *Primjeri dimenzija i oblika ploča [4]*



Slika 4-2 *Osmerokutna ploča [4]*



Slika 4-3 *Ravni sljemenjaci [4]*

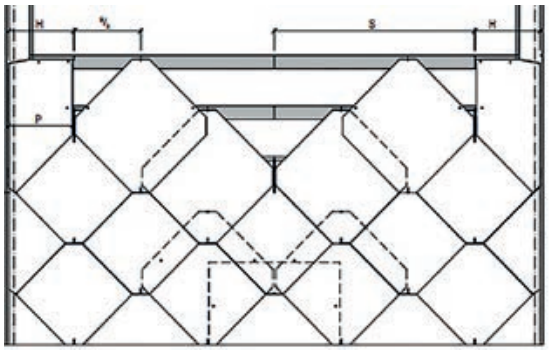


Slika 4-4 *Polukružni sljemenjaci [4]*

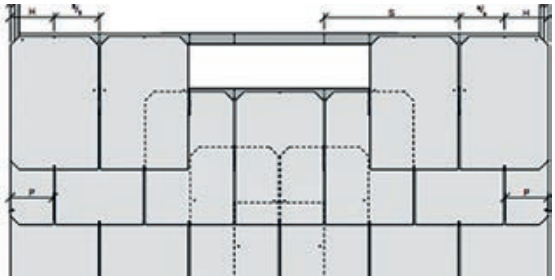
Vlaknastocementne ploče odlikuje manja težina (u odnosu na crijep) što smanjuje opterećenje na konstrukciju, lako se obrađuju, a ugraditi se mogu na više načina što ovisi o veličini ploče, nagibu krova i vrsti potkonstrukcije.

Pokrivanje može biti jednostruko ili dvostruko *(Slika 4-5 i Slika 4-6*). Dvostruki pokrov izvodi se u vodoravnim (na pola širine ploče) izmaknutim redovima od okapa prema sljemenu, tako da treći red preklapa prvi za 6-10 cm (ovisno o nagibu krova). Kod sasvim okomitih ploha preklop može biti 5 cm. Redovi su u uzdužnom smjeru međusobno izmaknuti za pola širine ploče.

Dijagonalni pokrov izvodi se kvadratnim pločama (obično 40x40 cm) s podrezanim bočnim uglovima. Redovi su pod kutom od 45° u odnosu na strehu, a preklop ploča u jednom redu i redova međusobno iznosi od 6-10 cm. Za okapni i sljemeni red kao i za rubove koriste se fazonski (oblikovni) komadi *(Slika 4-8 i Slika 4-9).*



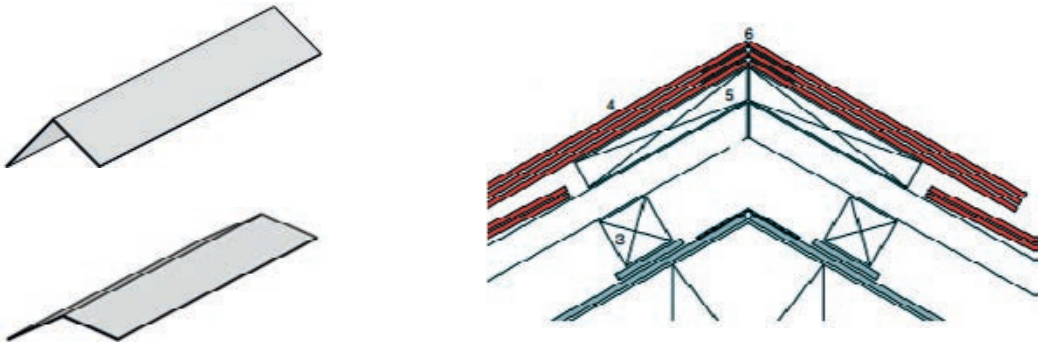
Slika 4-5 *Jednostruko pokrivanje eternit pločama [4]*



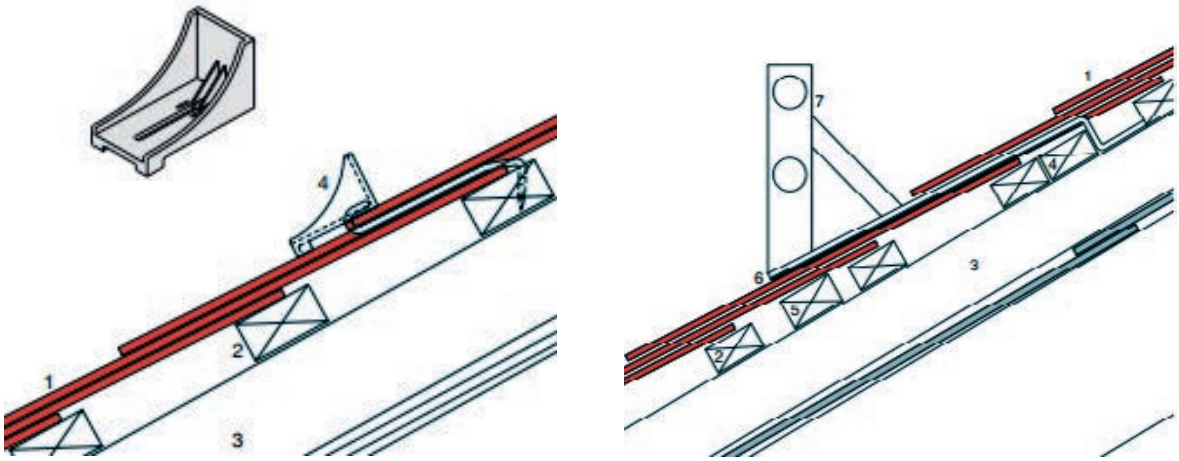
Slika 4-6 *Dvostruko pokrivanje eternit pločama [4]*



Slika 4-7 *Kopče i čavli za eternit ploče*



Slika 4-8 *Ploče za sljeme – nehrđajući lim*



Slika 4-9 *Snjegobrani i njihova ugradnja*

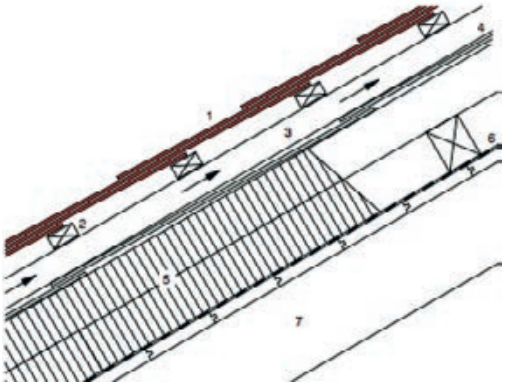


Slika 4-10 *Pokrivanje pribijanjem [267]*

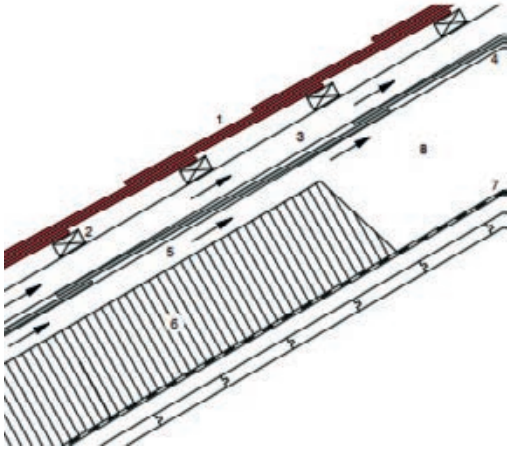


Slika 4-11 *Pokrivanje kopčama (kukama) [268]*

Ploče se pribijaju ili postavljaju pomoću kopči (kuka) *(Slika 4-10 i Slika 4-11)*. Mogu se koristiti za nagibe krova od 15°, a u ponudi su i elementi koji omogućuju sva potrebna krovna rješenja (sljeme, greben, uvala, prodori…) pa i prijelaz na fasadu s istom oblogom. Naravno, u svim tim slučajevima treba paziti na pravilnu izvedbu toplinske izolacije, tj. rješavanje spojeva i prijelaza te izvedbu ventilirajućeg sloja. Visina zračnog sloja ovisi o nagibu krova ali i o opterećenju snijegom i može biti od 40 do 100 mm.

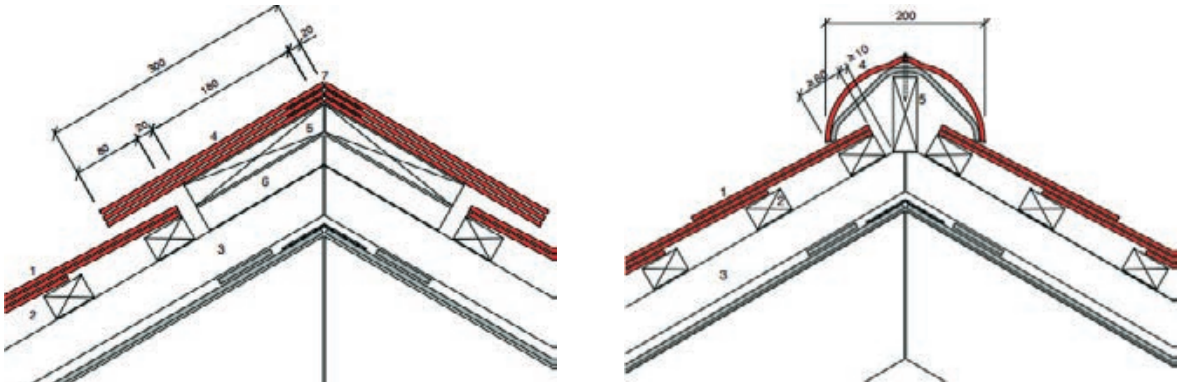


1. Ravne eternit ploče
2. Letve
3. Kontraletve (zračni sloj)
4. Donji krov
5. Toplinska izolacija
6. Parna brana
7. Nosiva konstrukcija

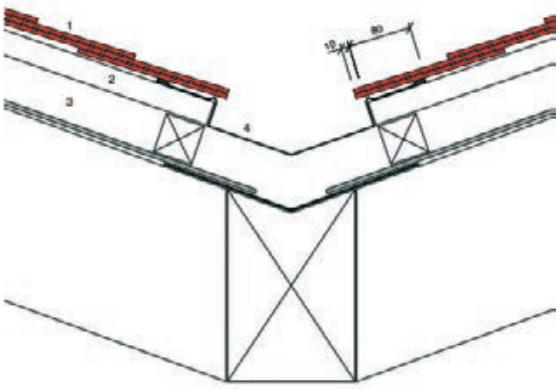


1. Ravne eternit ploče
2. Letve
3. Kontraletve (zračni sloj)
4. Donji krov
5. Donji zračni sloj
6. Toplinska izolacija
7. Parna brana
8. Nosiva konstrukcija

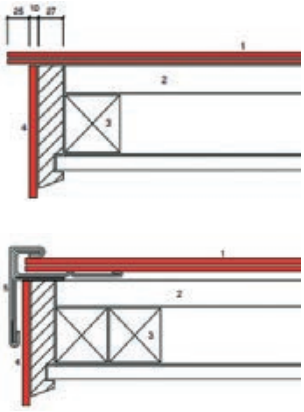
Slika 4-12 *Jednostruko i dvostruko ventilirana konstrukcija krova*



Slika 4-13 *Moguće rješenje sljemena s ravnim i polukružnim sljemenjacima*



Slika 4-14 Rješenje uvale



Slika 4-15 Rub krova



Slika 4-16 Primjeri izvedbe pokrova eternit pločama [269], [270]

4.2 VALOVITE KROVNE PLOČE

Pokrov valovitim, ravnim i lučnim pločama može se izvesti na različitim vrstama krovnih konstrukcija - drvenim, čeličnim ili betonskim. Krov može biti izveden kao ventilirani ili neventilirani. Valovite ploče mogu biti proizvedene iz različitih materijala (eternit ploče, bitumenske ploče, akrilne, polikarbonatne, PVC, poliester) za objekte različitih namjena.

4.2.1 Vlaknastocementne krovne ploče

Vlaknastocementne valovite krovne ploče (danas se koriste umjesto tzv. salonit ploča koje sadrže po ljudsko zdravlje štetan azbest) odlikuju se karakterističnim poprečnim presjekom koji osigurava veliku čvrstoću na savijanje i dobru nosivost, a mala težina omogućuje uštedu kod dimenzioniranja nosive konstrukcije *(Slika 4-17).*

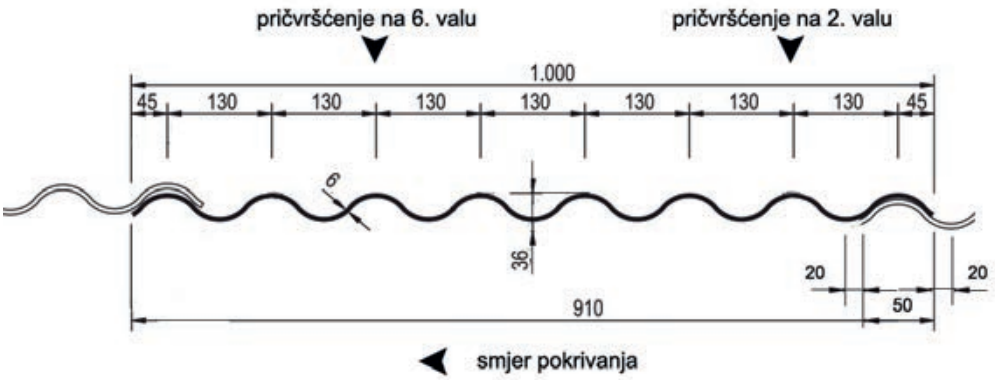
Ugradnja je brza i jednostavna, a uz pridržavanje uputa proizvođača koje se odnose na ugradnju, duljine preklapanja, uporabu spojnih sredstava i dodatnih elemenata osigurava se trajnost i postojanost pokrova. Eternit ploče otporne su na temperaturne promjene i djelovanje kemijskih i bioloških utjecaja, a također su negorive *(Slika 4-18, Slika 4-19, Slika 4-20).*



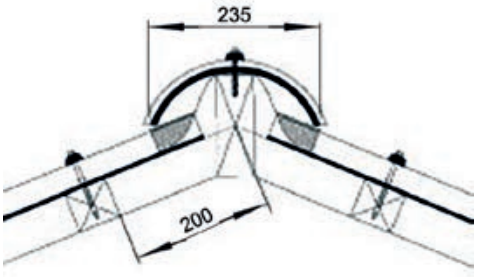
Slika 4-17 *Vlaknastocementne valovite ploče (eternit) [271], [272]*



Slika 4-18 *Detalji rješavanja pokrova rubnim elementima [271]*

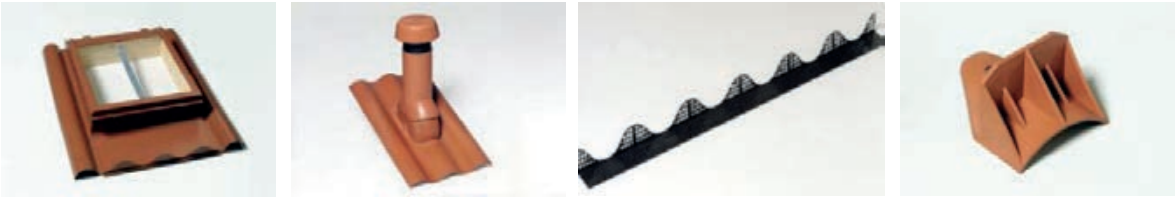


Slika 4-19 *Detalj preklapanja valovitih ploča [271]*



Slika 4-20 *Detalj sljemena [271]*

Većina proizvođača uz ploče isporučuje i dodatnu opremu i elemente koji olakšavaju ugradnju (elementi za izvedbu sljemena, okapa, snjegobrani, elementi za ventilaciju, ploče s otvorom za ugradnju krovnog prozora, držači solarnih ploča itd.) *(Slika 4-21).*



Slika 4-21 *Primjeri dodatne opreme za pokrov valovitim vlaknastocementnim pločama [269]*

4.2.2 Valovite bitumenske krovne ploče

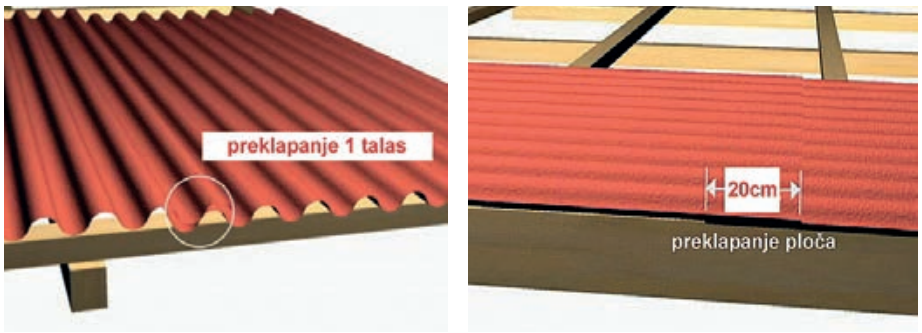
Bitumenske se ploče na tržištu nalaze u različitim izvedbama i različitih namjena *(Slika 4-22).* Ploče se izrađuju u različitim dimenzijama i koriste se kao pokrov kod stambenih, industrijskih, poljoprivrednih objekata. Prednosti su im pristupačna cijena, dugotrajnost i jednostavna ugradnja, kao i činjenice da ne zahtijevaju održavanje i ne sadrže azbest. Prednosti su vidljive posebno kod velikih krovova (industrijski objekti, skladišta…) zbog malog opterećenja na nosivu konstrukciju, prilagodljivosti (savitljivosti) i brze ugradnje. kako ne bi došlo do stvaranja kondenzata potrebno je osigurati provjetravanje ploča s donje strane valovitih ploča. Pri ugradnji, potrebno je osigurati preklapanje ploča prema uputama proizvođača: ploče se pričvršćuju pocinčanim vijcima ili čavlima koji su prilagođeni obliku konstrukcije. Bočni preklopi ploča iznose ½, 1 ili 1 ½ vala, odnosno 2 vala izuzetno pri jakom opterećenju vjetrom i snijegom, a postavljaju se od smjera prevladavajućeg vjetra *(Slika 4-23, Slika 4-24).* Kod velikih krovnih površina preporučuje se izvođenje dilatacijskih prekida u oba smjera. Vijci ili čavli postavljaju se na vrh vala jer je na dnu vala veće opterećenje vodom i vrlo često zbog takve nestručne ugradnje dolazi do prokišnjavanja. Izuzetno jak izravan vjetar može utjecati na male pomake ploča ako nisu dobro pričvršćene, a različite vibracije mogu malo po malo uzrokovati i pomake čavala - zato ih treba pribiti tako da dobro nalegnu na ploče i malo ih pritisnu ploče, ali to treba izvesti oprezno kako se ploča ne bi oštetila.



Slika 4-22 *Bitumenske valovite ploče [21]*



Slika 4-23 *Primjer pokrova izvedenog bitumenskim pločama [21]*



Slika 4-24 *Preklapanje 1 val ploča pri izvedbi porkova [273]*

4.2.3 Valovite ploče od drugih materijala

Na tržištu se nudi veliki broj valovitih ploča za izvedbu pokrova objekata različitih namjena, od različitih polimera: polikarbonata, akrila, poliestera, pa i PVC-a (polivinil klorida) (Slika 4 25). One mogu biti ravne ili lučne (uglavnom se koriste u poljoprivredi). Pojedini proizvođači nude i dodatne oblike elemenata ploča koji olakšavaju ugradnju *(Slika 4-26)*.

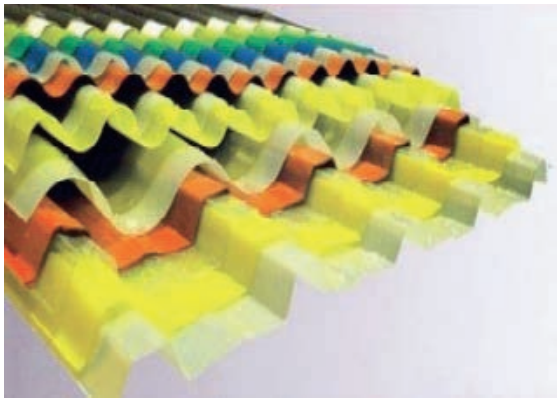


Slika 4-25 *Ravne i lučne valovite ploče [274], [275]*

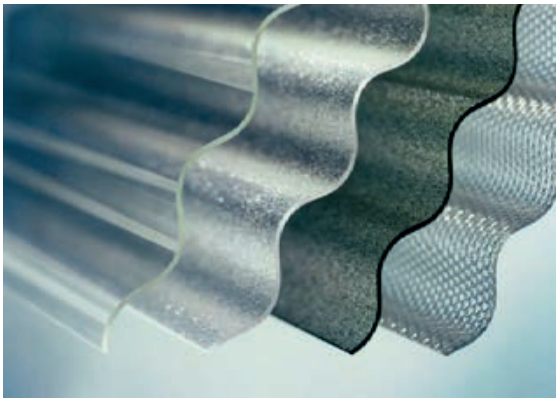
Ploče karakterizira mala težina, otpornost na atmosferske utjecaje, prilagodljivost, jednostavnost ugradnje, a većinu ploča od ovih materijala i providnost. Različitih su debljina i različite otpornosti na požar, deklarirano u skladu s normama (otpornost polikarbonatnih ploča veća je od ostalih plastičnih materijala). Izrađuju se u dva oblika vala - sinusnom i trapeznom. Koriste se za zatvaranje svjetlarnika, nadstrešnica, industrijskih objekata i različitih pomoćnih građevina *(Slika 4-27, Slika 4-28, Slika 4-29, Slika 4-30, Slika 4-31),* a mogu se koristiti i u spoju s drugim materijalima i to za sanacije, brzo zatvaranje objekta ili kao providne ploče za osvjetljavanje prostora.



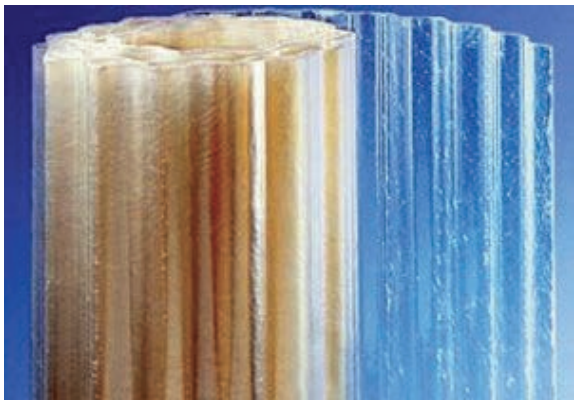
Slika 4-26 *Primjer rješenja sljemena [276]*



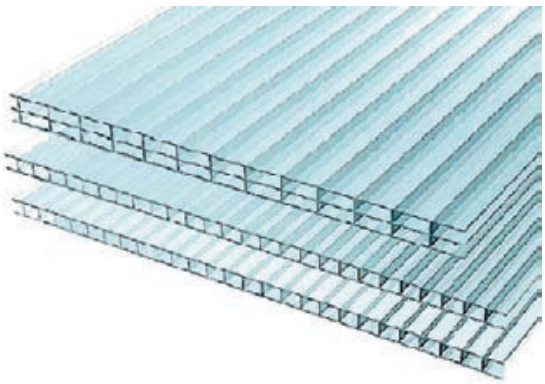
Slika 4-27 *Ploče od polivinilklorida [277]*



Slika 4-28 *Akrilne ploče [278]*



Slika 4-29 *Poliester [279]*



Slika 4-30 *Polikarbonatne ploče [280]*



Slika 4-31 *Primjeri uporabe valovitih ploča [281], [282], [283], [284]*

4.3 PLOČE OD UMJETNIH MATERIJALA (POLIMERA)

Ploče za pokrov mogu biti izrađene od različitih polimera: polikarbonata, akrila, poliestera, pa i PVC-a *(Slika 4-33, Slika 4-34 i Slika 4-35).* Ovakvim pločama najčešće se pokrivaju krovovi pomoćnih objekata, plastenici, nadstrešnice, prolazi među zgradama, hale, dvorane ili zimski vrtovi *(Slika 4-32).*



Nadstrešnica pokrivena punim polikarbonatnim pločama

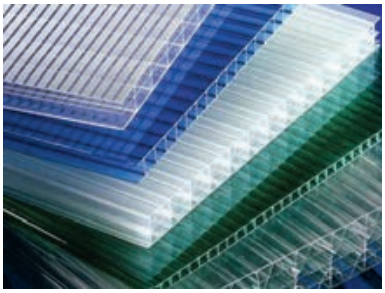
Prostor natkriven višeslojnim polikarbonatnim pločama

Slika 4-32 *Primjeri konstrukcija pokrivenih polikarbonatnim pločama [285], [286]*

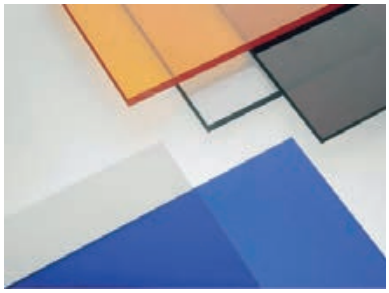
Za svaku vrstu ploča postoje razrađeni sustavi ugradnje s pripadajućim elementima. Osnovne značajke ovih ploča su mala težina, prilagodljivost, prozirnost, otpornost na udarce i otpornost na atmosferske prilike.



Slika 4-33 *Pune polikarbonatne ploče [6]*



Slika 4-34 *Višeslojne polikarbonatne ploče [287]*



Slika 4-35 *Akrilne ploče [6]*

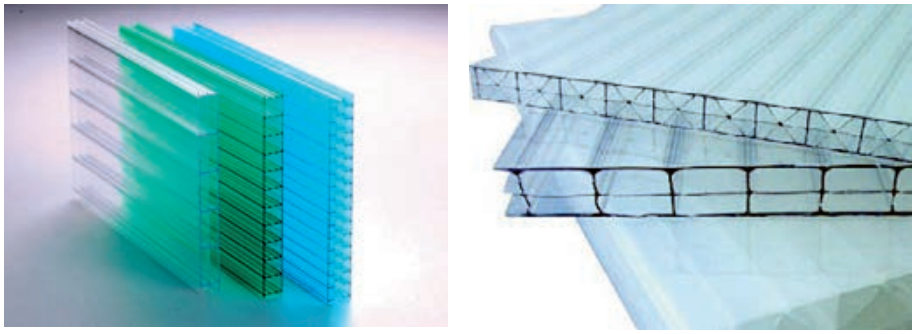
4.3.1 Polikarbonatne i akrilne ploče

Polikarbonatne ploče mogu biti pune i višeslojne, različitih boja i providnosti, a odlikuju se postojanošću pri različitim atmosferskim utjecajima i jednostavnošću ugradnje, malom težinom te vrlo velikom otpornošću na udarce, pa je opasnost od ozljeda minimalna.

Većina polikarbonatnih ploča imaju UV filter protiv ultraljubičastih zraka i ne gube prozirnost prilikom izloženosti suncu. Polikarbonatne ploče nisu samozapaljive, temperatura gorenja im je iznad 450°C, a ni nakon te temperature ne stvaraju veće količine dima ili otrovnih plinova. Zadržavaju sva svojstva stabilnima na temperaturama od –40 do +110°C, a kratkotrajno i do 130 °C. Višeslojne su polikarbonatne ploče zbog svoje saćaste strukture i niske toplinske provodljivosti bolji toplinski izolatori od sličnih materijala.

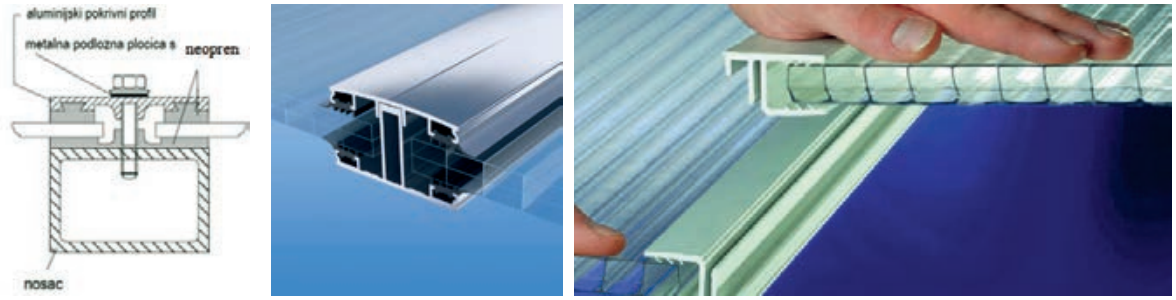
Koriste se kao pokrovi industrijskih hala, sportskih dvorana, trgovačkih centara, plivališta, staklenika, hangara, nadstrešnica i sl.. Polikarbonatne ploče se zbog svoje savitljivosti mogu oblikovati u razne zakrivljene plohe, lukove i to u hladnom stanju, pri čemu treba obratiti pažnju na minimalni dozvoljeni polumjer, koji se mijenja ovisno o debljini ploče (npr. ploče debljine 6 mm imaju minimalni dozvoljeni polumjer savijanja 1000 mm, a debljine 10 mm - 1500 mm).

Polumjer savijanja ovisi i o strukturi i broju komora višeslojnih ploča. Ploče mogu imati 1 komoru (dva sloja) pa sve do 6 komora, s različitom strukturom ispuna (od kvadratnih, X struktura, Q struktura pa sve do saćastih struktura). O tim strukturama ovisi i njihova toplinska izolacija i svjetlosna propusnost *(Slika 4-36).*

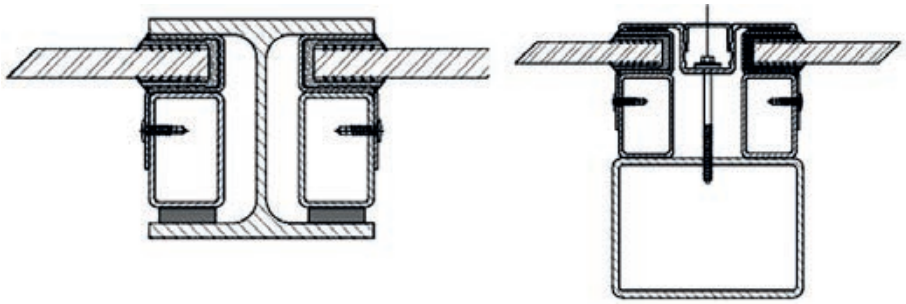


Slika 4-36 *Različite strukture i debljine višeslojnih polikarbonatnih ploča [288], [289]*

Izbor debljine ploča ovisi o opterećenju koje stvaraju snijeg i vjetar i o dimenzijama same ploče. Na tržištu postoje brojni patentirani sustavi za ugradnju ovih ploča, bez obzira jesu li pune ili višeslojne. Često se ugrađuju na drvene ili metalne nosače s aluminijski pokrovnim profilima i integriranim brtvama (neoprenskim, gumenim ili /i silikonskim), *Slika 4-37.*



Slika 4-37 *Primjeri profila za spajanje ploča (aluminijski, polikarbonatni) [290], [291]*



Ugradnja na profil *Ugradnja u cijev*

Slika 4-38 *Primjer ugradnje ploča ovisno o obliku profila nosive konstrukcije [292]*

Profili mogu biti različitih oblika, ovisno o namjeni. Razlikujemo tzv. „U“ profile koji mogu biti i završni i mogu služiti za zatvaranje ploča s trakama i bez traka.



Slika 4-39 *Vijci, podložne pločice, zaštitne kapice i rondele [293], [294]*

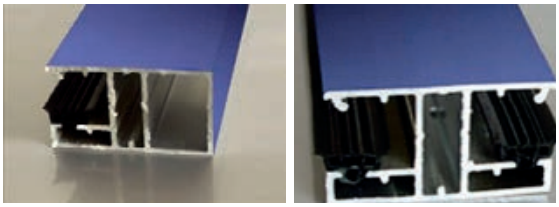
Osim toga koriste se i tzv. „H“ profili za povezivanje polikarbonatnih ploča u jednu cjelinu *(Slika 4-38).* Ugrađuju se na postojeću drvenu ili metalnu konstrukciju *(Slika 4-39)* uz pomoć vijaka za drvo ili metal ili pak uporabom posebnih samonareznih vijaka *(Slika 4- 41)*, a mogu se ugrađivati i kao samonosiva ravna, odnosno savijena konstrukcija. Profili imaju isti polumjer savijanja kao i polikarbonatne ploče.

Trake se koriste za zatvaranje rubova polikarbonatnih ploča kako bi se stvorio vodonepropusni sloj i spriječio prodor prašine, insekata i sl. u kanale polikarbonatnih ploča. Te trake moraju biti paropropusne kako bi se spriječilo stvaranje kondenzata unutar ploče *(Slika 4-40)*.



Slika 4-40 *Samoljepive trake (aluminijske) [293]*

Na polikarbonatnim pločama uglavnom se nalazi zaštitna folija kako bi se zaštitile od oštećenja pri ugradnji, a same ploče mogu biti s UV premazom, premazom protiv grebanja i nanošenja grafita.



Slika 4-41 *Profili za ugradnju ravnih ploča [295]*

Zaštitna folija pokriva UV zaštićenu stranu polikarbonatne ploče i postavlja se kao vanjska, tj. ona koja je okrenuta prema suncu. Unutarnja strana potpuno je zaštićena prozirnom folijom kojoj je uloga sprječavanje kapanja kondenzata. Otvoreni krajevi polikarbonatnih ploča zaštićuju se samoljepivom perforiranom aluminijskom trakom na koju dolazi završni „U“ profil *(Slika 4-41).* Spoj „U“ profila i polikarbonatne ploče može se brtviti tankim nanosom silikona. Ovakav postupak može biti nužan kako bi se spriječio naknadni ulazak vlage, prašine i kukaca. Smjer rebara ploče mora uvijek biti u smjeru nagiba krova ili okomito kod bočnog zatvaranja.

Kod bušenja rupa za vijke s kapicom i brtvom treba ostaviti prostor od 3,5mm za svaki metar dužine odnosno širine ploče zbog promjene dimenzija uzrokovanih toplinskim širenjem materijala. Prva rupa mora biti najmanje 40 mm od ruba ploče, a svaka sljedeća na razmaku od 500 mm.

Polikarbonatne ploče ne smiju se previše stegnuti vijcima, kako bi se omogućilo nesmetano širenje i skupljanje ploče uslijed promjena temperature. Zbog toga je potrebno ostaviti određeni razmak na sudaru dviju ploča ili ploče i zida. Najveći mogući prepust kraja ploče izvan konstrukcije ovisi o debljini i krutosti ploče. Međusobno spajanje ploča po širini izvodi se polikarbonatnim ili aluminijskim „H“ profilom. Za brtvljenje se koristi nisko modularni neutralni silikon ili gumene brtve. Spajanje ploča po dužini u smjeru nagiba krova izvodi se preklapanjem ploča od minimalno 10 cm. Zabranjeno je spajanje pomoću „H“-profila u smjeru nagiba krova.








Slika 4-42 *Primjeri pokrivanja konstrukcija višeslojnim polikarbonatnim pločama [296], [297], [298], [299]*



Neodgovarajuće brtvljenje, nemoguće postizanje zrakonepropusnosti vanjske ovojnice



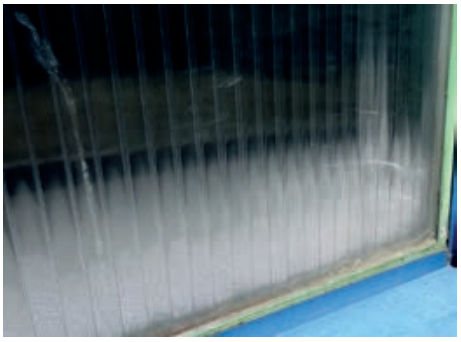
Neodgovarajuće pričvršćenje



Pukotine na pločama uzrokovane starenjem uslijed UV zračenja



Kondenzacija vodene pare u pločama



Kondenzacija vodene pare u pločama



Loša ugradnja ploča
(ne dosežu do oluka)



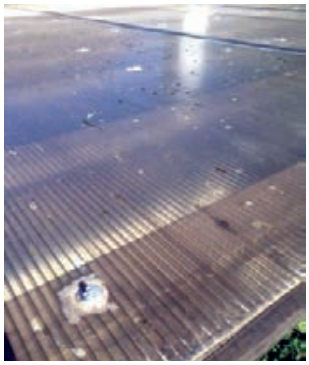
Neodgovarajuće brtvljenje spojeva ploča



Loše zatvaranje otvorenih krajeva ploča



Oštećenja uslijed tuče



Promjena boje ploča zbog krivog okretanja
(samo jedna strana ima zaštitu od UV
zračenja)

Slika 4-43 *Primjeri oštećenja polikarbonatnih ploča [7]*

4.3.2 Polikarbonatne pune ploče

Primjena ovih ploča jednaka je kao i višeslojnih polikarbonatnih ploča, kao i sustavi ugradnje, jedina je razlika u debljini i krutosti same ploče.

Polikarbonatne pune – kompaktne ploče upotrebljavaju se za različita ostakljenja, za prekrivanje nadstrešnica i sličnih konstrukcija, a karakterizira ih izgled stakla po čemu se najviše razlikuju od višeslojnih ploča i stoga se koriste i za sigurnosna zastakljenja *(Slika 4-44)*.

Karakterizira ih velika čvrstoća, otpornost na udarce, postojanost na vremenske utjecaje, dobra izolativnost prema elektricitetu, te odbojnost zvuka pa se stoga često koriste i za izradu zvučnih barijera. Standardne dimenzije ploča 2050×3020 mm. Za vanjsku uporabu proizvode se s UV premazom za produženje životnog vijeka, zbog utjecaja sunca.



Slika 4-44 *Primjeri primjene kompaktnih polikarbonatnih punih ploča [6], [300], [301], [302], [303]*

4.3.3 Akrilne ploče

Akrilne ploče upotrebljavaju se za ostakljenje i za prekrivanje nadstrešnica i drugih laganih konstrukcija. Odlikuju se visokom otpornošću na starenje pod djelovanjem vremenskih prilika, imaju, izgled stakla, veliku svjetlopropusnost, a lagano se oblikuju zagrijavanjem. Proizvode se u prozirnoj i bojanoj inačici te debljinama od 1 do 60 mm. Standardne dimenzije ploča su 2050×3050 mm. Nedostatak akrilnih ploča njihova je niska požarna otpornost i zbog toga se mogu koristiti samo na objektima i konstrukcijama gdje je opasnost od požara minimalna.

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE
KROVOPOKRIVAČ



POKROV OD ORGANSKIH PRIRODNIH MATERIJALA

5 POKROV OD ORGANSKIH PRIRODNIH MATERIJALA

5.1 UVOD

Kroz povijest gradnje razvili su se različiti tipovi, oblici i izvedbe krovova uvjetovani određenim klimatskim uvjetima i materijalom za pokrivanje krovova raspoloživim u neposrednoj okolini. U najranijoj povijesti ljudi su osiguravali svoje nastambe jednostavnim pokrovom od paprati, slame, trske, drveta ili kamena. Kako se razvijala tehnologija, ljudi su dolazili do novijih i kvalitetnijih materijala za krovni pokrov, a koji je ovisio i o klimatskom području i sirovinama koje su se na tom području nalazile.

Graditeljstvo, a time i izgled naselja i krajobraza, još uvijek karakteriziraju krovovi razvijeni do sredine dvadesetoga stoljeća. Odlikuju ih ravne krovne plohe i krovovi u nagibu. Najčešće korišten materijali za pokrove su škriljevac, slama ili trstika te drvena šindra. Pokrovi od prirodnih materijala, prvenstveno slame, danas se ponovno uvode kao visokokvalitetni pokrovi. Grade se kuće i razvija arhitektura koja poštuje prirodne datosti. Kuće su prostorno usklađene s okolišem te s životom stanovnika, a pokrov je na njima prirodan, ekološki i autohton.

5.2 POKROV SLAMOM

5.2.1 Slama kao materijal za pokrivanje krova

Pokrivanje slamom najstariji je način pokrivanja koji se i danas primjenjuje. Ovaj pokrov dobar je toplinski izolator, vodonepropustan, prozračan, postojan na atmosferske utjecaje, lagan i uz najjednostavniju njegu dugotrajan (trajnost mu je od 40 do 100 godina), a uz to je lijepog i zanimljivog izgleda.

Krov koji se pokriva slamom poželjno je da bude što strmiji jer mu se na taj način produljuje vijek trajanja. Preporuka je da nagib krova bude od 45° do 60°. Slama predstavlja izrazito zdravu alternativu modernim građevinskim materijalima, jer je prirodni materijal i nema nikakvih štetnih utjecaja, ne uzrokuje nikakve alergije, sprječava razna zračenja, ne stvara isparavanja kao što su npr. formaldehidi (koje često ispuštaju suvremeni materijali). Osim za izradu slamnatih krovova, slama se može koristiti i kao građevinski materijal za izgradnju zidova.

Slama je i obnovljivi materijal koji se može proizvoditi (uzgajati) svake godine. Energija potrebna za proizvodnju slame dolazi od sunca - obnovljivog izvora energije. Kada slamnati krov nakon dugog niza godina treba obnoviti novim materijalom, slamom, stara slama se može kompostirati ili koristiti u povrtlarstvu za malčiranje. Dakle, slama se ne smatra otpadom nego korisnim materijalom koji ima samo prihvatljiva svojstva.

Slamnati krovovi, zbog svih svojih značajki, a posebno ekoloških, ponovno se uvode kao krovni pokrov zahvaljujući entuzijazmu pojedinaca koji žele sačuvati ovu tradicijsku, graditeljsku i kulturnu baštinu. U Hrvatskoj je pokrenuto niz projekata kojima je cilj edukacija budućih krovopokrivača odnosno majstora za izradu slamnatih krovova.

5.2.2 Tehnologija pokrivanja slamom

5.2.2.1 Tehnologija pokrivanja slamom ili trščanim snopovima bez blata



Slika 5-1 *Pokrivanje slamom [304]*



Slika 5-2 *Pokrov slamom kojem treba sanacija*

Za pokrivanje krovova koristi se slama pšenice, a slama može biti i od raži ili ječma. Slama od raži najbolja je jer je žilava i najduža. Najbolja slama dobiva se ručnim mlaćenjem snopova. Slama mora biti čista, bez korova, bez klasja i nikako trula. Zaostala zrna niču i na taj način razaraju krovni pokrov, privlače ptice i glodare, što je nepovoljno za dugotrajnost pokrova. U poljima se odabiru plodnije površine na kojima se sije i uzgaja raž posebno za krovne pokrove. Zrela se raž žanje ručno, srpom, kako bi bilo što manje lomova slame. Rabe se stabljike dužine 2 do 3 m *(Slika 5-3)*. Prije nego se slama može postavljati potrebno ju je povezati u snopove od ø12 cm do najviše 15 cm. Snopovi se postavljaju na krovnu konstrukciju, gdje su na rogovima već zabijene letve dimenzija oko 2,5/5 cm, na sljedećim razmacima:

1. **Prvi i drugi red** kod **strehe** na razmaku od 10 cm. Letve prvog reda pribijaju se na 10 cm od ruba krova (strehe).
2. **Treći i ostali redovi** pribijaju se na razmaku od najviše 20 – 40 cm.
3. **Zadnji red** letava je ispod završetka roga (sljemena) ako je na strani s koje se očekuju udari vjetra, a 10 cm niže na suprotnoj strani.

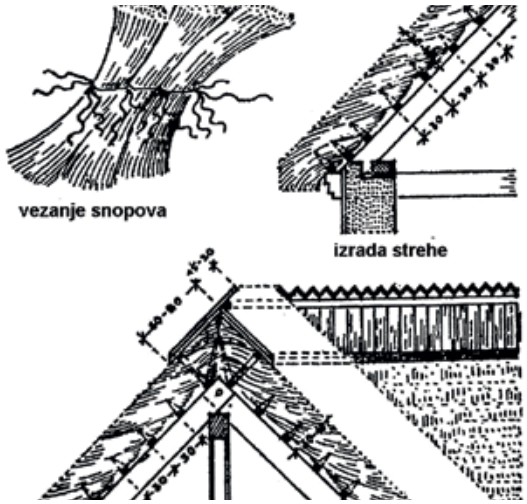
Pokrivanje može biti snopovima ili rasipanom slamom, u slojevima od najmanje 15 cm u pritegnutom stanju (Slika 5 -1). Pokrivanje se odvija od strehe prema sljemenu. Prvi sloj prvog reda razastire se u širini 1,5 do 2,0 m i pocinčanom žicom privezuje za letve. Deblji krajevi slame okrenuti su niz krov zbog mogućnosti otjecanja vode. Na ovaj se način postavlja i prvi sloj drugog reda. Nakon toga slažu se, razastiranjem, ostali uzvodni slo-



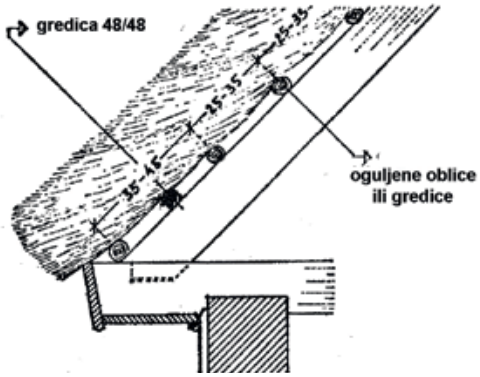
Slika 5-3 *Snopovi slame pripremljeni za ugradnju [305]*

jevi, s obveznim „šivanjem“ žicom za letve između razmaka rogova (2 do 3 roga). Na svakom 4. -5. redu postavlja se letva (motka) u dužini 2-3 razmaka roga, koja se žicom veže za rogove. Ova veza služi za učvršćivanje pokrova. Ovaj postupak pokrivanja isti je i za pokrivanje snopovima kod kojih je prvi i drugi snop okrenut nizvodno debljim krajem prema strehi *(Slika 5-5, Slika 5-6 i Slika 5-7)*. Redovi se prskaju vodenim staklom, vapnenim mlijekom ili sličnim materijalima koji sprječavaju truljenje. Sljeme kod ovog načina pokrivanja može biti obrađeno na više načina: busenom trave ili šindrom. Najveći problem ovoga krovišta bio je vrh – sljeme, koje je bilo teško zaštiti od prokišnjavanja *(Slika 5-2)*. Ljudi su taj problem rješavali tako što su na sam vrh spoja dvaju strana krovišta stavljali dvije široke daske koje su međusobno spojili čavlima kako bi dobili sljemenjak i na taj način krovište zaštitili od prokišnjavanja *(Slika 5-4)*.

Slamnati se krov, nakon što su svezani svi snopovi, „šišao“ i „češljao“ čime se dobila jednolična površina. Takav oblik olakšavao je slijevanje kiše preko vlati, a da pri tom ne bi krivo usmjerenim vlatima prodirao dublje u slojeve i prokišnjavao.



Slika 5-4 *Vezanje snopova, izrada strehe i sljemena s daščicama (drvenom šindrom) [189]*



Slika 5-5 *Pokrivanje strehe slamom - detalj [189]*



Slika 5-6 *Izgled strehe pokrivene slamom [306]*



Slika 5-7 *Pokrivanje sljemena slamom [307]*

5.2.2.2 Tehnologija pokrivanja oblatnjenim snopovima slame ili trske

Pokrivanje snopovima od slame i trske, koji su natopljeni blatom, jedan je od najstarijih načina pokrivanja krova. Ovakav krov je trajan, dobar toplinski izolator, vodonepropustan, te je lijepog i interesantnog izgleda. Južna i zapadna strana krova bez ozbiljne sanacije, koja je također veoma jednostavna, traje i do stotinu godina, a sjeverna i istočna strana još dulje. Ovako pripremljen krovni pokrov otporan je i na požar. Uglavnom se izvodi u nagibima od 40° do 60°, a težak je u prosjeku 70 do 90 kg/m², ovisno o debljini sloja koji mora biti minimalno 30 cm.

Blato se izrađuje od masne gline s najviše 15 % pijeska. Glina može biti obična ilovača. Pripremljeni snopovi potapaju se u pripremljenu smjesu, vade te slažu jedan na drugi. Tako pripremljeni snopovi nakon toga se gaze kako bi se masa dobro upila i povezala sa slamom. Nakon toga dolazi sljedeći red snopova i postupak se ponavlja dok se ne pripremi sav pokrov. Tako pripremljen pokrov/snopovi pokrivaju se slamom kako ne bi došlo do isušivanja i pucanja, te ih treba ostaviti da odleže 2-3 dana. Nakon toga se slažu na krov prema prethodno opisanom postupku.

5.2.2.3 Pokrivanje krovova slamom - revitalizacija

Danas se podloga za pokrov tradicionalno izvodi od oguljenih motki promjera 4 do 5 cm, a novija je i uporaba gredica presjeka 48×48 mm. Međusobni je razmak motki ili gredica 25 do 35 cm (Slika 5-8 i Slika 5 9). Ostatak postupka pokrivanja isti je kao i kroz povijest *(Slika 5-10 i Slika 5-11)*. Zagovornici korištenja prirodnih materijala slamu smatraju poželjnim materijalom jer ima dobra izolacijska svojstva.



Slika 5-8 *Priprema snopova slame na polju [308]*



Slika 5-9 *Pripremljeni snopovi slame [309]*



Slika 5-10 *Pokrivanje krova slamom [309]*



Slika 5-11 *Izrada sljemena slamom [310]*

5.2.2.3.1 Oživljavanje tradicije pokrivanja slamom u Hrvatskoj

Udruga "NAŠ ZAVIČAJ" pokrenula je prvu edukacijsku radionicu pokrivanja krovova slamom. Tijekom edukacije izvodila su se pokrivanja krovova raznih oblika, namjena i nagiba krovova *(Slika 5-12, Slika 5-13 i Slika 5-14).*



Slika 5 12 *Radionica pokrivanja slamom - sjenice [309]*



Slika 5-13 *Sjenice okruglog oblika, Kozjak, Sv. Križ Začretje [309]*



Slika 5-14 *Štand za potrebe promocije TZ Krapinsko-zagorske županije - "Bajka na dlanu" [309]*

U Muzeju „Staro selo“ Kumrovec svoje vještine rada pokazao je majstor Izidor Kuhar iz Bednje, poznavatelj izrade slamnatih krovova. Znanje i vještinu rada slamnatog krova naučio je u svojoj obitelji, od oca, budući je pokrivanje krova slamom obiteljsko nasljeđe. Zahvaljujući vrijednim ruka majstora Kuhara i njegovim pomoćnicima kojima i danas prenosi znanje i vještine, krov je izrađen od ražene slame, debljine 25 cm (*Slika 5-15).*



Slika 5-15 *Obnova slamnatog krova na objektu „Staro selo“ Kumrovec [311]*



Slika 5-16 *Veliko Trojstvo - etno park [309]*



Slika 5-17 *Trški Vrh - pečenjara sa sjenicom [309]*



Slika 5-18 *Bednja - klet, slamnati krov s duplim sljemenom [309]*



Slika 5-19 *Koprivnica - Podravkin rekreacijski centar “PRC” [309]*

5.2.2.3.1.1 Dobri primjeri slamnatih krovova

Kuće pokrivene slamom nekada su bile odlika siromašnih ljudi i siromašnih sredina, jer oni koji su imali novca trudili su se da svoj dom pokriju kamenom ili pečenom zemljom. Danas su kuće s ovakvim krovnom pokrovom izuzetno atraktivne. U nekim zemljama svijeta, npr. u Velikoj Britaniji, kuće prekrivene slamom njegovane su i cijenjene, a vlasnici ovih kuća trude se da u potpunosti zadrže ukupan izgled kuće iz vremena kada su takvi krovovi prvobitno i korišteni. Velika većina ovih kuća sagrađena je prije 100 i više godina te im upravo to daje posebni šarm *(Slika 5-20).*



Slika 5-20 *Primjer slamnatih krovova [312], [313]*

Slamnati krov odličan je krovni pokrov. Prvenstveno je jeftin, ali je i odličan toplinski izolator. Danas su krovovi od slame upotpunjeni dodacima koji im omogućavaju da ispune sve suvremene zahtjeve po pitanju sigurnosti, otpornosti, ugradnje i održavanja. Krovovi od slame mogu se podrezivati, šišati, zaobljavati te stoga imaju i nebrojene mogućnosti oblikovanja.

5.2.3 Pokrov trskom



Slika 5-21 *Pokrivanje krovova trskom [314]*

Prirodni materijali ponovno se vraćaju u graditeljstvo, a krovovi od trske osim dobrih izolacijskih svojstava vrlo se dobro uklapaju u prirodna okruženja čime čine harmoniju s prirodom *(Slika 5-21)*. Naime, krovovi od trske ne samo što izgledaju lijepo, nego omogućuju i uštedu energije i do 30 % tijekom zime. Tradicionalni pokrovi od trske izvode se od prvoklasne trske posebno birane za tu namjenu. Proces odabira trske za pokrivanje krovova provodi se tijekom berbe trske jer je za ovu namjenu potrebno koristiti trsku koja je pogodna za izradu krovova – sitniju trsku manjeg promjera koja je još trajnija i kvalitetnija od slame, dok je vizualni doživljaj potpuno isti. Danas je trska, uglavnom, uvozni proizvod iz delte Dunava, koju zna obrađivati samo mali broj majstora.

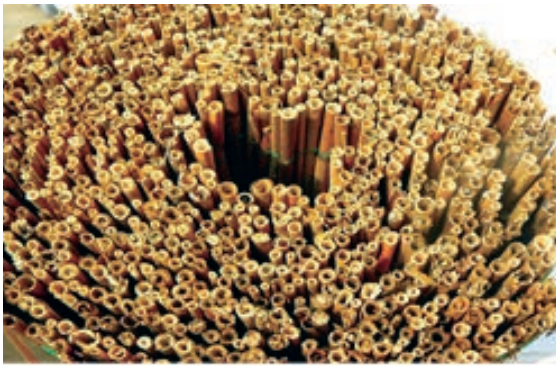
Sam krov od trske izvodi se na standardnoj krovnoj konstrukciji koja treba biti tzv. “poletvana” na razmak od cca. 50 cm s debljinom slame od 25 do 35 cm, s nekoliko načina završetaka, odnosno sljemena, ovisno o samoj konfiguraciji krova te želji naručitelja *(Slika 5-25)*.

Najpoželjniji nagib krovišta za izradu krova od trske je 45° jer se time osigurava dobro otjecanje svih padalina i višestruko se produljuje vijek trajanja krova, odnosno potreba za njegovom obnovom. Prosječni vijek trajanja krova od trske, uz redovito održavanje odnosno obnovu svakih dvadesetak godina, iznosi preko 200 godina. Redovito održavanje krova od trske uključuje obnovu i servis gornjeg sloja pokrova od trske čime krov dobiva novu svježinu i izgled.

Ne treba zanemariti činjenicu kako ispod krova od trske nije potrebno stavljati nikakvu toplinsko-zvučnu izolaciju jer je on sam po sebi izvanredan izolator, što dodatno umanjuje troškove izrade krova. S gledišta zdravog življenja krov od trske definitivno je najbolji izbor jer, osim što pruža izvanrednu toplinsko-zvučnu izolaciju, ima prirodni fenomen da u trsku ne zalaze nikakvi nametnici niti insekti, što čini život u potkrovlju najpoželjnijim dijelom kuće. Trska ima prirodno svojstvo zaštite od štetnih zračenja, a i sama pozitivno zrači u prostor oko sebe. Sama priprema trske kao krovnog pokrova prikazana je na slikama *5-22, 5-23 i 5-24.*



Slika 5-22 *Trska spremna za rezanje [307]*



Slika 5-23 *Trska u snopovima [307]*



Slika 5-24 *Strojno rezanje trske [307]*



Slika 5-25 Pokrivanje manjeg objekta trskom [315]

5.3 ŠINDRA KAO KROVNI POKROV

5.3.1 Općenito o šindri

Šindra je vrsta pokrova s tisućljetnom tradicijom. Predstavlja najstariji oblik krovnog pokrova. Ljudi su u pradavnim vremenima postavljali i slagali ravne kamene ploče jedne do drugih ili djelomice jedne preko drugih po krovovima kako bi se po njima slijevala voda i kako na taj način ne bi dospjela u unutrašnjost objekta. Od prirodnog se kamena škriljevca zbog njegovih dobrih osobina i dugotrajnosti šindra i danas izrađuje.

Umjesto kamenih ploča ponekad se koristila i kora stabala. Ovakav oblik krovnog pokrivača koristila su indijska plemena u Sjevernoj Americi koja su preko ovakvih pokrovnih elemenata postavljala kamene ploče koje bi cijelu konstrukciju još dodatno učvršćivale.

Daljnji je korak u razvoju šindre pečena glinena šindra, koju su stari Rimljani nazivali ''scandula''. Glinene ploče odnosno glinenu šindru danas poznajemo pod nazivom biber crijep. Općenito, šindra se koristi na svim onim mjestima na kojima se iz nekih razloga ne može koristiti krovni crijep ili krovni kameni pokrov. To su većinom izrazito strmi krovovi, krovovi crkava i slično.

Postoji više tipova šindre:

- drvena šindra,
- kamena šindra,
- bitumenska šindra,
- šindra od ploča na bazi cementnih vlakana.

Za šindru je specifično jednostavno polaganje i manja težina te velika mogućnost primjene. Šindrom se mogu pokriti gotovo svi zamislivi oblici krova i zadovoljiti gotovo svi nagibi, a posebno oni izuzetno mali (već od 10°).

Pravilno i kvalitetno postavljanje šindre iziskuje prije svega pravilno i kvalitetno izvedenu nosivu krovnu konstrukciju na koju se postavlja podloga te pažljivo izvođenje ventilacije krovišta.

5.3.2 Pokrov drvenom šindrom

Drvena šindra ima dugu tradiciju kao pokrovni materijal, ali i kao fasadna obloga za vanjske zidove u zemljama Srednje i Sjeverne Europe, te u alpskim zemljama. Izrađuje se u različitim širinama i dužinama od hrasta, bukve, ariša, smreke i cedra.



Slika 5-26 *Cijepana drvena šindra [316]*

Uobičajene mjere su 8×10 cm, odnosno 10×25 cm. Ovisno o veličine krova, na cijelu konstrukciju krova može se posložiti 4.000, 6.000 ili čak 12.000 komada drvenih elemenata šindre.

Šindra se dobiva cijepanjem drvenih komada, jer se tijekom cijepanja drvena masa razdvaja duž unutarnjih vlakana *(Slika 5-26).* Kad se drvo cijepa, ostaje trajnije i izdržljivije na vanjske utjecaje, te vlakna ostaju sačuvana. Kakvoća drvenog pokrova pospješuje se njegovim sušenjem, a „elastičnost“ drveta omogućuje strujanje zraka kroz njega odnosno ventiliranje krovišta.

Proizvodi se i rezana šindra *(Slika 5-27)* koja se danas koristi za uređenje fasada, dok se cijepana šindra od hrasta i ariša postavlja na krov jer se do sada pokazala kao izvrstan krovni pokrov (Slika 5 29). Što se tiče oblika, postoji velik izbor: od okrugle, ravne, jajolike, segmentne, oštre pa sve do srcolikog oblika *(Slika 5-28).*



Slika 5-27 *Rezana drvena šindra -ravna [317]*



Slika 5-28 *Rezana drvena šindra - oblikovana [318]*



Slika 5-29 Primjer krova pokrivenog drvenom rezanom ravnom šindrom [319], [320]

Drvena šindra izrazito je ekološki prihvatljiva no istovremeno i vrlo skupo rješenje kad je riječ o proizvodnji i ugradnji.

Trajnost pokrova od drvene šindre bez ikakve impregnacije je 15-20 godina, a tretiranjem odgovarajućim sredstvima i premazima produljuje joj se vijek trajnosti i preko 50 godina. Drvena šindra izrađuje se u različitim širinama i dužinama; uobičajene mjere su 8×10, odnosno 10×25 cm.

5.3.3 Primjena drvene šindre

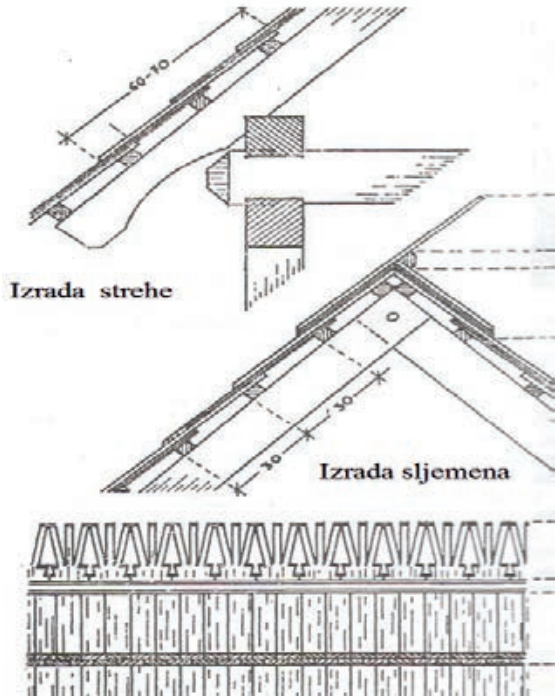
Drvena šindra idealan je pokrov za sjenice, kuće, pušnice tj. sušare za meso i gospodarske objekte *(Slika 5-30).* Svojim 'etno' izgledom, bojom i slojevitom teksturom daje posebnu slikovitost zgradama i cijelom krajoliku pa se kao takva koristi kao pokrov restorana, hotela i vikendica.



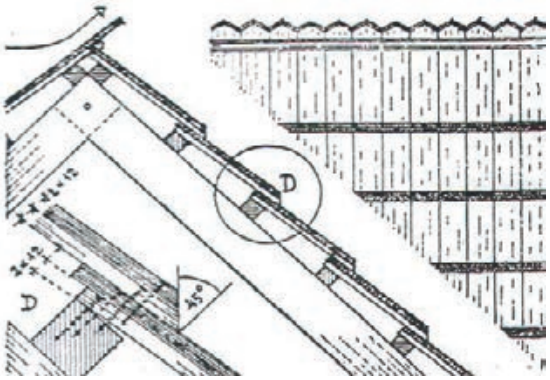
Slika 5-30 Primjer pokrova drvenom šindrom [321]

5.3.4 Pokrivanje drvenom šindrom

Pokrivanje i detalji pokrivanja drvenom šindrom prikazani su na slikama *5-31, 5-32 i 5-33.*



Slika 5-31 *Pokrivanje drvenom šindrom [189]*



Slika 5-32 *Dvostruki ili krunski pokrov drvenom šindrom [189]*



Slika 5-33 *Pokrov od drvene cijepane šindre [4]*

5.4 POKROV KAMENOM

5.4.1 Ploče od prirodnog kamena

Za jednostavne pokrove dolaze u obzir deblje ploče od onih vrsta sedimentnih stijena koje se po slojevima lagano razdvajaju (kalaju), te se isključivo koriste za grube pokrove kamenom.

Za kvalitetnije pokrove kamenom koriste se tanke ploče od kamena škriljevca, koje nisu deblje od 1 cm *(Slika 5-34).* Njihova uporaba je tradicionalna, a i danas aktualna, osobito u Engleskoj, Njemačkoj i Francuskoj.



Slika 5-34 *Pokrov prirodnim kamenom [322]*

Škriljevac je nastajao milijunima godina iz najfinijeg glinenog blata, metamorfozom gline i škriljca u uvjetima visoke temperature, tlaka i deformacije. Pri tome je nastala i tipična struktura škriljevca uz prisutnost slojeva tinjca, što omogućuje dobru postojanost na vremenske utjecaje, te izuzetnu otpornost na kiseline i toplinu. Kao građevinski materijal škriljevac se uz najmanju obradu i dodatni rad može izravno stavljati na krov, te se koristi već preko 2.000 godina.

Postoje primjerice mnogobrojni dokazi da su upravo stari Rimljani koristili škriljevac. U srednjem vijeku ovim plemenitim materijalom pokrivali su se dvorci, utvrde, crkve i dr. Škriljevac se dugo vrijeme nije koristio za pokrov građevina, ali je u posljednjih 30 godina doživio snažni zamah.

Posebnost je škriljevca u tome što se savršeno uklapa u tradicionalni dizajn s neformalnim izgledom antiknog. U današnje vrijeme kod nas se koristi više kao ukras koji se polaže na betonsku ploču nego kao funkcionalni pokrov.

5.4.1.1 Vrste pokrivanja

Postoji više pokrivanja krova kamenom šindrom - škriljevcem. Najčešće se ploče kalaju u debljinama po 5 do 10 mm, a rubovi se posebnim alatom oblikuju u pravilne četverokutne i višekutne komade, ili u nepravilnije komade s uglatim i zaobljenim rubovima. Ploče kamene šindre mogu se i rezati. Kamene ploče mogu biti različitih dimenzija:

- manje: od 15 do 20cm - širina, 20 do 30 cm - dužine
- veće: od 20 do 40 cm – širina, 50 cm dužina.

Konačno oblikovane kamene ploče koje nastaju nazivaju se **šablone**. Težina 1 m² ovog krovnog pokrova je- 16 do 20 kg/m² bez podloge, koja je od gredica. Nagib krovnih ploha može biti od 20° do 50°.

5.4.1.1.1 Pokrov od debljih kamenih ploča

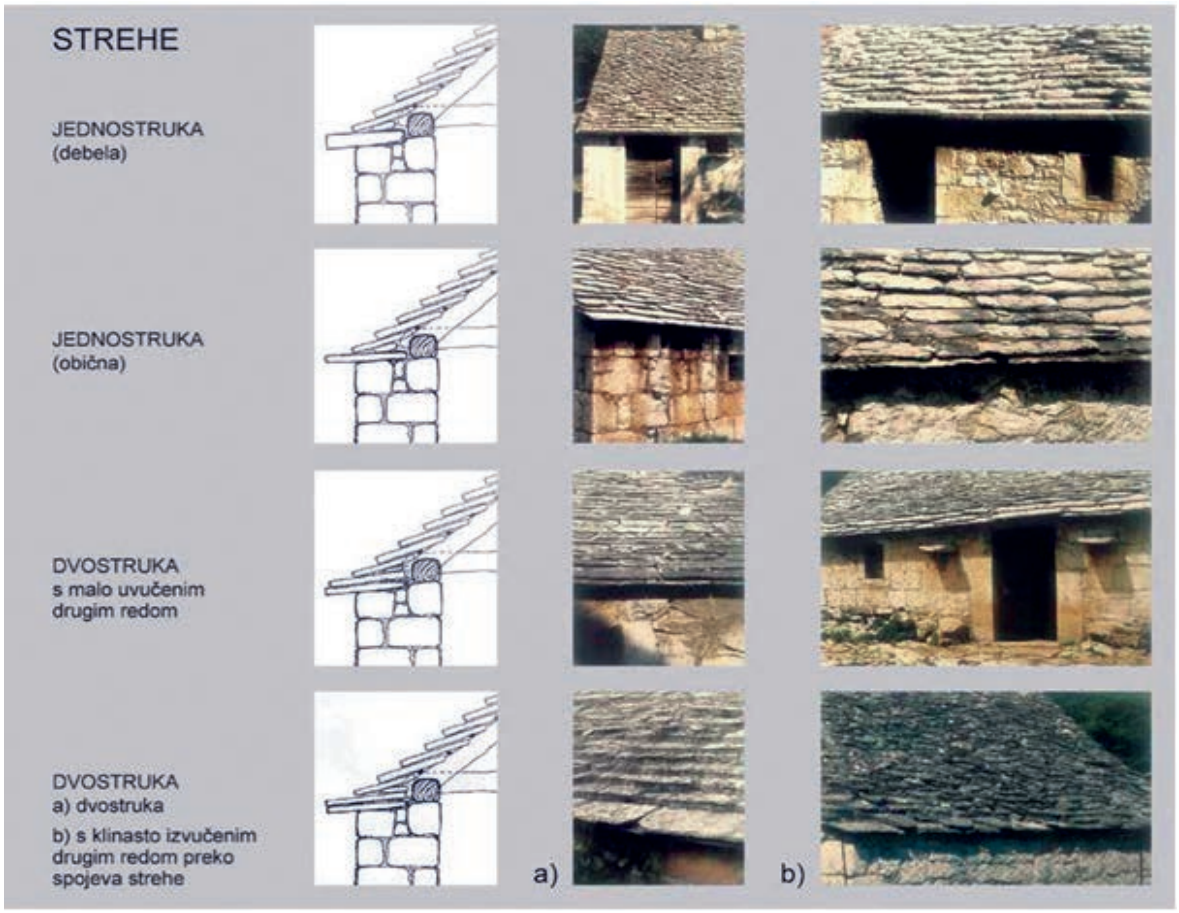
Ova vrsta pokrova primjenjuje se kod nadstrešnica *(Slika 5-37)* ili skladišta gdje u blizini ima kamena koji se dobro kala ili odvaljuje u pločama debljine 4 do 6 cm *(Slika 5-35 i Slika 5-36).* Koristi se za blage nagibe, a za podlogu se koriste tesane gredice na razmaku od 40 do 50 cm. Ploče se slažu kao ravni crijep u jednostrukom pokrivanju.



Slika 5-35 *Pokrivanje debelim kamenim pločama [323]*



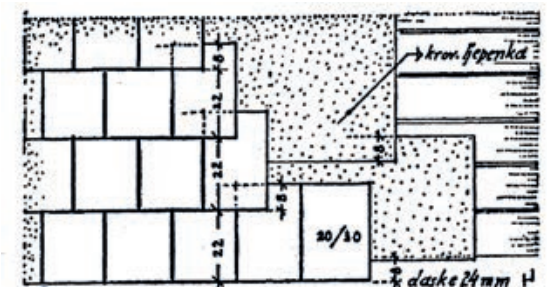
Slika 5-36 *Izgled krovnog pokrova od debljih kamenih ploča [7]*



Slika 5-37 *Rješenje strehe kod kamenog krovnog pokrova [324]*

5.4.1.1.2 Prosti - jednostruki - pokrov kamenim pločama

Prosti pokrov polaže se na daščanu podlogu, koja mora biti prekrivena ljepenkom, debljine 2,2 do 2,4 / 12 do 14cm, ovisno o načinu i obliku „šablone“ *(Slika 5-38 i Slika 5-39)*. Na podlogu od ljepenke slažu se ploče “šablone“ koje se u istom redu preklapaju najmanje 8 mm, a ploče sljedećeg reda preklapaju prethodni za 8-12 mm. Prvi red na strehi treba istaknuti za 8 cm. Svaka ploča ima 3 rupe kojima se pribija za konstrukciju čavlima. Grebeni i uvale se ne izvode, tj. oblaže se kao da se ploha nastavlja.



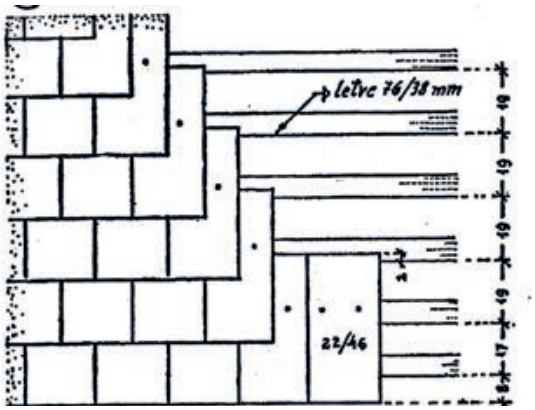
Slika 5-38 *Prosti ili jednostavni pokrov [189]*



Slika 5-39 *Izgled pokrova kamenom [317]*

5.4.1.1.3 Gusti pokrov kamenim pločama

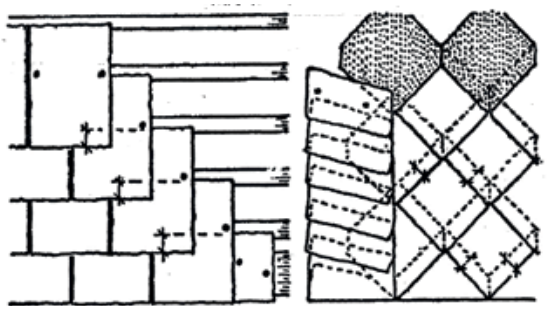
Gusti pokrov kamenim pločama izvodi se na letvama dimenzija 3,6/7,6 cm. Preklop ploča je 2,5 cm više od razmaka letava. Gusti se pokrov izvodi od pravokutnih ploča dimenzija 22 do 25 / 46 do 50 cm, debljine 6 do 8 cm, koje se slažu gustim pokrivanjem. Ploča se pribija na letve pomoću dva pocinčana čavla dužine 4-5 cm) i to u sredini ploče, što ih štiti od podizanja uslijed udaraca vjetra. Gusti pokrov naziva se još i **engleski pokrov** *(Slika 5-40)*. Završeci pri sljemenu izrađuju se od posebno formiranih ploča, koje za 5-6 cm nadvisuju liniju sljemena prema onoj strani koja je protivna smjeru vjetra.



Slika 5-40 *Gusti ili engleski pokrov [189]*

5.4.1.1.4 Francuski pokrov

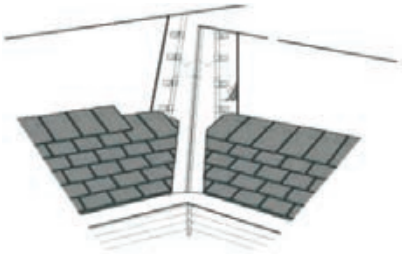
Ova vrsta pokrova razlikuje se od engleskog načina po obliku ploča-šablona *(Slika 5-41)*. Kod ovog načina pokrivanja prevladavaju poligonalni i izdiženi oblici ploča. Čest je šesterokutni izduženi oblik s odrezana dva suprotna ugla, koji se u pokrovu sudaraju i čine rešku okomitu na strehu.



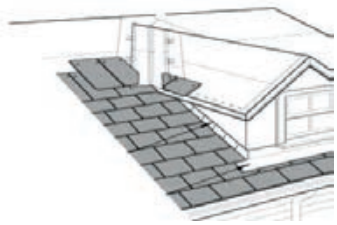
Slika 5-41 *Francuski pokrov [189]*

5.4.1.1.5 Dvostruki pokrov

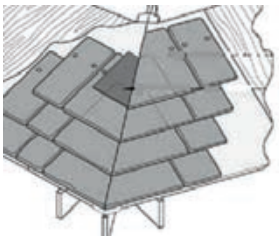
Ovaj je pokrov učestaliji jer je njegova izvedba jeftinija i jednostavnija. Izvodi se samo s pravokutnim rezanim jednakim pločama. Na drvenu konstrukciju krova može se staviti i šperploča debljine 16 mm te je obvezna hidroizolacija. U prvi red kojim počinje ploha krova stavljaju se prikraćene ploče t preko kojih se stavljaju pune ploče. Drugi red ploča mora prekriti prored između ploča. Treći red se postavlja kao i prvi tako da pokrije 100 mm prvog reda (za nagib od 18 - 27˚) ili 75 mm prvog reda (za nagibe veće od 27˚). Ploče imaju po dvije rupe za pribijanje čavlima. Uvale se izvode kao i kod ostalih krovova (metalni opšav uvale Najmanje 600 mm širine, a preklop s pločom minimalno 150 mm) *(Slika 5-42)*. Sljeme se prekriva na tradicionalan način ili metalnim sljemenjakom.



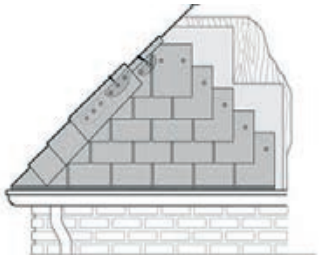
Slika 5-42 *Rješenje uvale [325]*



Slika 5-43 *Pokrivanje kod zabata [325]*



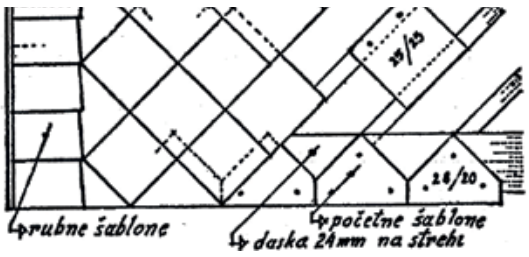
Slika 5-44 *Rješenje grebena [325]*



Slika 5-45 *Rješenje grebena [325]*

5.4.1.1.6 Koso pokrivanje kamenim pločama

Kosi se pokrov izvodi na podlozi od letava dimenzija 3,8/7,8 cm na razmaku od 25 cm, pod kutom od 45° *(Slika 5-46)*. Početni se red slaže od komada s peterokutnim licem tzv. šablonki, tako da je pravokutni vrh peterokuta na gornjoj strani reda. Daljnji se redovi pravilno slažu od ploča kvadratnog lica (dimenzija 25/25cm), a slaganje počinje na onoj strani strehe koja je protivna smjeru



Slika 5-46 *Koso pokrivanje kamenim pločama [189]*

vjetra. Jedan se gornji rub ploče izravnava s gornjim bridom pripadajuće letve, na koju se ploča pribija s dva pocinčana čavla kroz unaprijed probijene prostrane rupice. Uz sljeme i zabate slaže se po jedan niz ploča vodoravno i okomito, a ne dijagonalno usmjerenim rubovima. Na strehi i zabatu izvedena je podloga od dasaka debljine 4 cm, širine od 25 do 30 cm. Pokrivanje krova počinje od strehe gdje se postavljaju peterokutne ploče, a preklapanje je u smjeru vjetra kako ne bi došlo do prokišnjavanja. Ploče se učvršćuju čavlima (najmanje 4 komada).

5.4.1.1.7 Staronjemački pokrov kamenim pločama

Ovaj tip pokrova karakterizira pokrivanje kamenom različitih širina i visina. Od strehe do sljemena crijep od kamena škriljca postaje sve manji što značajno povećava estetiku krova. Za staronjemački pokrov upotrebljavaju se veće ploče, šablone, obrađene tako da im je samo donja „noga“ i prednja strana „prsa“ donekle u pravcu.

Te dvije strane zatvaraju kut veći od 45°, a manji od 90°. Gornja „glava“ i stražnja strana „leđa“ obrađene su u liniji nepravilnog luka. Njemački propisi određuju za tu vrstu pokrova najmanji nagib krovnih ploha od 30°. Podloga pokrova mora biti od dasaka.

Ploče se slažu po zacrtanim linijama počevši od strane protivne vjetru tako da su im prednji bridovi „prsa“ okrenuti prema vjetru, jer te bridove pokrivaju zaobljeni dijelovi „leđa“ sljedećih ploča. Završetak pri sljemenu radi se nakon slaganja zadnjih slojeva glavne krovne plohe.

5.4.1.1.8 Divlje pokrivanje

Divlje pokrivanje rezultat je kombinacije visokokvalitetnog Mosel-škriljevca iz gorja Eifel i vještine krovopokrivača *(Slika 5-47)*. Komadi škriljevca dovoze se na gradilište neobrađeni i svoju individualnu formu dobivaju tek u rukama krovopokrivača na krovu.



Slika 5-47 *Divlje pokrivanje [326]*

5.4.1.1.9 Lučno pokrivanje

Kružni oblik crijepa te jasne linije daju optici krova harmoničnost i živahnost *(Slika 5-48 i Slika 5-49).*



Slika 5-48 *Lučno pokrivanje [327]*



Slika 5-49 *Primjer krova pokrivenog lučnim načinom pokrivanja [328]*

5.4.1.1.10 Pravokutno pokrivanje

Ravnim linijama i uređenom strukturom pravokutno pokrivanje idealno je za jasan i objektivan stil gradnje *(Slika 5-50)*. Češće se rabi kao dvostruki pokrov.

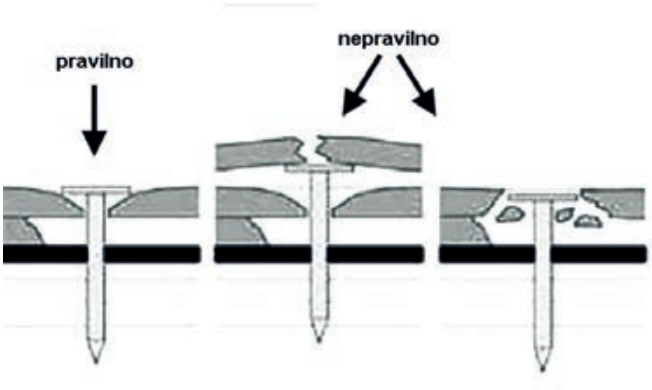


Slika 5-50 *Primjer krova pokrivenog kamenim pločama - pravokutno pokrivanje [329]*

5.4.2 Učvršćivanje kamenih ploča čavlima

Kod standardne debljine škriljevca duljina čavala je 38 mm, a za grebene i uvale 50 mm, dok suza deblje škriljevce potrebni dulji čavli (25 mm dulji od dvostruke debljine ploča) *(Slika 5-51)*.

Minimalni promjer vrata čavla treba biti 3 mm, ali to ipak ovisi o vjetru, nagibu i debljini škriljevca. Zbog dugotrajnosti krova preporučuju se čavli otporni na koroziju (pocinčani, bakreni).



Slika 5-51 *Primjeri pravinog i nepravilnog pribijanja*

5.4.3 Dobri primjeri kamenog krovnog pokrova

Dobri primjeri kamenog krovnog pokrova u Republici Hrvatskoj prikazani su na *Slici 5-52.*



Slika 5-52 *Pokrivanje kamenim pločama [330]*

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE
KROVOPOKRIVAČ



RAVNI KROVOVI

6 RAVNI KROVOVI

Ravni krovovi *(Slika 6-1)* jedinstvene su cjelovite konstrukcije sastavljene od niza slojeva različitih materijala i funkcija koje uz ulogu stropne konstrukcije posljednjeg kata moraju zaštititi građevinu od vanjskih utjecaja: padalina, topline, hladnoće i vjetra. Ravni krovovi zbog raznolikog izbora završnih slojeva daju veliki broj mogućnosti.

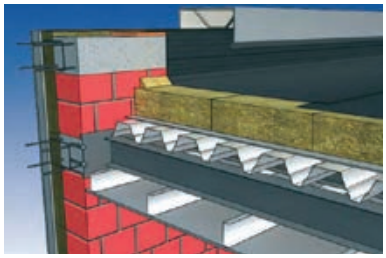


Slika 6-1 *Ravni krov [331]*

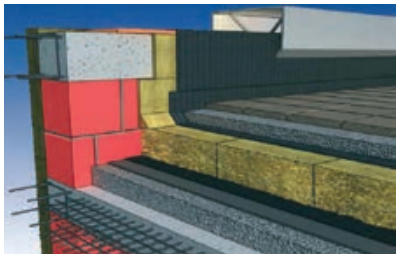
Ovisno o odabranom rješenju i predviđenim materijalima za izolaciju ravnog krova, nagib krovnih ploha je 1,5 – 5 %. Uz ispravnu izvedbu i uporabom kvalitetnih materijala ravni je krov ekonomična konstrukcija koja pruža znatno veće slobode u komponiranju volumena i prostora.

Ravni se krovovi prema namjeni dijele na:

- NEPROHODNE (šljunak ili hidroizolacija kao završni pokrov), *Slika 6-2, Slika 6-5,*
- PROHODNE (terase, zeleni krovovi, balkoni), *Slika 6-3, Slika 6-6.*



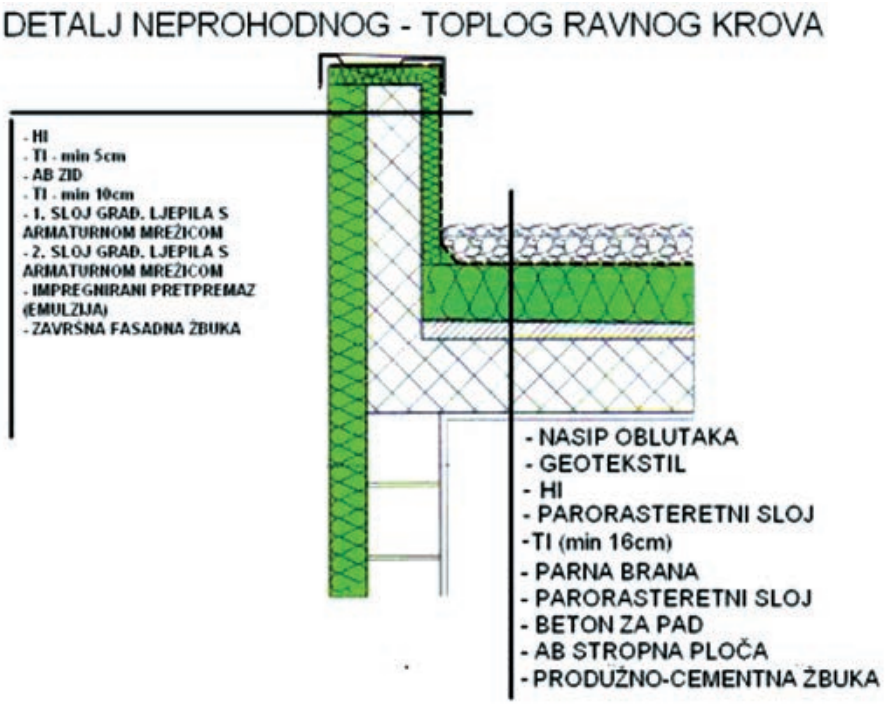
Slika 6-2 *Neprohodni ravni krov [332]*



Slika 6-3 *Prohodni ravni krov [332]*



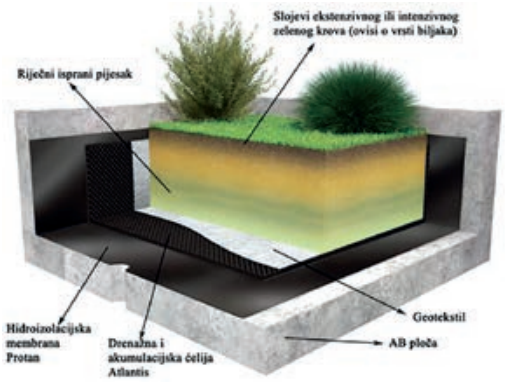
Slika 6-4 *Zeleni ravni krov [332]*



Slika 6-5 Detalj neprohodnog ravnog krova [333]



Slika 6-6 Detalj prohodnog ravnog krova [333]



Slika 6-7 Detalj zelenog ravnog krova [334]

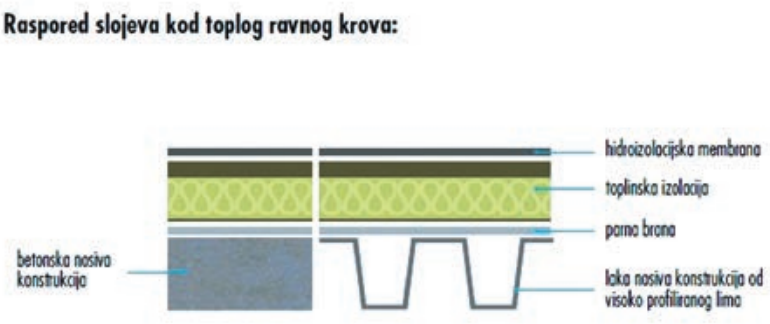
6.1 PODJELA RAVNIH KROVOVA S OBZIROM NA RASPORED SLOJEVA

Ravni krovovi s obzirom na raspored slojeva dijele se na sljedeći način:

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:

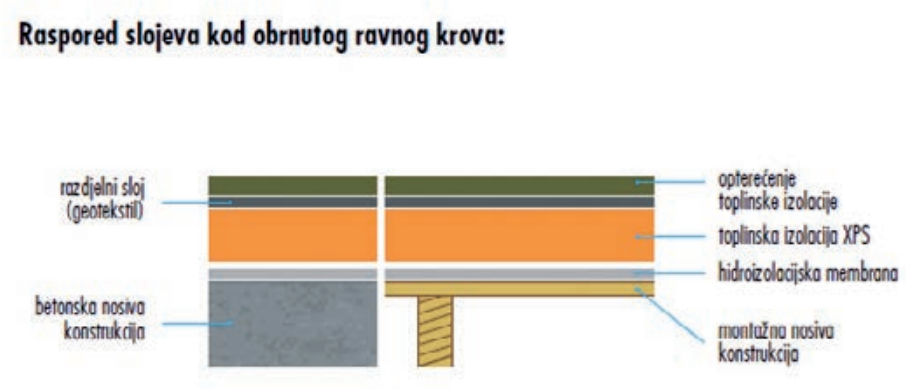
KLASIČNI RAVNI KROV *(Slika 6-8)* - svi slojevi krova zaštićeni su završnim slojem hidroizolacije. Kod klasičnog ravnog krova hidroizolacija je najčešće završni pokrov te je mehanički pričvršćena na nosivu konstrukciju. Mehanički pričvrščivači koji krovnu membranu i toplinsku izolaciju učvršćuju u podlogu probadaju parnu branu i time smanjuju njenu nepropusnost. Posljedica toga je prodor određene količine zasićene vlage iz unutrašnjosti objekta kroz sloj toplinske izolacije. Zaostajanje vlage u toplinskoj izolaciji slabi njena toplinsko izolacijska svojstva. U skladu s time, najprimjereniji režim isušivanja vlage nude krovne membrane od raznih umjetnih materijala poput PVC-a, FPO-a ili EPDM-a. To su jednoslojne membrane koje su, u pravilu, točkasto učvršćene što omogućava odgovarajući režim za isušivanje vlage iz paro-izjednačavajućeg sloja tik ispod membrane.



Slika 6-8 Raspored slojeva kod klasičnog toplog ravnog krova [335]

OBRNUTI RAVNI KROV *(Slika 6-9)* - ovdje se sloj toplinske izolacije (ekstrudirani polistiren) nalazi iznad hidroizolacije. Kod ovih krovova slojevi se zamjenjuju tako da toplinska izolacija dolazi na hidroizolaciju čime ona dobiva zaštitu od ekstremnih temperaturnih i mehaničkih oštećenja, zaštitu od UV zračenja, te se produljuje vijek trajanja hidroizolacije. Toplinsko-izolacijski materijal izložen je krajnjim vremenskim utjecajima promjena temperature, razdobljima smrzavanja-otapanja-grijanja, vlazi, oborinama, mehaničkim opterećenjima, pa zato toplinska izolacija mora odgovarati određenim uvjetima. Toplinsko-izolacijske ploče moraju imati razvijena svojstva za primjenu u posebnim područjima, pa posjeduju osobine visokog standarda koji zadovoljava postavljene zahtjeve za toplinsku izolaciju "obrnutih" ravnih krovova:

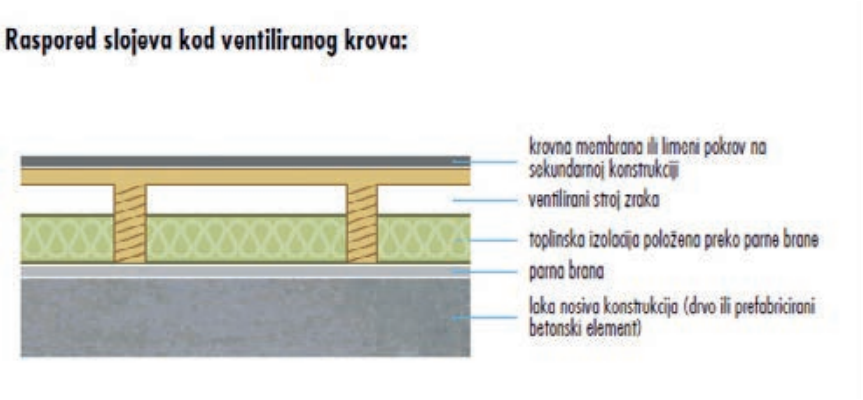
- imaju homogenu strukturu zatvorenih ćelija;
- upijanje vode je zanemarivo;
- otporne su na mraz;
- koeficijent toplinske vodljivosti je nepromjenjiv i uz dugotrajno vlaženje;
- imaju veliko tlačno naprezanje (0,3 N/mm^2 kod 10 % deformacije);
- postojanih su dimenzija;
- otporne su na starenje i raspadanje.



Slika 6-9 *Raspored slojeva kod obrnutog ravnog krova [335]*

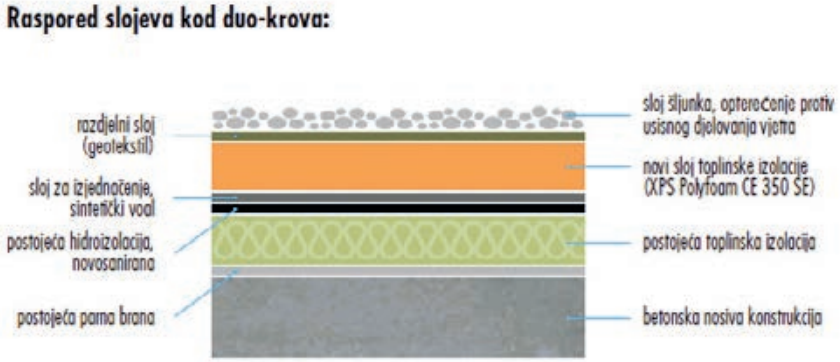
2. DVOSTRUKI VENTILIRAJUĆI (HLADNI) KROVOVI

Ovi su krovovi također slojevite konstrukcije s pokrovnim slojem odvojenim od ostalih slojeva pomoću ventilirajućeg prostora *(Slika 6-10)*. Navedeni prostor mora biti poprečno ventiliran dovodnim i odvodnim otvorima. Zbog neekonomičnosti ovi se krovovi izvode vrlo rijetko i to uglavnom u slučajevima povećane insolacije i pri većoj vlažnosti zraka unutarnjih prostora [336].



Slika 6-10 *Raspored slojeva kod ventiliranog (hladnog) ravnog krova [335]*

Krov kod kojeg se dio toplinske izolacije nalazi ispod, a dio iznad sloja hidroizolacije, naziva se DUO-krov ili PLUS-krov no takvo rješenje često se koristi kod sanacije ravnog krova pri čemu se zadržavaju postojeći slojevi krova *(Slika 6-11)*. Dodatno se iznad sanirane hidroizolacije izvodi sloj ekstrudiranog polistirena sa slojem šljunka kao dodatnog opterećenja protiv usisavajućeg djelovanja vjetra.



Slika 6-11 *Raspored slojeva kod DUO-krovova – sanacije [335]*

6.2 FUNKCIONALNI SLOJEVI RAVNOG KROVA

S obzirom na brojne 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) SLOJ ZA NAGIB - Ovaj sloj osigurava najmanje nagibe krovnih ploha prema mjestima za odvod oborinskih voda (vodolovna grla). Ako se za nagib rabi lagani beton *(Slika 6-12)* 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 toplinsko izolacijskog sloja, ali tada treba biti pravilno dilatiran zbog toplinskog rada.

Osiguranje nagiba ravnog krova može se postići i toplinskom izolacijom u nagibu *(Slika 6-12)*. Na temelju tlocrta krova, zahtjeva za minimalnom debljinom izolacije i projektiranog režima odvodnjavanja, može se napraviti popis potrebnog materijala i nacrt polaganja ploča rezanih u nagibu. Ploče toplinske izolacije s nagibom mogu imati jednostrani ili dvostrani nagib. S tako rezanim pločama, voda se lako usmjerava u kanal (linijsko odvodnjavanje), ili izravno prema slivnicima (točkasto odvodnjavanje). Pri polaganju modularnih elemenata toplinske izolacije potrebno je voditi računa o sljedećem:

- mjestima gdje se u nagibnim plohama nalaze proboji krova – proboji su često mjesta gdje se voda skuplja na gornjoj strani proboja;
- razmaku između odvoda u kanalima;
- provjeriti minimalan kut kosih ravnina krova, kako bi nakon ugradnje toplinske izolacije u nagibu odvodnjavanje bilo učinkovito i u skladu s projektom;
- pri sanaciji postojećih krovova potrebno je provjeriti stvarne nagibe na krovu i po potrebi prilagoditi postojeći režim odvodnjavanja kako ne bi došlo do zastoja vode.

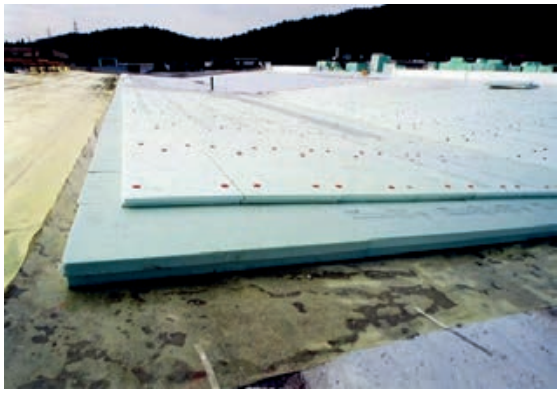
Dodatno je nagib na ravnom krovu moguće ostvariti i suhim nasipom od laganog rastresitog materijala *(Slika 6-13)*, čime se može doprinijeti i dodatnom smanjenju prolaska topline kroz ravni krov u usporedbi sa slojem za pad izrađenom od betona.



Slika 6-12 *Izvedba betona u padu i toplinska izolacija u nagibu za postizanje korektne odvodnje ravnog krova [337], [6]*



Slika 6-13 *Izvedba nagiba od suhog nasipa [338]*



Slika 6-14 *Prikaz nagiba ravnog krova [339]*



Slika 6-15 *Prikaz sloja za izjednačenje [6]*

2) SLOJ ZA IZJEDNAČENJE ima zadaću zaštititi parnu branu od hrapave površine podloge i njezinih kemijskih utjecaja, kao i premostiti male pukotine uslijed stezanja i naprezanja nosive konstrukcije. Za tu se svrhu koristi sintetički voal *(Slika 6-15).*

3) PARNA BRANA - Smjer je kretanja vodene pare iz područja višeg parcijalnog tlaka prema nižem, s težnjom njihova izjednačavanja. Zimi je parcijalni tlak vodene pare veći u grijanim prostorima zgrade nego vani. Zato zimi vodena para prodire (difundira) kroz vanjske građevne dijelove zgrade iznutra prema van. Prolazeći kroz slojeve vanjskog zida, ravnog krova ili građevnog dijela prema negrijanom prostoru dolazi u sve hladnije slojeve, pa ovisno o temperaturi i relativnoj vlazi može nastati kondenzat. Sloj toplinske izolacije u višeslojnom se građevnom elementu navlaži, poveća se njegova toplinska provodljivost odnosno smanjuje vrijednost svojstava njegove toplinske izolacije. Ako se tijekom ljetnog razdoblja kondenzat ne može dovoljno isušiti, toplinsko-izolacijski materijal trajno i sve više gubi svoja izolirajuća svojstva, a rezultat su građevinske štete (navlaženje sloja, procurenje kondenzirane vode u prostore ispod krova) *(Slika 6 -16)*, veća potrošnja energenata i nezdrav boravak u prostorima zgrade.



Slika 6-16 *Kondenzat i curenje kondenzata zbog izostanka parne brane u zelenom ravnom krovu [7]*

Za razliku od povezanih sustava za vanjsku toplinsku izolaciju (ETICS) kod kojih, gledajući iznutra prema van, otpor difuziji vodene pare svakog sloja treba biti sve manji i prolaz vodene pare stacionaran, kod ravnog se neprovjetravanog krova ovakav slijed ne može postići jer je završni sloj na krovu hidroizolacija s velikim otporom difuziji vodene pare. Zato se mora ugraditi parna brana. Parna brana sprječava prodiranje vodene pare iz prostora zgrade kroz krovnu ploču u sloj toplinske izolacije do hidroizolacije i funkcio-

nalno je obvezan sloj ravnog jednodijelnog krova. Sprječava ili svodi na minimum prekomjerno vlaženje toplinske izolacije i moguće štete na toplinsko-izolacijskom i hidroizolacijskom sloju. Parna brana bi se trebala uvijek ugraditi nastavljena do iznad razine toplinske izolacije i prekrivena slojem hidroizolacije, na sve okomite dijelove krova kao što su proboji, instalacije, priključci, završetci i dr.. Tada ima i ulogu privremene hidroizolacije za vrijeme izvedbe krova i pričuvne hidroizolacije u slučaju prodora vode, i trebala bi biti spojena na elemente za odvodnju krova kao i hidroizolacijski sloj (vodolovna grla s dvije etaže odvodnje kod unutrašnje odvodnje krova). Parna se brana najčešće izvodi od polimerima modificiranih bitumenskih izolacijskih traka s uloškom od alu-folije (debljine najmanje 0,1 mm ili 0,2 mm), velike vrijednosti otpora difuziji vodene pare $\mu > 700\,000$ *(Slika 6-17)*. Uobičajena je traka oznake 4. Kod izvedbe treba paziti kako ne bi došlo do oštećenja trake jer u izravnom kontaktu aluminija s alkalijama iz betona nastaje proces hidrolize što može dovesti do trajnog oštećenja parne brane. Za parne brane koriste se i deblje (0,1 do 0,2 mm) PE folije *(Slika 6-18)* s kemijski zavarenim preklopima, obično u sklopu sustava određenog proizvođača sintetskih hidroizolacijskih traka. Ovisno o vrsti i namjeni krova, parna se brana lijepi ili slobodno polaže. Polimerne trake manjih vrijednosti otpora difuziji vodene pare mogu se uporabiti kao parne brane / kočnice, što ovisi o građevinsko-fizikalnom proračunu. Parna brana u neventiliranim višeslojnim građevnim elementima mora uvijek imati veći difuzni otpor od difuznog otpora sloja hidroizolacije.



Slika 6-17 *Parna brana od bitumenske trake s uloškom od aluminijske folije [7]*

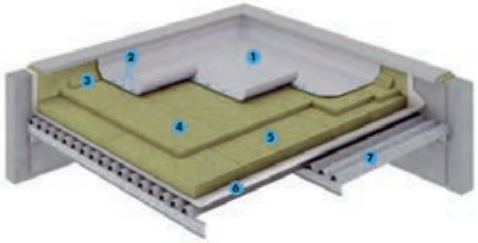


Slika 6-18 *Parna brana od PE folije [7]*

4) TOPLINSKA IZOLACIJA - Uloga je ovog sloja smanjiti toplinske gubitke kroz krov građevine zimi, osigurati toplinsku stabilnost krova ljeti, osigurati stabilnost difuzijskog toka vodene pare te smanjiti toplinski rad nosive krovne konstrukcije. Ispravan je položaj toplinske izolacije na vanjskoj strani krova iznad nosivih dijelova krovne konstrukcije.

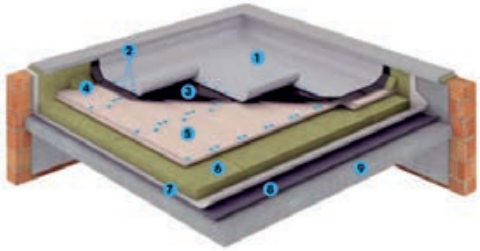
Idealan položaj bio bi iznad svih slojeva ravnog krova, ali zbog značajki većine toplinsko izolacijskih materijala takav položaj nije moguć pa se kao optimalan uzima položaj ispod hidroizolacije. Iznimno se dio toplinske izolacije (do 25 %) može postaviti kao unutarnja dodatna toplinska izolacija kod prostora koji se zagrijavaju povremeno. Za toplinsku izolaciju ravnog krova koriste se tvrde sintetske pjene (polistiren, poliuretan) ili ploče od kamene vune *(Slika 6-19).*





Klasični ravni krov

1. hidroizolacijska membrana
2. teleskopske tiple
3. klin za ravne krovove od MW
4. ploča za ravne krovove od MW
5. ploča za ravne krovove od MW
6. parna brana, PE folija
7. čelični profilirani lim



Kombinacija kamene vune i ekstrudiranog polistirena (XPS)

1. hidroizolacijska membrana
2. teleskopske tiple
3. parorasteretni sloj, stakleni voal
4. klin za ravne krovove od MW
5. XPS
6. ploča za ravne krovove od MW
7. parna brana, PE folija
8. sloj za izjednačenje, sintetički voal
9. AB nosiva ploča



Korištenje toplinske izolacije na bazi PIR-a na obrnutom ravnom krovu



Važnost potpunog oblaganja atike ravnog krova toplinskom izolacijom zbog smanjenja toplinskih mostova





Slika 6-19 *Postavljanje toplinske izolacije na ravni krov [24], [338], [148]*

Preporučuje se izvedba toplinske izolacije u dva sloja s međusobnim preklapanjem sudara ploča kako bi se izbjegla pojava toplinskih mostova. Postoje i ploče s profiliranim rubom koje omogućuju izvedbu u jednom sloju s preklapanjem spojeva. Primjenom ekstrudiranog polistirena moguće je izvoditi obrnute ravne krovove sa slojem toplinske izolacije iznad hidroizolacije.

Ekstrudirani polistiren materijal je potpuno zatvorenih strukturnih ćelija te ne upija vodu i ne mijenja svojstva pod njezinim utjecajem. Ovaj materijal potrebno je dodatno opteretiti nasipom oblutaka 16-32 mm ili betonskim pločama *(Slika 6-20)*. Debljina tog sloja je 5-9 cm (obluci), odnosno 4-6 cm (betonske ploče), a određuje se prema debljini ploča izolacije.

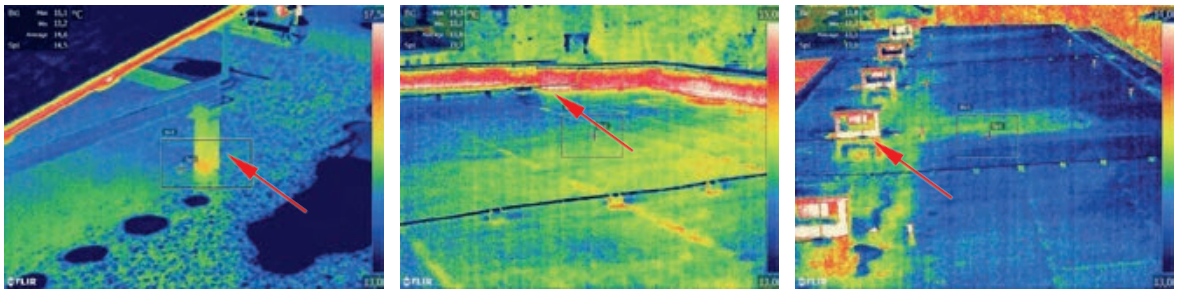


Slika 6-20 *Opterećenje obrnutog ravnog krova nasipom od oblutaka [339]*

Naročito je potrebno naglasiti obvezu toplinskog izoliranja svih istaknutih dijelova ravnog krova kao što su atike, izlazi na krov, svjetlarnici i kupole za odimljavanje, postolja za fotonaponske ploče itd. *(Slika 6-21 i Slika 6-22).*



Slika 6-21 *Potencijalna mjesta toplinskih mostova na neprohodnom ravnom krovu [7]*



Slika 6-22 *Termogrami toplinskih mostova prikazanih na Slici 6-21 [7]*

5) RAZDJELNI SLOJ/SLOJ ZA IZJEDNAČAVANJE TLAKA VODENE PARE treba zaštititi hidroizolaciju od hrapave podloge i spriječiti posljedice kemijske nepodnošljivosti između materijala hidroizolacije i toplinske izolacije *(Slika 6-23 i Slika 6-24)*. Ponekad razdjelni sloj treba osigurati otpornost hidroizolacije na zračnu toplinu pa se u tom slučaju koristi stakleni voal od 120g/m$^{2.}$ Ovaj sloj također treba omogućiti izjednačenje lokalnih tlakova vodene pare koja potječe od eventualne ugradnje ili difuzne vlage te smanjiti prenošenje pomicanja donjih slojeva na sloj hidroizolacije. Često se u tu svrhu koriste hidroizolacijske folije, koje se polažu slobodno ili točkasto, te trakasto lijepe. Tada razdjelni sloj nije potreban.



Slika 6-23 *Stakleni voal na pločama za toplinsku izolaciju ravnog krova [339]*



Slika 6-24 *Postavljanje hidroizolacijske membrane na sloj staklenog voala [340]*

6) HIDROIZOLACIJA - Hidroizolacijski sloj ravnog krova vodonepropusna je neprekinuta membrana čija je temeljna uloga zaštititi sve slojeve krova. Izložena je nepovoljnim utjecajima kao što su mehanička oštećenja, deformacije krovne ploče, visoke i niske temperature, utjecaj vjetra, UV zraka, sve vrste oborina i dr.

Zato izboru materijala i izvedbi valja posvetiti najveću pažnju. Hidroizolacija krovova najčešće se izvodi od sintetičkih, bitumenskih i mineralnih materijala. Kao hidroizolacija koriste se krovne folije koje su u isto vrijeme i vodonepropusne i paropropusne, kako se ne bi stvarao kondenzat unutar toplinske izolacije.

a) Sintetičke krovne membrane

Sintetičke/polimerne membrane =(= membrane) možemo razlikovati prema sirovini koja im daje različite značajke – PVC, FPO, PUR, PE, PP, PVA, TP, EPDM... Slobodno se polažu, mehanički fiksiraju, lijepe ili opterećuju balastom (šljunak, kulir ili sl.).

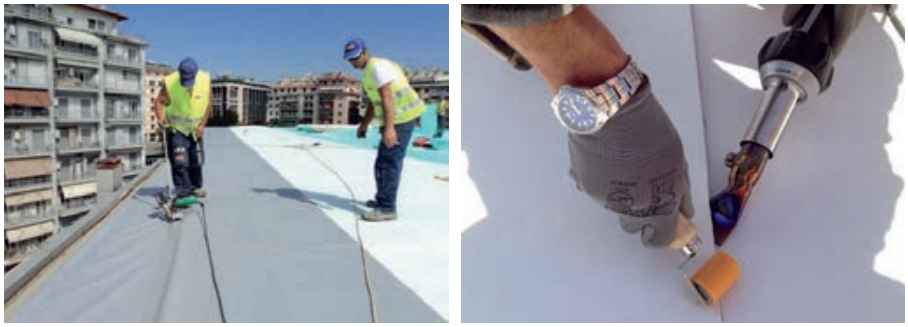
PVC membrane - PVC je osnovni materijal za jednoslojne hidroizolacijske membrane. Ovi materijali jednolični su i konzistentni, visoke gustoće (bez pora) i manje osjetljivi na vlagu. PVC ima dobar omjer cijene i performansi (visoke performanse i trajnost uz ekonomičnost materijala i ugradnje te niske troškove održavanja). Dobra paropropusnost omogućuje im primjenu u skladu sa zahtjevnim značajkama građevinske fizike (čak i u lošim uvjetima) na sanacijama starih krovnih površina sa zaostalom vlagom.

Membrane se postavljaju bez upotrebe otvorenog plamena što ih čini najsigurnijim sustavom ugradnje. Polimerne hidroizolacijske membrane posjeduju otpornost na zakorjenjivanje što je značajno u slučaju zelenih krovova i opterećenih krovova. Kod novih objekata, kao i kod sanacija postojećih, svi detalji mogu biti obrađeni efikasno i sigurno. PVC membrane ostaju “zavarive” za vrijeme čitavog vijeka trajanja.

FPO membrane - FPO (fleksibilni poliolefin) sintetička je membrana *(Slika 6-25 i Slika 6-26)*. Poliolefini su polukristalni termoplasti visoke kemijske stabilnosti. FPO vodonepropusne membrane ekološke su i otporne na dugotrajna izlaganja UV zrakama, ozonu, a kompatibilne su s uljima, polistirena i bitumenima. Zbog toga su kvalitetna alternativa za sanaciju i obnavljanje starih bitumenskih krovnih hidroizolacija, a posjeduju visoku otpornost na klimatske uvjete i starenje.



Slika 6-25 *Postavljanje hidroizolacijske membrane na toplinsku izolaciju ravnog krova od mineralne vune [340], [7]*



Slika 6-26 *Zavarivanje hidroizolacijske membrane vrućim zrakom [341]*

b) Hidroizolacijske krovne trake na bazi bitumena

Krovne trake na bazi oksidiranog bitumena označuju se brojčanom oznakom prema sadržaju bitumena ugrađenog u traku. Oznake su: 3 (s najmanjom količinom bitumenske mase 2000 gr/m^2), 4 (3200 gr/m^2) i 5 (3400 gr/m^2), a ulošci traka su staklena tkanina i voal. Trake se vrućim bitumenom ili bitumenskom masom djelomično ili potpuno lijepe na podlogu ili međusobno.

Radi svoje relativne krtosti i nepostojanosti na niskim temperaturama i pri starenju na ravnim krovovima nemaju veću primjenu, a posebno kao završne trake. Ovim se trakama mogu kaširati toplinsko-izolacijske ploče ili izvesti prvi ili razdjelni sloj.

Krovne trake na bazi polimerima modificiranog bitumena označavaju se brojčanom oznakom prema sadržaju ugrađenog bitumena i prema najmanjoj debljini. Ulošci za ojačanje traka su stakleni voal i tkanina te poliesterski filc. Trake se djelomično ili potpuno lijepe na podlogu ili međusobno postupkom zavarivanja.

Ove su trake postojane na visokim i niskim temperaturama, imaju veće vrijednosti sile kidanja i istezanja, a u praksi su poznate kao fleksibilne bitumenske trake *(Slika 6-27)*. Primjenjuju se i kao završne trake uz zaštitu od mehaničkih i atmosferskih utjecaja (trake s anti-refleksnim ili UV zaštitnim posipom) ili se koristi nasip pranih oblutaka šljunka, betonske ploče u sloju pijeska.

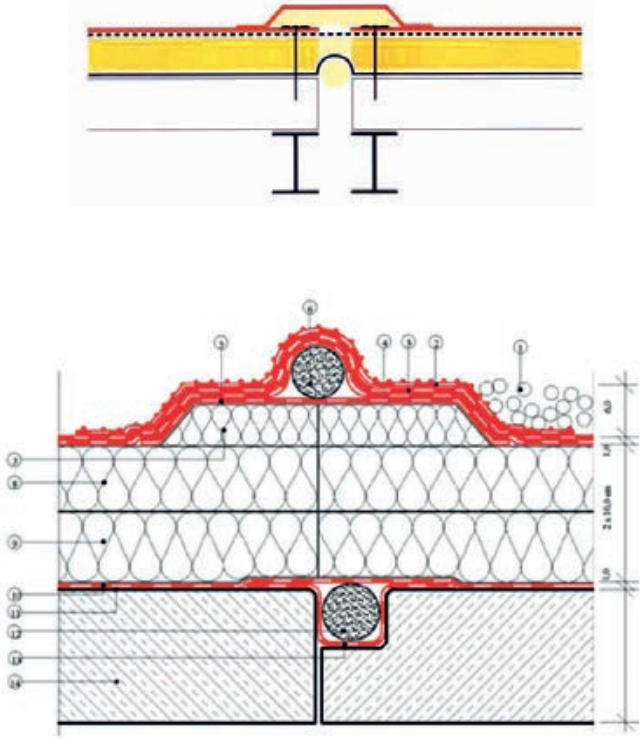


Punoplošno lijepljenje bitumenskih traka plamenikom

Punoplošno samoljepive bitumenske trake

Slika 6-27 *Postavljanje bitumenske hidroizolacije na ravni krov [342], [343]*

Bitumenska hidroizolacija izvodi se na način koji omogućuje dilataciju na razmacima od prosječno 15 m. Preporučuje se slivnike približno postavljati u sredinu dilatacijskih polja, a dilatacije treba izvesti na razdjelnicama. Na konstruktivnim dilatacijama zgrade dilataciju treba izvesti u svim slojevima krova. Dilatacije se izvode pomoću fleksibilnih profila, koji se premošćuju hidroizolacijskom trakom.



1. šljunak 16/32, 6 cm
2. 2. dilatac. traka E-KV-4S s posipom
3. 2. sloj hidroiz E-KV-4S s posipom
4. 1. sloj hidroiz. E-KV-4K
5. 1. dilatac. traka E-KV-4K
6. elastični okrugli profil
7. toplinska izolacija
8. toplinska izolacija npr. 2. sloj Mineralne vune MW-DD
9. toplinska izolacija npr. 1. sloj Mineralne vune MW-DD
10. parna brana ALGV-4K
11. prednamaz
12. elastični okrugli profil
13. 1. dilatac. traka ALGV-4K
14. AB ploča u padu > 1°

Slika 6-28 *Dilatacija hidroizolacije na ravnom krovu [344], [345]*

7) 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 završnog zaštitnog sloja. Danas se zaštita izolacije neprohodnog krova izvodi nasipom oblutaka (16-32 mm) debljine sloja najmanje 5 cm. Zaštita oblucima osigurava mehaničku zaštitu, ali i zaštitu od insolacije. Prohodni ravni krovovi moraju imati ravnu hodnu plohu koja omogućuje sigurno kre-

tanje i štiti slojeve ravnog krova. Zaštita može biti izvedena kamenim pločama ili keramičkim pločicama. Ploče od prirodnog ili umjetnog kamena mogu biti položene na sloj pijeska ili na podloške. Podlošci se izrađuju od gume ili plastike. 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 2×2 m.



Izvedba zaštite hidroizolacije pomoću šljunka



Izvedba zaštite hidroizolacije pomoću betonskih ploča



Izvedba zaštite hidroizolacije pomoću keramičkih pločica

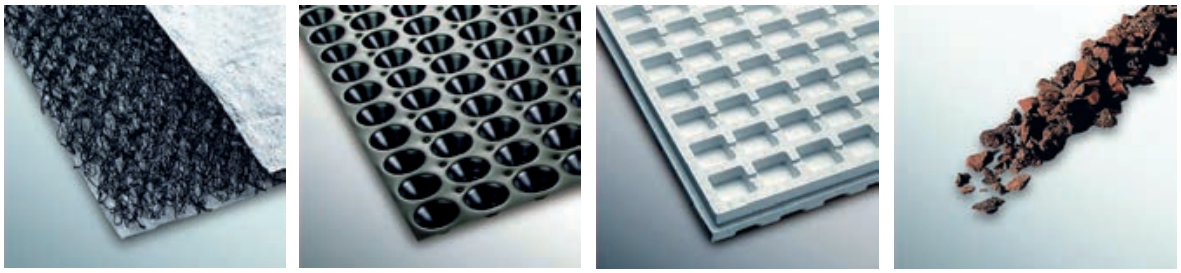


Nezaštićena hidroizolacijska membrana ventiliranog ravnog krova sa servisnim koridorom od kulir ploča

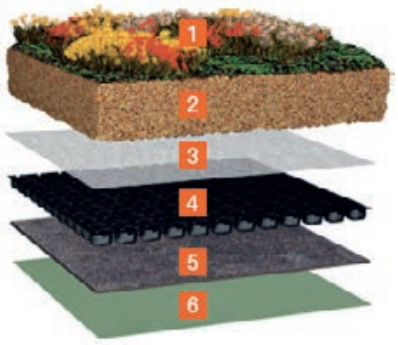
Slika 6-29 *Neki od mogućih načina izvedbe zaštite hidroizolacije ravnog krova [346], [7]*

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 *(Slika 6-30)*. Pravilno projektirani zeleni krovovi opremljeni su i sustavom za dovod vode, kako bi se navodnjavanjem osigurala dovoljna vlaga za rast biljaka *(Slika 6-31).*



Slika 6-30 *Neki od proizvoda za drenažne sustave za zelene ravne krovove [347]*



Ekstenzivni ravni krov
1. Ozelenjivanje
2 Vegetacijski sloj
3. Filterski sloj
4. Akumulacijski i drenažni sloj
5. Zaštitni sloj
6. Razdjelni sloj



Intenzivni ravni krov
1. Ozelenjivanje
2. Vegetacijski sloj
3. Filterski sloj
4. Akumulacijski / drenažni sloj
5. Zaštitni sloj
6. Razdjelni sloj

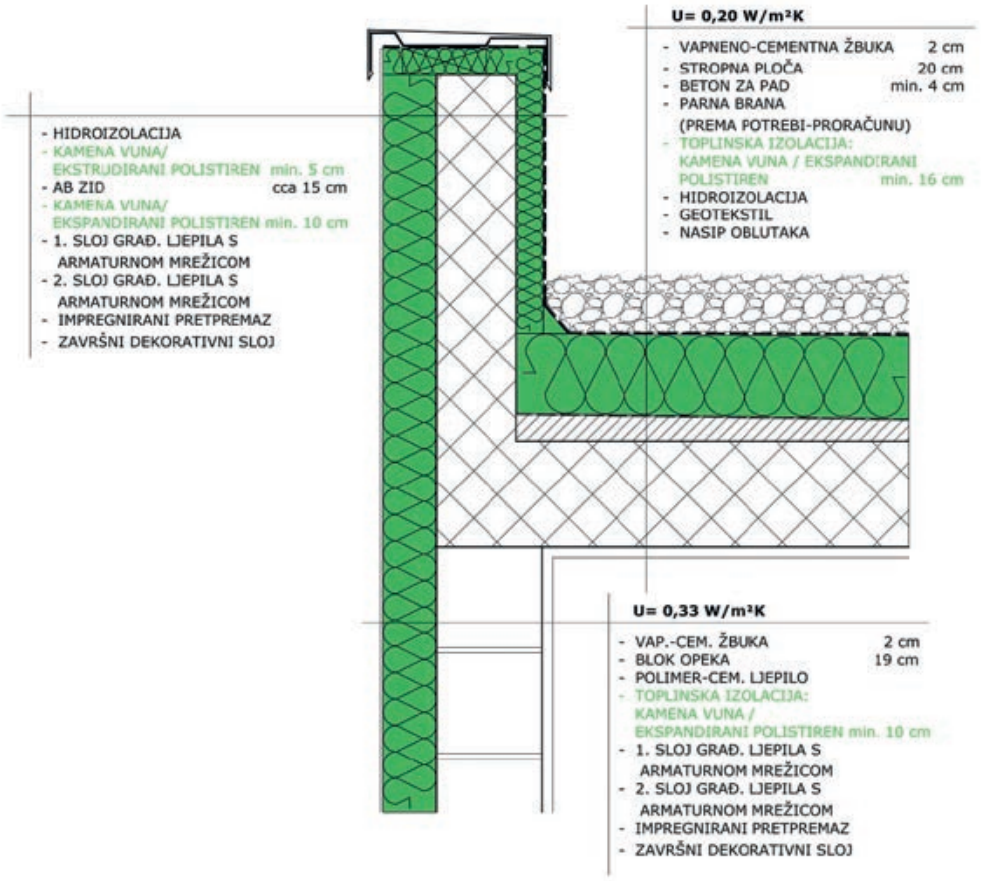
Slika 6-31 *Primjeri slojeva ekstenzivnog i intenzivnog ravnog krova [347]*

6.3 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.

RUBOVI KROVA mjesta su 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 postići sljedeće:

- hidroizolacijski sloj podići na određenu visinu ili ga završiti prepustom, kako bi se spriječilo podlijevanje kiše, ali i vlaženje od topljenja snijega, te zaštititi ovaj sloj od insolacije;
- izvedbu ruba krova s nasipom oblutaka kao završnim slojem na način koji će spriječiti njihovo ispiranje i otpuhivanje;
- izvedbu toplinske izolacije prekidanjem toplinskih mostova odnosno njihovim svođenjem na najmanju moguću mjeru *(Slika 6-32).*



Slika 6-32 *Toplinska izolacija atike [348]*

OKOMITI ZIDOVI

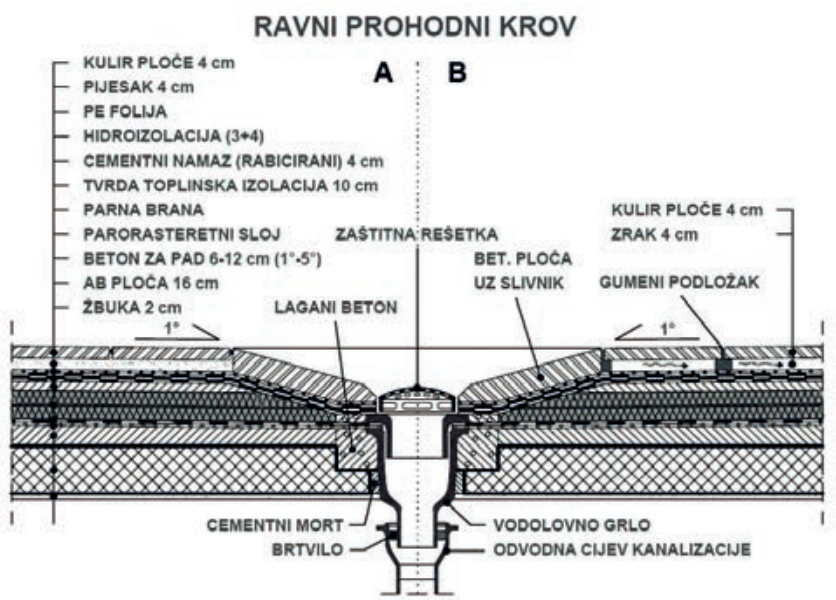
Okomiti dio hidroizolacije također treba biti zaštićen od ultraljubičastih zraka i insolacije (osim ako membrana nije UV stabilna). Ultraljubičaste zrake uništavaju materijal, a pretjerana ga insolacija zagrijava pa on može spuznuti i naborati se. Hidroizolacija okomita na podlogu može biti lijepljena ili mehanički pridržana 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 svakako je hidroizolacijski sloj. Najsigurnije je rješenje s nadvišenjem jer se hidroizolacijski sloj iz ravnine ocjedne vode podiže naviše. Iznad nadvišenja limom rješava se detalj koji osigurava zaštitu od oborinske vode te od mehaničkog oštećenja i insolacije. Na prohodnim krovovima gdje nam takva nadvišenja smetaju dilatacija se rješava za to namijenjenima plastičnim odnosno neoprenskim cijevima . 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 (Slika 6 33). Prodori za vodolovna grla (slivnike), prodori odzračnika parorasteretnog sloja, prodori ventilacijskih kanala, dimnjaci i ostalo nalaze se gotovo na svakom ravnom krovu. Razlog propuštanju spoja uz ove elemente u najvećem broju slučajeva leži u nepravilnoj izvedbi. Na tržištu se danas nudi cijeli niz proizvoda koji nam osiguravaju kvalitetno izvođenje ovih detalja. Najbolje rješenje za to su PVC hidroizolacijske membrane. 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.



Slika 6-33 *Vodolovno grlo / slivnik [348]*



Slika 6-34 *Odzračnik na neprohodnom ravnom krovu [7]*



Slika 6-35 *Vodolovno grlo na primjeru neprohodnog ravnog krova [7]*

6.4 NAJČEŠĆI PROBLEMI NA RAVNIM KROVOVIMA

Sanacija ravnih krovova najčešće se izvodi zbog zastarjelih tehnologija ugradnje, dotrajalih krovnih sustava, zbog mehaničkih oštećenja hidroizolacijskih krovnih sustava, neprimjerenih aktivnosti na krovovima kao što su ugradnja satelitskih, radio i TV antena, ili pak aktivnosti na ravnim krovovima gdje su hidroizolacijske membrane izložene i nisu zaštićene, različitih prodora i ponekada kreativnih, i za stanare, korisnih rješenja koja ipak nisu najbolje rješenje za hidroizolacijske sustave na krovovima, kao što su razna improvizirana sušila, roštilji i razne konstrukcije kojima se oštećuju krovne membrane *(slike 6-36, 6-37, 6-38, 6-39, 6-41 i 6-42).*



Slika 6-36 *Primjer krova na kojem su zbog neodržavanja urasle biljke [349]*



Slika 6-37 *Otpad na krovu i lišćem začepljen slivnik [349]*

Postoje različiti tipovi hidroizolacijskih membrana npr. membrane koje zbog nedostatka UV stabilizatora ili različitih posipa moraju biti zaštićene - a nisu! Zbog te činjenice dolazi do prijevremenog "starenja" tj. pucanja takvih vrsta hidroizolacijskih sustava i do prodiranja vode.



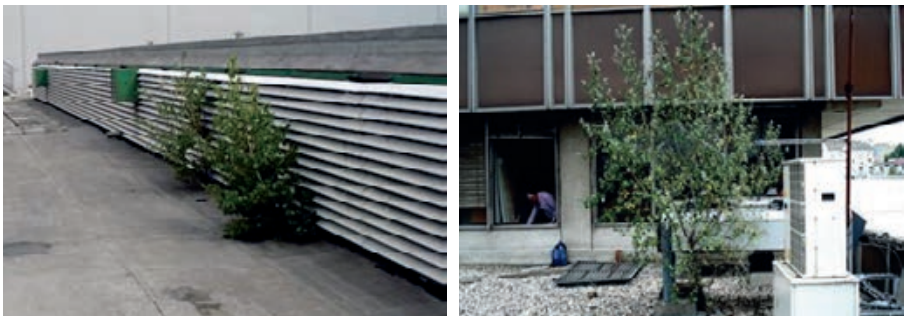
Slika 6-38 *Oštećenje hidroizolacije zbog nedostatka UV stabilizatora [349]*

Postoje i proizvodi koji nisu primjereni našim klimatskim prilikama ili su jednostavno proizvodi kojima nedostaju kemijski elementi neophodni za osiguranje izdržljivosti krovne hidroizolacijske membrane više desetaka godina na krovu, bez oštećenja i deformacija. Česti uzroci oštećenja su i loše tehničke značajke materijala koji zbog slabe fleksibilnosti ne mogu pratiti konstrukcijska naprezanja uslijed velikih temperaturnih razlika, ali i naprezanja zbog slijeganja. Rezultat neodržavanja krovova najčešće je oštećenje balastnih ili starih bitumenskih sustava opterećenih šljunkom ili betonskim kulir pločama. Neodržavanjem, na krovovima se stvaraju kritične točke gdje se taloži lišće i prašina, a u kombinaciji sa sjemenkama koje dolete zrakom ili ih ostave ptice na krovovima mogu početi rasti različite vrste biljaka čije korijenje može oštetiti hidroizolaciju, ali i oštetiti betonsku konstrukciju krova.



Slika 6-39 *Začepljena rešetka sifona na krovu i oštećenja na krovnoj hidroizolaciji [349]*

Također, ljudski čimbenik u samoj ugradnji može utjecati na kakvoću i dugotrajnost sustava, jer ako dođe i do male pogreške u ugradnji, cijeli sustav postaje beskoristan.



Slika 6-40 *Primjeri lošeg održavanja krova [349]*

Oštećenja hidroizolacijskih sustava itekako utječu na kakvoću i toplinsku vodljivost toplinsko-izolacijskih slojeva. Oštećenja na krovovima izazvana procurivanjima mogu dugotrajno utjecati na funkcionalnost samog objekta ali i na ostale građevinske elemente na krovu i ispod slojeva hidroizolacijskih sustava.

Najčešće štete i posljedice su oštećenja toplinsko-izolacijskih slojeva i utjecaj na njihovu funkcionalnost. Prilikom prodiranja vode u toplinsko-izolacijske slojeve, toplinska izolacija gubi svoju osnovnu značajku - povećava se toplinski koeficijent. Ako krovna izolacija nije funkcionalna tada kroz izolaciju može proći i do 30 % topline. *Slika 6-41* Primjer oštećenja toplinske izolacije i vode ispod sloja toplinske izolacije [349]

Potrebno je obratiti pozornost na prodiranje difuzne vodene pare iz grijanih prostora u sloj toplinske izolacije i stvaranje kondenzata u toplinskoj izolaciji. Također treba spriječiti kondenzaciju vodene pare na unutarnjoj površini. U slučajevima kada voda prodire u toplinsku izolaciju zbog oštećenja krovne hidroizolacije, zbog prodiranja vodene pare ili kondenzacije kao i zbog toplinskog mosta posljedice nisu samo loša izolacijska svojstva toplinske izolacije.

Temperaturne razlike na ravnim krovovima mogu biti od -35°C do +80°C. Ukoliko je toplinska izolacijska kamena vuna, voda se skuplja u kamenoj vuni i zimi dolazi do neželjenih stezanja, a ljeti rastezanja čime se opterećuje hidroizolacijska membrana, a može dovesti i do značajnih oštećenja kako same hidroizolacijske membrane tako i ostalih dijelova krovne konstrukcije.

Slika 6-43 prikazuje primjer zadržavanja vode na neprohodnom ravnom krovu zbog ugažene toplinske izolacije,. Toplinska izolacija od mineralne vune je u ovom slučaju ugažena zbog hodanja radnika koji su ugrađivali solarne kolektore na ravnom krovu. *Slika 6-44* primjer je zadržavanja vode na prohodnom ravnom krovu zbog naknadnog blokiranja puteva odvodnje tijekom korištenja građevine.



Slika 6-41 *Primjer oštećenja termoizolacije i vode ispod sloja termoizolacije [349]*



Slika 6-42 *Primjer bitumenskog krova opterećenog šljunkom [349]*



Slika 6-43 *Primjer neučinkovite odvodnje s neprohodnog ravnog krova zbog ugažene toplinske izolacije [7]*



Slika 6-44 *Primjer zadržavanja vode na ravnom krovu zbog neodgovarajuće odvodnje [7]*



Slika 6-45 *Primjer procurivanja hidroizolacije ravnog krova u prostoriju [7]*

Slika 6-45 prikazuje prodor vlage u prostoriju ispod prohodnog ravnog krova. Ovdje je bitno naglasiti kako vidljivo oštećenje u prostoriji ispod ne mora nužno značiti kako je izravno iznad njega oštećena hidroizolacija. Ovo se događa zbog toka vode po armiranobetonskoj stropnoj ploči koja je vodonepropusna, do mjesta na kojem je iz drugih razloga pukla, gdje voda nalazi put i uzrokuje građevinsku štetu.

Slika 6-46 i Slika 6-47 prikazuju djelomično zaštićenu hidroizolaciju neprohodnog ravnog krova gdje je zbog udara vjetra šljunčani nasip otpuhan s dijelova krova. Također je prikazan primjer krova kod kojeg je tijekom sanacije šljunčani nasip maknut, a nakon izvedbe nove hidroizolacije korištenjem bitumenske ljepenke nije vraćen.



Slika 6-46 *Primjer šljunkom zaštićenog ravnog krova – šljunak je odnešen vjetrom [7]*



Slika 6-47 *Primjer nezaštićene bitumenske hidroizolacije neprohodnog ravnog krova [7]*

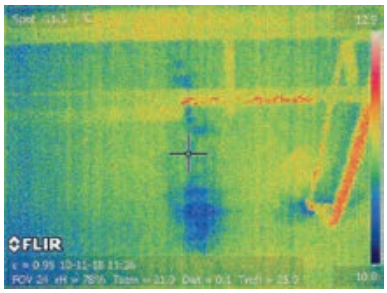
6.5 SANACIJA RAVNIH KROVOVA

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 završnog zaštitnog sloja, pa su provjera pojedinog sloja i utvrđivanje oštećenja vrlo teški, gotovo nemogući. Kada se otkriju nedostaci treba obaviti detaljan pregled i ustanoviti uzrok te nakon toga izraditi **projekt sanacije.**

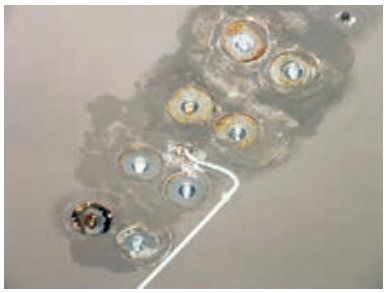
Pojave gljivica i plijesni na unutarnjim površinama rubnih dijelova krova rezultat su kondenzacije vodene pare na područjima toplinskih mostova ili pak povećane vlažnosti materijala zbog oštećenja hidroizolacije krova. Problem toplinskih mostova može se riješiti na nekoliko načina, koji su detaljno opisani u dijelovima programa CROSKILLS koji se detaljno bave toplinskom izolacijom.

Najčešća je pojava propuštanje vode (*Slika 6-48 - Slika 6-53)*. Ovo oštećenje 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 toplinsko-izolacijski sloj kojemu se u tom slučaju umanjuje predviđena uloga (osim ekstrudiranog polistirena), a veliki su problemi i s **isušivanjem** ovog sloja nakon izvedene sanacije hidroizolacijskog sloja.

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.



6-48 *Termogram mjesta procurivanja vode na ravnom krovu [7]*



6-49 *Procurivanje vode na mjestima proboja hidroizolacije ankerima [7]*



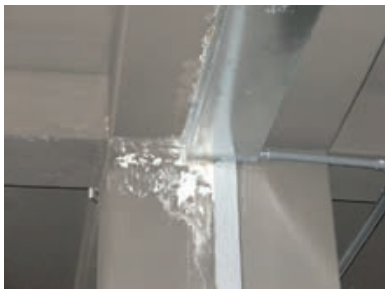
6-50 *Procurivanje vode na mjestu vodolovnog grla na ravnom krovu [7]*



6-51 *Procurivanje vode kroz pukotinu u armiranobetonskoj stropnoj ploči ispod prohodnog ravnog krova [7]*



6-52 *Procurivanje vode na vodolovnom grlu i pukotini AB stropne ploče [7]*



6-53 *Primjer pokušaja sanacije problema procurIvanja ravnog krova izvođenjem kanalice koja skuplja vodu [7]*

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE
KROVOPOKRIVAČ



GRAĐEVINSKA LIMARIJA

7 GRAĐEVINSKA LIMARIJA

7.1 ZNAČAJKE GRAĐEVINSKE LIMARIJE

Građevinska limarija jedna je od djelatnosti limarskog obrta koja se odnosi na izradu i postavu završnih elemenata od crnih i obojenih limova na objektima visokogradnje npr. oluka, opšava, pokrova i drugih limova, koji se razlikuju po:

- materijalu (bakreni, cinčani, čelični i dr.);
- debljini (fini, srednji grubi, konstruktivni);
- obliku (ravni, valoviti, trapezasti).

Osnove značajke limova su vodonepropusnost, paronepropusnost, savitljivost, čvrstoća (konstruktivni lim), te trajnost. Crni limovi su željezni i čelični limovi koji na zraku oksidiraju u FeO, Fe(OH). Oksidni sloj otpada i ponovno se stvara te se radi toga molekule troše i nestaju, pa crni metali korodiraju *(Slika 7-1).* Obojeni limovi su bakar, cink, olovo, aluminij koji oksidiraju na zraku u CuO, ZnO, PbO, AlO. Oksidni sloj ne otpada i radi toga oksidni sloj čuva lim od daljnje oksidacije, te obojeni metali ne korodiraju *(Slika 7-2).*



Slika 7-1 *Primjer oksidiranog opšava neprohodnog ravnog krova [7]*



Slika 7-2 *Primjer oksidiranog krova HNK u Zagrebu [350]*

7.2 RACIONALIZACIJA I INDUSTRIJALIZACIJA GRAĐEVINSKE LIMARIJE

U odnosu na zanatski način, racionalizacija i industrijalizacija očituje se:

a) primjenom kvalitetnog materijala;
b) vrstom, oblikom i ugradbom materijala;
c) zaštitom materijala;
d) primjenom gotovih elemenata.

Klasični obojeni i crni limovi novijim tehnološkim postupcima postaju kvalitetniji u pogledu čvrstoće, izgleda i drugih svojstava. Njihova trajnost i izgled poboljšavaju se naknadnom umjetnom oksidacijom, plastifikacijom i sl..

Danas se sve više proizvode i primjenjuju limovi od legura. Legure se dobivaju taljenjem dvaju ili više osnovnih metala. Dobiva se novi materijal - metal odnosno limovi koji se odlikuju novim kemijskim i fizičkim svojstvima, a koja su bolja od osnovnih materijala. Obično se postiže bolja čvrstoća, tvrdoća, boja i druga svojstva.

Posebna pažnja posvećuje se pravilnoj ugradbi i zaštiti limova od propadanja, osobito u gradovima s onečišćenom atmosferom. Znanstvenim istraživanjima i analizama utvrđeni su uzroci propadanja limova i način zaštite limova, koje može nastati iz više razloga (osobito kod pocinčanih limova), i to uslijed:

- atmosferske korozije;
- unutarnje korozije;
- elektrolize;
- temperaturnih oscilacija.

Korozija je nenamjerno razaranje ili trošenje materijala izloženih fizikalnim, fizikalno-kemijskim, kemijskim i biološkim utjecajima. Atmosferska korozija je spontano propadanje materijala izloženog fizikalnom, kemijskom, elektrokemijskom i biološkom djelovanju atmosfere. Korozija metala nastaje i kod makro-galvanskih članaka koji nastaju u kontaktu metala s plemenitijim metalom (kao katoda); primjerice aluminijski profili propadaju u kontaktu sa željeznim ili bakrenim profilima.

7.2.1 Propadanje limova

7.2.1.1 Atmosferska korozija

Atmosferska korozija javlja se kod veće vlažnosti (od 70 % i više) u onečišćenoj atmosferi. Stvaraju se štetni spojevi - kiseline koji djeluju kao elektrolit, što izaziva elektrolizu lima.

Zaštita od atmosferske korozije lima može se postići:

1. premazivanjem lima premazima (uljani i plastični premazi);
2. umjetnom oksidacijom;
3. prevlačenjem lima drugim materijalima otpornima na HSO (legure, guma, plastika i sl.).

7.2.1.2 Unutarnja korozija

Unutarnja korozija javlja se kod limova koji se postavljaju na betonske i drvene podloge bez zaštitnog sloja. Radi temperaturnih razlika lima i podloge na sastavu lima i podloge nastaje kondenzat, koji se nakuplja zbog slabije mogućnosti isušivanja. Ovlaživanjem podloge od betona ili drveta nastaju štetni spojevi koji utječu na propadanje lima s donje strane (npr. bijela korozija cinka).

Za zaštitu lima od unutarnje korozije potrebno je odvojiti lim od betonske ili drvene podloge postavom neutralnog - zaštitnog - sloja (npr. krovne ljepenke).

7.2.2 Elektroliza

Elektroliza nastaje kod spajanja različitih vrsta limova u prisustvu vode ili vlage. Kako bi se lim zaštitio od elektrolize potrebno je postavljati samo jednu vrstu lima za glavni i pomoćni materijal, ili dva različita metala sa sličnim ili približno sličnim potencijalom.

7.2.3 Toplinske oscilacije

Toplinske oscilacije nastaju zbog temperaturnog 'rada' limova. Veći 'rad' limova nastaje kod:

- većih temperaturnih razlika;
- većih dužina limova;
- većih koeficijenata stezanja ili rastezanja dotične vrste lima.

Kako bi se lim zaštitio od temperaturnog 'rada', odnosno spriječilo njegovo "pucanje" potrebno je smanjiti ukupnu dužinu lima tj. izvesti dilataciju lima.

7.3 MATERIJALI ZA GRAĐEVINSKU LIMARIJU

7.3.1 Vrste limova i legura

7.3.1.1 Čelični lim

Čelični ili crni lim izrađuje se sa zaštitnim slojem drugog metala najčešće cinka, rjeđe bakra, olova ili selena. Osim metalnim, čelični se lim može zaštititi i nemetalnim (emajl, silikati, uljeni naliči) ili organskim slojem (katran, asfalt, guma ili plastika).

7.3.1.2 Pocinčani čelični lim

Pocinčani čelični lim je čelični lim prevučen prevlakom cinka debljine oko 0,065 mm. Ima veću čvrstoću, manje 'radi' na temperaturnim oscilacijama i jeftiniji je od lima od cinka, olova i aluminija. Nedostatak mu je lako pucanje kožice, osobito na prijevojima.

7.3.1.3 Cinčani lim

Cinčani lim srebrne je boje jakog sjaja, čvrstoće za polovicu manje od čelika, jako dilatira (3 x više od čeličnog), a oksidira u cinkov oksid mutno sive boje koji ga zaštićuje od daljnje oksidacije. Propada od

utjecaja svježeg vapna, cementa i ustajalog zraka, čađe i solne kiseline, te je potrebna zaštita nakon 1 godine, i to premazom uljanom bojom. Primjenjuje se za pokrove, prozorske klupčice, žljebove i sl.. Danas se sve više koriste legure, kao što je Titan cink, proizvedene s trajnom izvedbom zaštite lima. Proizvode se u pločama površine 100×200 mm i debljine od 0,3 - 0,8 mm.

7.3.1.4 Bakreni lim

Bakreni je lima žuto smeđe sjajne boje, veće čvrstoće i tvrdoće, postojan na atmosferilije i zato je najbolji lim, ali i najskuplji. Oksidira u bakrenom oksidu ili hidroksidu koji ga čuva od daljnje korozije, a propada od unutarnje korozije elektrolize. Kako bi se zaštitio, potrebno ga je na betonskoj ili daščanoj podlozi odvojiti slojem krovne ljepenke, te rabiti materijal iste elektronegativnosti. Primjenjuje se za pokrove, žljebove i opšave, a proizvodi se u pločama površine 100×200 cm, i debljine 0,1-3,0 m/m.

7.3.1.5 Olovni lim

Olovni lim tamno sive je boje, mekan, vrlo težak i skup, oksidira u olovnom oksidu koji ga čuva od daljnje korozije, a propada od utjecaja cementa i svježeg vapna. Kako bi se zaštitio, potrebno ga je na betonskoj podlozi odvojiti slojem krovne ljepenke. Primjenjuje se za pokrove, te za hidroizolaciju od podzemnih voda. Proizvodi se u trakama širine 100 cm, dužine 1000 cm (role) i debljine 1,0 - 6 m/m za građevnu limariju.

7.3.1.6 Aluminijski lim

Aluminijski lim ne dolazi u prirodi kao čisti metal, već se dobiva preradom iz boksita i to u dvije faze: iz boksita se dobiva čisti aluminijev oksid (glinica), iz kojeg se elektrolizom dobiva aluminij. Aluminij je lagan i mekan metal, na zraku oksidira i prevlaka ga štiti od daljnje korozije. Oksidna prevlaka teško se skida i topi se tek kod 2000 °C. Od vapna i cementa **propada**. Kako bi se zaštitio, potrebno je između betonske podloge i lima postaviti sloj krovne ljepenke, te lim umjetno oksidirati kemijskim putem i elektrolizom. Kao čisti metal malo se primjenjuje jer je mekan i male čvrstoće, pa se primjenjuje najviše u obliku legura i to za pokrove, žljebove, dilatacijske trake, prozore i sl. Proizvodi se u obliku ploča 200×100 cm debljine 0,10-0,30 m/m i svitaka / rola širine 60 cm i dužine do 5m.

7.4 POVRŠINSKA OBRADA I ZAŠTITA LIMOVA

7.4.1 Mehanička obrada limova

Mehanička obrada limova uključuje:

- brušenje za ispravljanje limova i postizanje glatke površine;
- struganje kod čišćenja lima;
- pjeskarenje kod čišćenja profiliranih površina lima;
- poliranje za postizanje sjaja lima;
- čišćenje za čišćenje limova od masnih mrlja ili mrlja od lemne vode.

7.4.2 Kemijska obrada limova

Kemijska obrada lima uključuje:

- uženje za čišćenje limova od masnih mrlja koje se nisu mogle očistiti mehaničkim postupcima;
- kemijsko bojenje metala - smeđa prevlaka - bruniranje; postupci kojima se zaštićuje lim od utjecaja kisika, a naročito organskih kiselina;
- metalne prevlake kojima zaštićujemo limove od čelika i željeza i to prevlakama od cinka, kositra, i olova koji su otporniji na koroziju;
- umjetno oksidiranje - laki metali kao aluminij i njegove legure mogu se umjetno oksidirati radi brže zaštite od korozije.

7.4.3 Premazi i prevlake

Premazi i prevlake mogu biti:

- premaz uljanom bojom kao zaštita lima od korozije, ali slabija. Premazivanje se obavlja uljanom bojom, lakovima, koji kad se osuše stvaraju celuloidni zaštitni sloj;
- plastične prevlake kao novija zaštita limova s plastičnim prevlakama, koje mogu biti na bazi PVC-a.

7.5 SASTAVLJANJE LIMOVA

7.5.1 Lemljenje

Lemljenje je spajanje limova u toplom stanju pomoću zagrijavanja drugog metala koji ima niže talište od limova koji se spajaju. Na metalnom šavu - spoju stvara se legura. Lemljenje se primjenjuje kada je potrebno izraditi čvrstu i nepropusnu vezu za vodu.

7.5.2 Previjanje

Previjanje je najjednostavnije spajanje limova koje se sastoji u previjanju jednog lima preko drugog, ili obaju limova zajedno. Izrađuju se kao jednostruki ili dvostruki, sa stojećim ili ležećim prijevojem. Spajanje limova previjanjem predstavlja ujedno i dilataciju jer limovi mogu nesmetano ‘raditi’. Lim se pričvršćuje za podlogu sponama ili podvezicama koje moraju biti od istog materijala kao i limovi; to su trake širine 30-40 cm koje se zakivaju s po dva čavla. Spone mogu biti raznih oblika. što ovisi o njihovom položaju.

7.5.3 Lijepljenje

U novije vrijeme limovi se lijepe posebnim plastičnim ljepilima koji se premazuju preko spoja i prešaju. Lijepljenje se može izvoditi vrućim ili hladnim postupkom.

7.5.4 Preklapanje

Preklapanje se obavlja samo kod valovitih limova.

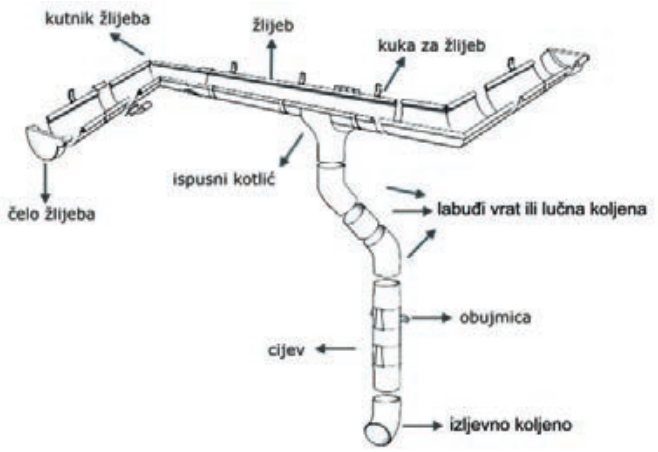
7.5.5 Zakivanje

Zakivanje podrazumijeva sastavljanje dva lima pomoću zakovica izrađenih od istog materijala kao i limovi. U zgradarstvu se ovo rijetko primjenjuje, odnosno tamo gdje se ne traži vodonepropusnost.

7.6 ELEMENTI GRAĐEVINSKE LIMARIJE U KROVOPOKRIVAČKOJ STRUCI

Elementi građevinske limarije, prikazani na *Slici 7-3,* izvode se za sakupljanje i odvod vode s kosih i ravnih krovova, vertikalne oluke, krovne uvale, limene opšave, opšivanje prodora kroz krovni pokrov, krovne ventilacije, te snjegobrane.





Slika 7-3 Elementi građevinske limarije u krovopokrivačkoj struci [351]

7.6.1 Sakupljanje i odvod vode s kosih i ravnih krovova

Krovni oluci svojim izgledom podsjećaju na dugačko i usko korito. Minimalna kosina pod kojom se krovni oluci mogu postavljati iznosi 0,5 % do 2 % (ako je primjerice krovni oluk dugačak 10 m, vrijednosti od 0,5 % odgovarala bi visinska razlika od 5 cm s obzirom na cijelu dužinu oluka). Krovni se oluci na krovnu konstrukciju pričvršćuju različitim držačima, a u pravilu se ovi držači postavljaju s gornje strane krovne grede. Kada se cijelom dužinom krova postavljaju izrazito dugački oluci, u tom se slučaju pojedini elementi međusobno spajaju postavljanjem jednog preko drugog, povezuju veznim elementima, ili proširuju na koji drugi način. Oluk se s olučnom cijevi spaja pomoću posebnog veznog elementa. Točna širina odnosno poprečni presjek oluka prije svega ovisi o nekoliko elemenata: promjeru olučnih cijevi, količini padalina odnosno količini oborinske vode i snijega koji se tijekom godine odvodi i, naravno, ukupnoj površini krova.

U pravilu možemo reći da krovne oluke razlikujemo s obzirom na:

- **Mjesto ugradnje oluka na krovu:**
  - Viseći oluci
  - Ležeći oluci
  - Uvučeni oluci
  - Zabatni oluci
- **Oblik oluka:**
  - Polukružni
  - Pravokutni
  - Klinasti
- **Materijal od kojeg se oluk izrađuje:**
  - Vatrostalni čelični lim
  - Bakreni lim
  - Aluminijski lim

- Cinčani lim
- Umjetni materijal

Krovne je oluke moguće dodatno zaštititi posebnim mrežicama s gornje strane i na taj način spriječiti ulazak lišća i ostale prljavštine, no oprez – postavljanjem mrežice na oluke tijekom vremena na njihovoj se površini može formirati takav sloj koji će djelomice ili ponekad čak u cijelosti sprječavati ulazak vode u oluke s krova.

Ovakva situacija dovela bi do toga da voda počne curiti preko fasade i tako je oštećivati. Izuzetak od toga predstavljaju rešetkaste mreže na kojima se lišće i sitne grane doduše i skupljaju ali koje svaki sljedeći vjetar odgurne s krova.

Isto tako i filtri koji se postavljaju na vrhovima olučnih cijevi i koji pročišćavaju vodu ustvari čine više štete nego koristi, jer se na njima vrlo brzo nakupi dovoljan sloj otpada i nečistoća koji onemogućuju protjecanje vode.

Manji krovovi mogu funkcionirati i bez oluka, no u takvom slučaju može se dogoditi da oborinska voda koja otječe s krova dovede do erozije okolnog tla.

7.6.1.1 Vodoravni oluci/žljebovi

Vodoravni oluci/žljebovi primaju vodu s krovnih površina i odvode ju u okomite oluke, iz kojih se ona odvodi u gradsku kanalizaciju ili slobodno otječe izvan objekta *(Slika 7-4).*



Slika 7-4 *Dijelovi vodoravnih oluka [352]*

Vodoravne oluke dijelimo na više vrsta i to prema:

a. položaju na zgradi: stojeći i ležeći
b. obliku: polukružni, pravokutni i ovalni

Veličina oluka određuje se računski prema najvećoj slivnoj površini krova: za 1m krovne površine uzima se 0,8 - 1,0 cm površine presjeka oluka.

Bolji su polukružni oluci s padom 0,5 %; pravokutni oluci imaju pad 0,8 - 1,0 %, a vodoravni oluci su dužine 1,0 ili 2,0 m, što ovisi o načinu krojenja ploča. Komadi od 1 ili 2 m sastavljaju se u radionici na dužinu od 4 - 5 m, a preklopi veličine 3 cm zakivaju se i leme.

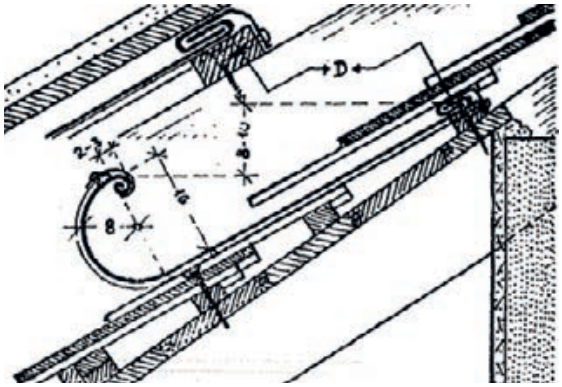
Oluk se postavlja na kuke od plosnog čelika *(Slika 7- 5)* pocinčanog 25/6 cm i učvršćuje čavlima na rogu.



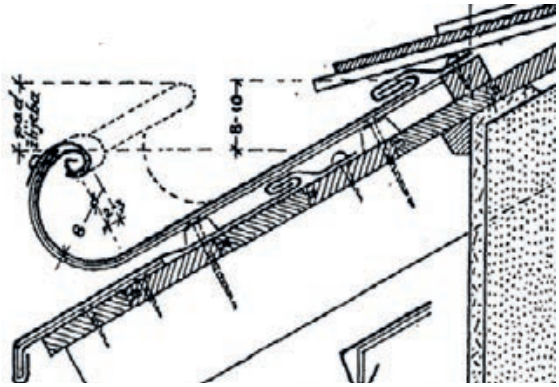
Slika 7-5 *Kuke od plosnog čelika [353]*

Glavne vrste vodoravnih oluka su:

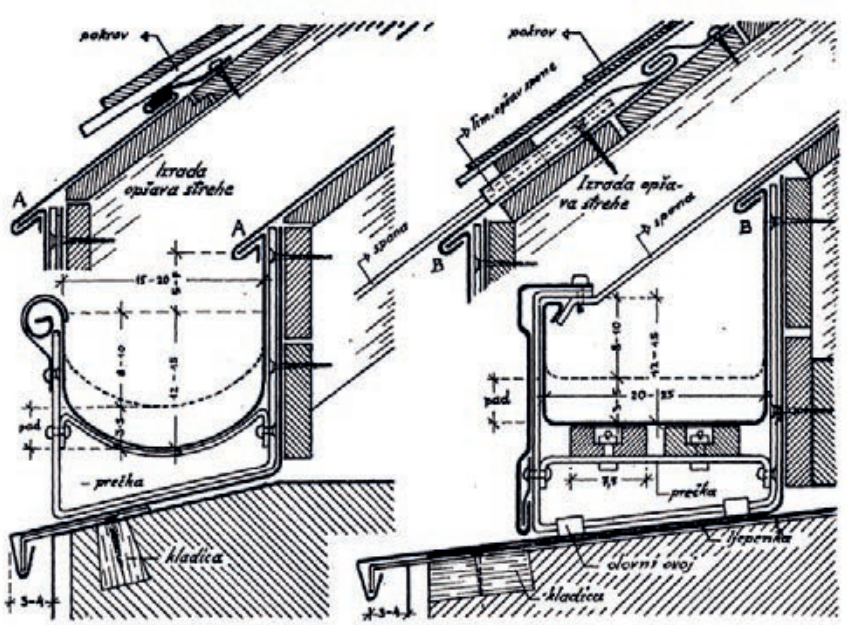
1. Potkrovni ili viseći oluci/žljebovi;
2. Nadkrovni oluci *(Slika 7-6 i Slika 7-7);*
3. Sandučasti ili stojeći žljebovi *(Slika 7-8)*



Slika 7-6 *Natkrovni oluk/žlijeb iznad krovnog pokrova na strehi [189]*



Slika 7-7 *Natkrovni oluk/žlijeb povrh rubnog lima na strehi [189]*



Slika 7-8 *Stojeći oluk/žlijeb s ovalnim dnom, te maskirani sandučasti oluk/žlijeb – po dnu se može hodati [189]*

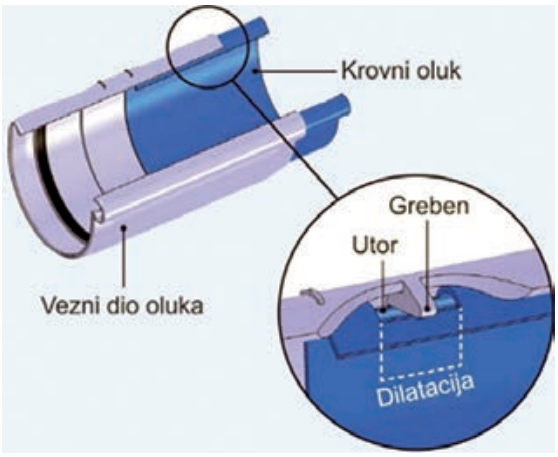
Viseći oluci od plastike izrađuju se od plastičnih masa na bazi tvrdog PVC-a ili prešanog poliestera *(Slika 7-9).* Dilatacije su gušće, od limenih oluka.



Slika 7-9 Plastični oluci [354]

Uslijed temperaturnih oscilacija lim "radi", tj. kod viših temperatura se rasteže a kod nižih se steže, te zbog toga oluke treba dilatirati *(Slika 7-10)*. Na vodoravnim olucima preporučuje se dilatacija na dužini i to za pocinčani čelični lim na 9 - 12 m, bakreni lim na 9 – 10 m, aluminijski lim na 7 - 8 m, a cinčani lim na 6 m.

Dilatacijska reška može se postaviti na najvišoj ili najnižoj točki oluka. Viseći oluci najjednostavniji su i najčešće primjenjivani oblik oluka kod kosih krovova sa strehom. **Oštećenja su uočljiva i vidljiv je pad.** Izvode se od pocinčanog čeličnog lima i cinčanog lima. Pad oluka postiže se kukama koje se prikivaju za rog s gornje ili bočne strane.



Slika 7-10 Dilatacija oluka [354]

7.6.1.2 Okomiti oluci

Okomiti oluci su okomite cijevi koje primaju vodu iz vodoravnih oluka *(Slika 7 11).*

Mogu biti:

- okruglog oblika
- četvrtastog oblika, pogodni za krajeve s nižom temperaturom jer se kod leda lakše mogu deformirati, dok okrugli pucaju.



Slika 7-11 *Spoj vodoravnog i okomitog oluka [355]*

Vodu odvode u kanalizaciju ili cisternu i slobodno otječu izvan zgrade. U radionici se oluci po visini sastavljaju na svakih 1-2 m, preklapaju se po 5 cm i leme. Na gradilištu se sastavljaju na svaka 4 m i preklop je veći. Kod dilatacije preklop je veći za cca 8-10 cm, bez lemljenja.



Slika 7-12 *Ispusni kotlić [228]*



Slika 7-13 *Izljevni jezik [356]*



Slika 7-14 *Obujmica [357]*



Slika 7-15 *Izljevno koljeno [358]*



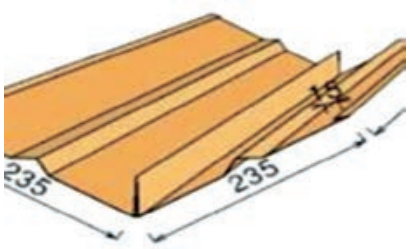
Slika 7-16 *Obujmice različitih oblika [358]*



Slika 7-17 *Odskočno koljeno [358]*

7.6.1.3 Krovne uvale

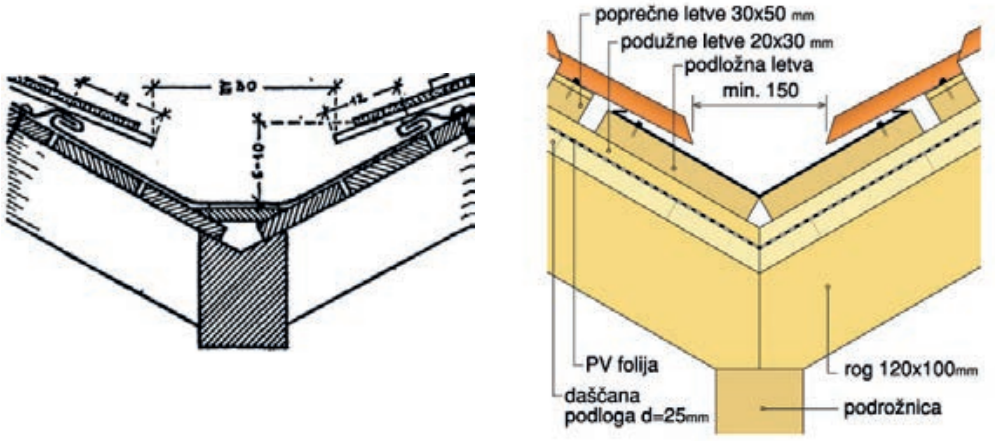
Krovna uvala postavlja se na spojeve dva krova ili krova i atike, te osigurava krov od ulaska vode na spojevima.



Slika 7-18 *Limena krovna uvala [359]*



Slika 7-19 *Izvedba krovne uvale [360]*



Slika 7-20 *Opšav krovne uvala - detalj [189], [361]*

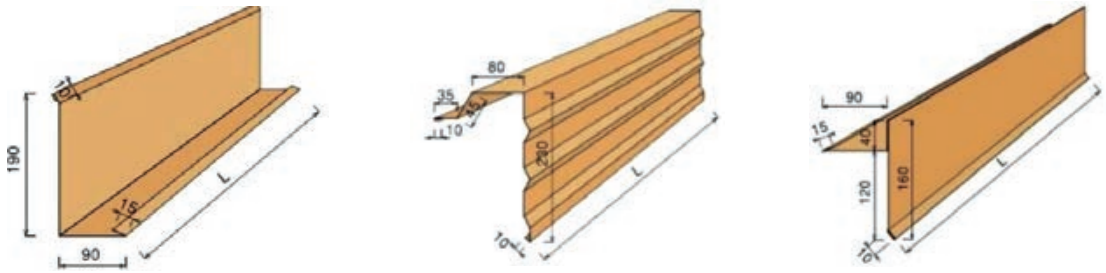
Krovne uvale mogu biti i kvadratne kada spajaju dva veća krova, s daščanom podlogom.

7.6.2 Limeni opšavi

Limeni opšavi koriste se kao završetak pokrova. Glavni im je zadatak spriječiti ulazak vjetra ispod strehe i oštećenje krova. Također služe i kao zaštita vanjskog roga i osiguranje nepropusnosti vode na završe-

tak pokrova, a ujedno imaju i estetsku ulogu. Izrađuju se u dvije inačice: lajsna (rubna letva) ispod lima i lajsna (rubna letva) preko lima.

Lim se u načelu ne bi trebao bušiti s gornje strane. Pričvršćivanje lima za podlogu obično se obavlja preko traka od jačeg lima iste vrste (radi elektrolize). Zidna lajsna (rubna letva) ima nekoliko uloga - zaštite zida



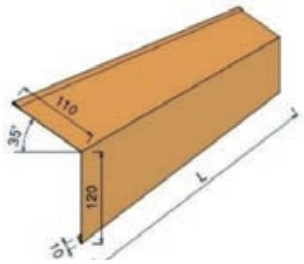
Slika 7-21 *Oblici zidne lajsne [359]*

na mjestima gdje krovni lim dolazi do zida, sprječavanja prodora vode u unutrašnjost objekta te odvoda vode do oluka. Zidna lajsna se, ovisno o tipu, ugrađuje prije ili nakon ugradnje krovnog lima.

Oluk lajsna

Oluk lajsna koristi se za kvalitetno usmjeravanje vode s pokrova u oluke.

Kod limenih pokrova, njena je svrha spriječiti podvlačenje vode pod strehu kako bi otjecala u oluk, pogotovo kod krovova koji imaju manji nagib (kosinu) *(Slika 7-22)*.

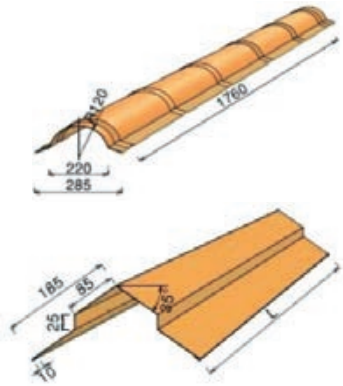


Slika 7-22 *Oluk lajsna [359]*

Sljemenjak

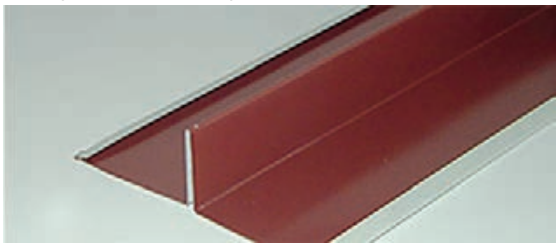


Slika 7-23 *Sljeme krova - priprema [362]*



Slika 7-24 *Sljemenjaci za limeni pokrov [359]*

Sljemenjak služi kao završni i zaštitni lim na vrhu krova. Rijetko se izrađuje od lima, osim kod limenih pokrova.



Slika 7-25 *Dilatacijske limene trake [228]*

Dilatacijske trake

Kod dilatacijskih reški treba omogućiti nesmetan rad konstrukciji, a uz to i zaštitu od prodora atmosferilija.

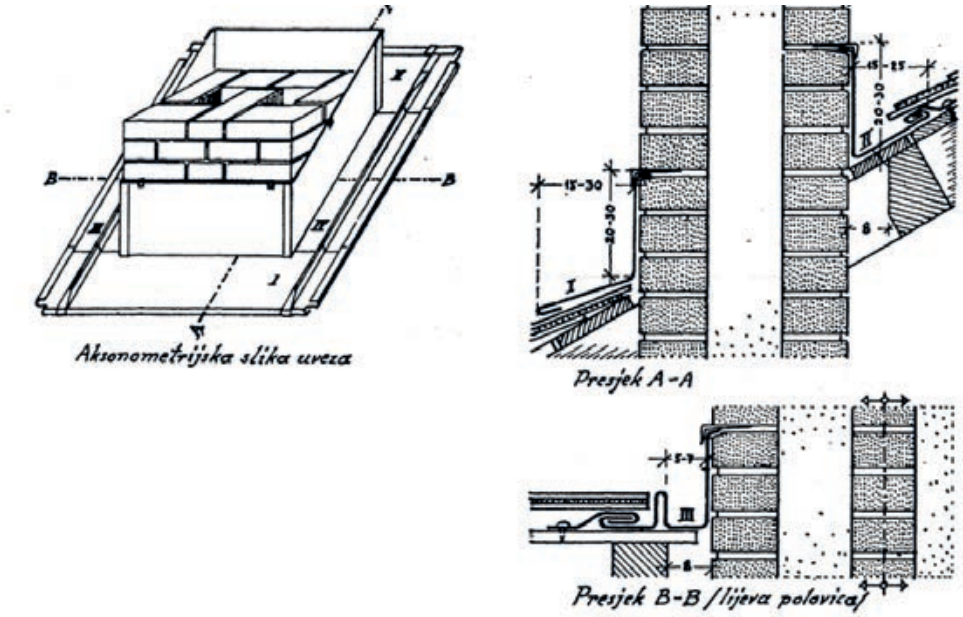
Najčešće se postavljaju trajni limovi u obliku "lire" koji omogućuju stezanje i rastezanje traka bez pucanja *(Slika 7-25)*.

7.6.2.1 Opšivanje prodora kroz krovni pokrov

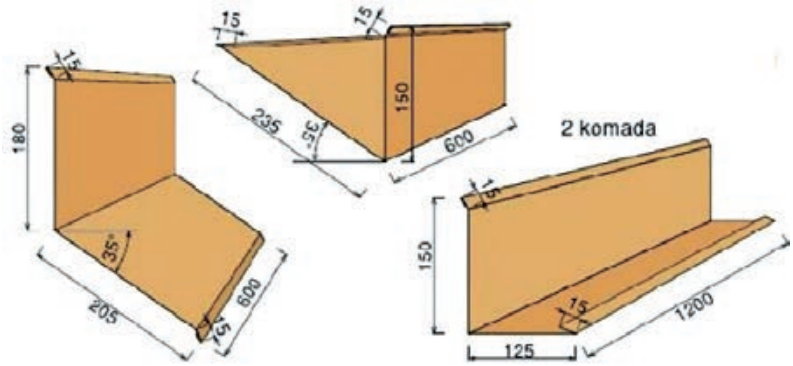
Prodori kroz krov moraju se dobro opšiti kako ne bi došlo do propuštanja vode. Danas se proizvode gotovi prozori od Al. legura koji služe za osvjetljenje i zračenje tavanskih stanova.

7.6.2.1.1 Opšav dimnjaka

Opšav oko dimnjaka sprječava prolazak kroz krov vode koja s krova dolazi do dimnjaka , i usmjerava je



Slika 7-26 *Opšav dimnjaka na proboju krova [189]*

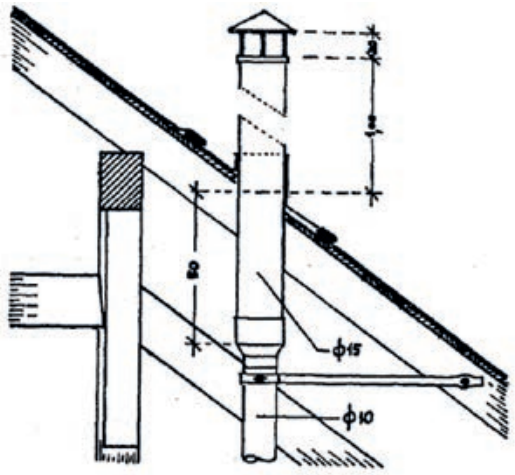


Slika 7-27 Elementi za opšav dimnjaka [359]

u željenom pravcu. U velikom broju slučajeva dimnjaci se oblažu u kompletu s poklopcem ili tepsijom na vrhu, što krovu daje dodatnu sigurnost i estetiku.

7.6.2.2 Krovna ventilacija

Krovna je ventilacija tzv. odušna ventilacija od kanalizacije *(Slika 7-28)*. Vertikalna kanalizacijska cijev Ø100 mm od lijevanog željeza na tavanu prelazi u Ø150 mm od lima, radi smrzavanja vodene pare.



Slika 7-28 Opšivanje odušne ventilacije od kanalizacije [189]

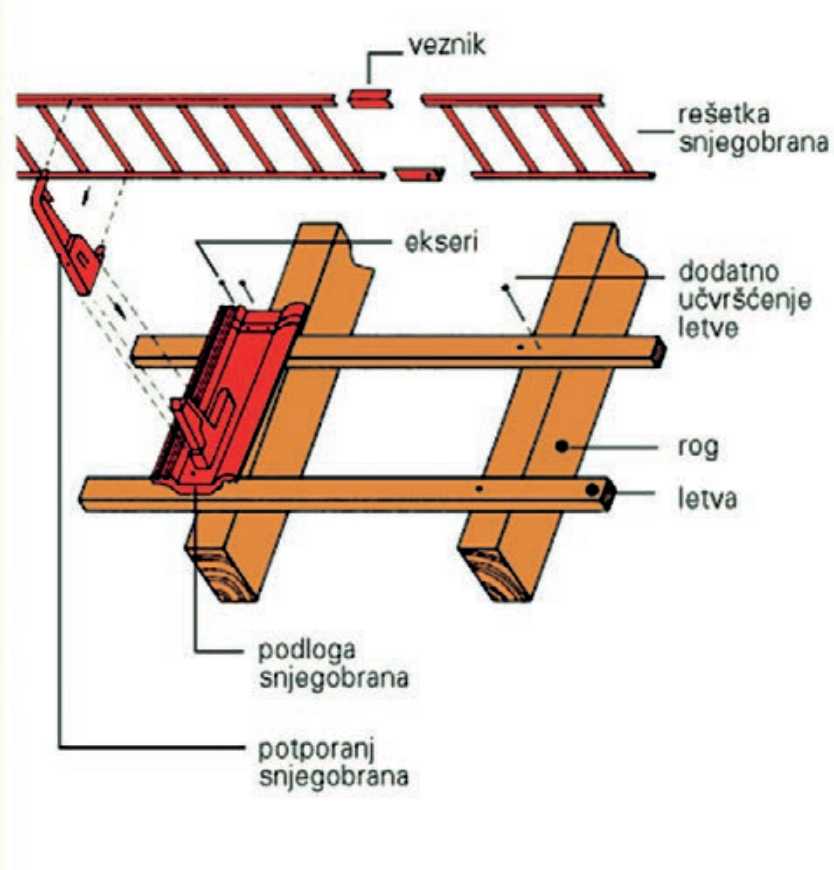
7.6.2.3 Snjegobrani

U krajevima izloženim obilnijim snježnim padalinama postoji opasnost da se veće količine snijega i leda, koje su se zadržale na krovnoj površini, pri otapanju poskliznu po krovnom pokrovu i izazovu štetu.

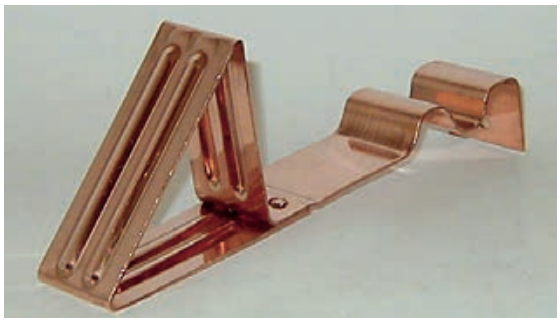
Rušenje je posebno opasno ako na strehi ili oluku/žlijebu nastanu zaleđene krute mase. Iskustvo je pokazalo kako se na krovnim površinama strmih krovova, kojima je nagib veći od 55°, snijeg ne zadržava dugo pa se stoga na takve krovove i ne trebaju postavljati snjegobrani.

Na površinama krovova blagog nagiba manjeg od 25° snijeg se zadržava ali se ne urušava, već nestaje s krova polaganim otapanjem, pa na takve krovove također ne treba postavljati snjegobrane. Opasni su nagibi krovnih površina 25°-50°, to opasniji što je glađa površina krovnog pokrova.

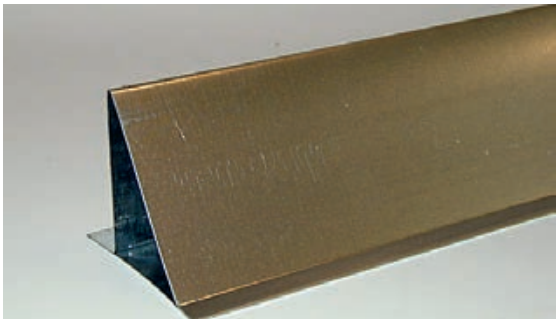
Odabirom odgovarajućeg tipa snjegobrana, načina postavljanja i broja snjegobrana imovina i ljudi osiguravaju se od problema izazvanih snijegom i ledom u zimskom razdoblju *(Slika 7-30 i Slika 7-31).*



Slika 7-29 Postavljanje rešetke snjegobrana [23]



Slika 7-30 Snjegobrani za sve vrste pokrova [228]



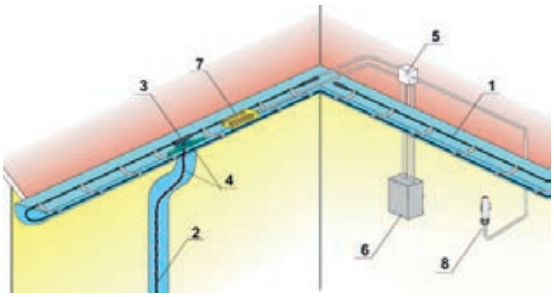
Slika 7-31 Snjegobran za trapezni pokrov [228]

7.7 GRIJANJE OLUKA I ODVODA OBORINSKE VODE

Pod pojmom 'grijanje oluka i odvoda oborinske vode' podrazumijevamo električno grijanje svih elemenata za odvod oborinske vode (oluci, slivnici, uvale, kanali, rigoli, vodolovna grla, okomiti i kosi odvodi...), te grijanje ispuštenih dijelova krova (s ili bez oluka) - realizirano električnim grijaćim kabelima.

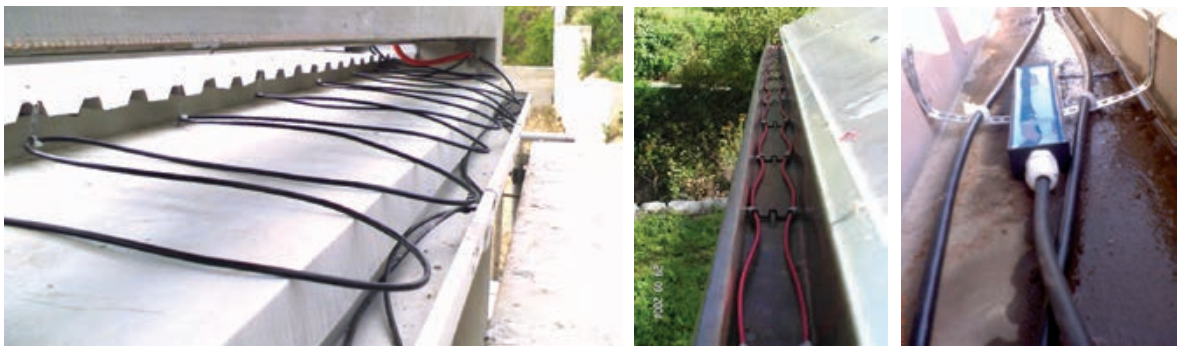
Svrha grijanja oluka i odvoda oborinske vode jest zaštita od njihovog začepljenja ledom, dok je svrha grijanja ispuštenih dijelova krova zaštita od gomilanja snijega i leda. U oba slučaja cilj je osigurati nesmetano otjecanje vode nastale otapanjem snijega i leda.

Grijanje oluka i odvoda oborinske vode realizira se ugradnjom grijaćih kabela u same elemente za odvod oborinske vode, a grijanje ispuštenih dijelova krovova postavljanjem grijaćih kabela na krovne obloge (crijep, lim, salonit, šindra.....), *Slika 7-32 i Slika 7-33.*



1. *Grijaći kabel*
2. *Grijaći kabel u okomitom odvodu*
3. *T-spoj grijaćeg kabela*
4. *Vješanje i čelično uže*
5. *Spojna kutija*
6. *Ormarić za napajanje*
7. *Mjerna sonda za vlagu*
8. *Mjerna sonda za temperaturu zraka*

Slika 7-32 *Sustav za grijanje oluka*



Slika 7-33 *Fotografije sustava za grijanje oluka [363], [364]*

KONTINUIRANA IZOBRAZBA GRAĐEVINSKIH RADNIKA
U OKVIRU ENERGETSKE UČINKOVITOSTI

PRIRUČNIK ZA TRENERE
GRAĐEVINSKO ZANIMANJE KROVOPOKRIVAČ



REFERENCE

8 REFERENCE

[1]	*Izrada krovova, www.krovovi-breskic.com; Pristupljeno: 17.8.2016..*
[2]	*Crep Reviva Protector®, www.bramac.rs; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[3]	*Tegola Canadese, www.tumir.hr; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[4]	*Graditeljska škola Čakovec, www.gsc.hr, 2016.*
[5]	*Flachdachgully - Esser`s Flachdach- Bauelemente Vertriebsges.mbH, www.esser.at; Pristupljeno: 17.8.2016..*
[6]	*www.webgradnja.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[7]	*Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, www.grad.hr, 2016.*
[8]	*Ž. Koški, V. Slabinac, D. Stober, N. Bošnjak, I. Brkanić: Elementi viskogradnje II, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Građevinski fakultet, 2013.*
[9]	*Izvođenje građevinskih radova, www.kokonstrukcije.hr; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[10]	*АЛЮМИНИЕВЫЕ ДВЕРИ, www.alreyn.ru; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[11]	*Metallkonstruktion, sato.rs; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[12]	*www.tehnogugy.hr; Pristupljeno: 18.7.2016.*
[13]	*Limar i krovopokrivač, mali-limar.blogspot.com; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[14]	*www.magazin.dobarmajstor.ba; Pristupljeno: 30.5.2016.*
[15]	*http://www.consumerreports.org/cro/roofing/Consider-Your-Roof-Before-Installing-Solar-Gear; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[16]	*Zaštita od nevremena - Sigurnost krova, www.tondach.hr; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[17]	*Kopče za slemenjake, www.krovfix.com; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[18]	*www.ikoma.hr; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[19]	*Rješenja za krov, www.tondach.hr; Pristupljeno: 18.7.2016.*
[20]	*Landesinnungsverband des Dachdeckerhandwerks Sachsen, archive.is/MpAWS; Pristupljeno: 21.9.2016.*
[21]	*www.gutta.it; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[22]	*www.krovfix.com; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[23]	*www.bramac.rs; Pristupljeno: 17.8.2016.*
[24]	*Hrvatska udruga proizvođača toplinsko-fasadnih sustava, HUPFAS, www.hupfas.hr, 2016.*
[25]	*www.isover.hr; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[26]	*Projektiranje zgrada, Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, http://www.slideshare.net/Frikic/ravni-krovovi-veleuilite-rijeka-20102011; Pristupljeno: 21.9.2016.*
[27]	*Sistemi ravnih krovova i terasa, www.podovi.org; Pristupljeno: 21.9.2016.*
[28]	*http://www.passiv.de; Pristupljeno: 21.9.2016.*
[29]	*http://rijeka.incroatia.eu/zavrsni-gradevinski-radovi/gradevinski-obrt-bajric/; Pristupljeno: 1.9.2016.*

[30]	Ventilirani krov, krov.makoter.hr/ventilirani-krov.php, pristupljeno: 5.7.2016.
[31]	Schule hat Dachschaden, www.westfalen-blatt.de; Pristupljeno: 1.9.2016.
[32]	Ventilirani krov, krov.makoter.hr; Pristupljeno: 17.8.2016.
[33]	GERARD Rooofing system, www.termag.hr/_Upload/Documents/Gerard-upute-za-ugradnju.pdf; Pristupljeno: 6.7.2016.
[34]	Traka za zaštitu i provjetravanje strehe, TERRAN crijep d.o.o, www.webgradnja.hr; Pristupljeno: 6.7.2016.
[35]	Beseitigung und Vorsorge | Schaden im Dach durch Marder in Würzburg, peter-jungklaus.de; Pristupljeno: 30.8.2016.
[36]	Tehnički detalji, www.bramac.ro/pentru-specialisti/cad-kopie-1/technische-details.html; Pristupljeno: 6.7.2016.
[37]	Crijep zračnik, www.bramac.hr; Pristupljeno: 6.7.2016.
[38]	Eurovent, ipeda.hr; Pristupljeno: 6.7.2016.
[39]	Krovna uvala, www.bramac.hr; Pristupljeno: 6.7.2016.
[40]	www.bauen.de/a/einen-altbau-kaufen-erst-pruefen-dann-zugreifen.htm; Pristupljeno: 30.8.2016.
[41]	Krovne folije, www.famy.hr/krovne_folije.php; Pristupljeno: 6.7.2016.
[42]	www.sika.com; Pristupljeno: 22.7.2016.
[43]	Alles optimal bedacht, www.dach-ok.com; Pristupljeno: 21.9.2016.
[44]	www.aurnhammer-ulm.de; Pristupljeno: 21.9.2016.
[45]	Repair ceiling 4x11ft, replace coving and artex ceiling - Plastering job in Dunstable, Bedfordshire , www.mybuilder.com/job/view/309782; Pristupljeno: 7.7.2016.
[46]	How to Locate and Fix a Leaky Roof, www.oldcontemptible.com/tag/roofing/; Pristupljeno: 7.7.2016.
[47]	Kako postaviti krovnu foliju oko dimnjaka i ventilacionog otvora, mojepotkrovlje.rs; Pristupljeno: 21.9.2016.
[48]	http://cdn.lifepr.de/f/bc785e08ff22d016/attachments/0555541.attachment; Pristupljeno: 30.8.2016.
[49]	http://cdn.lifepr.de/f/97efcb10cb8dfb3a/attachments/0720275.attachment; Pristupljeno: 30.8.2016.
[50]	Milovanović, B.: "Toplinska ovojnica zgrade – problemi i rješenja u praksi", Zbornik radova III. kongresa sudskih vještaka, Zagreb, 2013.
[51]	Kosi krov s metalnom podkonstrukcijom, isover.hr/ugradnja; Pristupljeno: 21.7.2016.
[52]	Need to correct moisture/mold problem on cathedral roof, www.greenbuildingadvisor.com; Pristupljeno: 7.7.2016.
[53]	Don't Try This At Home: Armchair Building Science, www.greenbuildingadvisor.com; Pristupljeno: 7.7.2016.
[54]	Mold between insulation and roof, www.doityourself.com; Pristupljeno: 7.7.2016.
[55]	Crawl Space Insulation in Indiana, www.indianacrawlspacerepair.com; Pristupljeno: 7.7.2016.
[56]	Pravilnik o otpornosti na požar, www.legalizacijagradnje.com; Pristupljeno: 23.9.2016.
[57]	Schimmel am Haus, www.konrad-fischer-info.de; Pristupljeno: 17.8.2016.
[58]	2. Foto-Wettbewerb zum Thema Luftdichtheit (2006), www.luftdich.de; Pristupljeno: 17.8.2016.
[59]	Der Schwindel mit der "Wärmedämmung" und falschem Energiesparen 16, www.konrad-fischer-info.de; Pristupljeno: 17.8.2016.
[60]	www.luftdich.de; Pristupljeno: 17.8.2016.
[61]	Nazubljeni čavao, http://shop.berner.eu; Pristupljeno: 19.8.2016.

[62]	*drvnicentar.filo.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[63]	*Wkręty tarasowe SIHGA, www.dachy-wroclaw.pl; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[64]	*proentaris.hr/spojna-sredstva; Pristupljeno: 7.7.2016.*
[65]	*Spojna sredstva, proentaris.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[66]	*www.revotool.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[67]	*Plafon od gipsa u potkrovlju?, www.elitemadzone.org; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[68]	*Tesarska spona Zn 250,300,350, www.bolha.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[69]	*Einhell, hejkupi.me; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[70]	*gang nail nail plate for wood, dazhefastener.en.alibaba.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[71]	*Spajanje drvene građe metalnim okovima, www.webgradnja.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[72]	*Drvene nadstrešnice, marketkonekt.com; Pristupljeno: 19.8.2016..*
[73]	*Curved Glulams, home.pacifier.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[74]	*http://www.pikengo.es; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[75]	*Limarski alat - razni, www.limas.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[76]	*Pribor za meko lemljenje lima, www.limas.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[77]	*Građevinska limarija, www.limas.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[78]	*Ručna pila za rov, https://s3.amazonaws.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[79]	*Survival pila za drvo (bucksaw), survival.aforumfree.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[80]	*www.maxalati.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[81]	*www.lorencic.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[82]	*Fuxteh, exclusiveone.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[83]	*Gerber Bear Grylls Survival Outdoor-Beil 31-002070, conrad.ba; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[84]	*Sjekira tesarska, www.drazen-pospaic.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[85]	*BAHCO stolarska dlijeta set Ergo 434P; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[86]	*Staro ručno svrdlo za drvo, www.njuskalo.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[87]	*Carpenters Ratchet Brace, www.drapertools.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[88]	*m.vnexpresstv.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[89]	*Bosch akumulatorska pneumatska udarna bušilica GBH 18 V-LI, čekić, www.bug.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[90]	*Купить перфоратор Bosch GBH 2-26 DRE, market.yandex.ru; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[91]	*www.wwgoa.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[92]	*Holzschlegel 6 Kg 6Hsv, Ø: 16 cm, 760 mm, www.rakuten.de; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[93]	*El GrecoDomenikos on emaze, www.emaze.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[94]	*Drawknife, www.ourdailybreadalbany.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[95]	*Ray Iles Scorp, www.workshopheaven.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*

[96]	Blanjalica, www.manal.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[97]	Hoblerica Iskra SK 900-82, www.njuskalo.hr; Pristupljeno: 19.7.2016.
[98]	Bộ dụng cụ KS TOOLS 885.7207, dungcusuachua.com.vn; Pristupljeno: 19.8.2016.
[99]	Šilo, www.njuskalo.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[100]	Kliješta, www.jurcec.hr; Pristupljeno: 19.8.2016..
[101]	Željezna poluga Rennsteig Werkzeuge 271 400 2 400 mm, www.conrad.com; Pristupljeno: 19.8.2016.
[102]	Kliješta za savijanje lima i kuka, www.limas.hr; Pristupljeno:19.8.2016.
[103]	Rothenberger Skládací ponk, www.nipo.cz; Pristupljeno: 19.8.2016.
[104]	Houten werkbank 150x65cm, www.baptist.nl; Pristupljeno: 19.8.2016.
[105]	Wolfcraft 6906000 stół maszynowy Master cut 1500, www.langelukaszuk.pl; Pristupljeno: 19.8.2016.
[106]	asador doméstico de carbón de acero inoxidable, www.solostocks.com.mx;Pristupljeno: 19.8.2016.
[107]	Šablona za rezanje, www.njuskalo.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[108]	Bosch Aku Čavlerica Pribijač GSK 18 V-Li Li-ion 18V, alatmilic.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[109]	Capsatoare pneumatice, Masini de batut cuie, www.sculesiechipamente.ro; Pristupljeno: 19.8.2016.
[110]	Ručna klamerica, www.manal.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[111]	FUXTEC motorna pila FX-KS162, www.njuskalo.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[112]	Hitachi Pile, www.comet.hr; Pristupljeno: 19.8.2916.
[113]	BOSCH ručna kružna pila GKS 65 Professional, hejkupi.me; Pristupljeno: 19.8.2016.
[114]	Preklopne i stolne pile, www.ealati.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[115]	Tračna žaga za kovine CY135VP, www.ceneje.si; Pristupljeno: 19.8.2016.
[116]	centar-alata.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[117]	www.makinaturkiye.com; Pristupljeno: 19.8.2016.
[118]	www.limarija-sebastijan.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[119]	www.machine-outil.com; Pristupljeno: 19.8.2016.
[120]	Krovopokrivački radovi - klizni nosač crijepa - aluminijski, www.njuskalo.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.
[121]	www.turbo-zg.hr/?page_id=578; Pristupljeno: 4.7.2016.
[122]	www.nebeska.mojabudowa.pl/?id=169906; Pristupljeno: 4.7.2016.
[123]	VBH Holding AG: Montaj profesional ferestre cu greenteQ, www.euroconferinte.ro/prezentari/Tema2-02.pdf; Pristupljeno: 4.7.2016.
[124]	RAL ugradnja, ilsad.hr/ugradnja/ral-ugradnja/; Pristupljeno: 4.7.2106.
[125]	Dachfensterlexikon, www.durch-dacht.de; Pristupljeno: 19.8.2016.
[126]	Dachfenster einbauen - Anleitung mit Bildern, www.dachfensterdirekt.de; Pristupljeno: 19.8.2016.
[127]	http://www.spenglerei-haselwanter.at; Pristupljeno: 19.8.2016.
[128]	www.velux.hr/proizvodi/krovni-prozori/proizvodi-za-ugradnju; Pristupljeno: 30.8.2016.
[129]	Opšavi za upuštenu gradnju VELUX krovnih prozora, www.velux.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.

[130]	*Roof windows, rooflite.com; Pristupljeno: 29.8.2016.*
[131]	*Velux GGU SK08 0059 114x140 cm STANDARD - Pakete, www.dachmax.com.; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[132]	*Dachfenster einbauen - Eindeckrahmen montieren auf Ziegel, www.dachfensterdirekt.de; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[133]	*www.valevarium.hr/images/usluge_special_Krovni.jpg; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[134]	*http://www.barnrenovation.co.uk/leaking-velux-windows-and-roof-valley-problems; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[135]	*www.velux.hr; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[136]	*Braas: Sturmklammern Opal speziell für Braas Opal Dachziegel, www.braas.de; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[137]	*So bieten Sie ein sturmsicheres Dach mit allen Schikanen, www.pressebox.de; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[138]	*Crijep, http://www.zagreb-mont.hr; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[139]	*Vatrogasni dom u Jelsi na Hvaru – 2008., www.mga-metkovic.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[140]	*Lindab Roof, www.lindab.com; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[141]	*Tetto, tetto in calcestruzzo - Ampack swiss, www.ampack.ch; Pristupljeno: 19.8.2016.*
[142]	*Das sichere und wirtschaftliche Traufdetail im Steildach, www.bauder.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[143]	*Dachdämmung, www.energieverbraucher.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[144]	*http://www.karl-bachl.hr; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[145]	*Krov - Gradnja obiteljske kuće, blog.dnevnik.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[146]	*Gutex.de; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[147]	*http://mojepotkrovlje.rs/sve-sto-ste-hteli-da-znate-o-izolaciji-potkrovlja/; Pristupljeno: 30.8.2016.*
[148]	*www.austrotherm.rs; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[149]	*skyTech - negoriva tankoslojna reflektivna izolacija, promoizlog.net; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[150]	*Upute za posatvljanje crijepa, www.hippo-gm.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[151]	*Krovna limarija, www.dom.com.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[152]	*www.wilfried-roelle.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[153]	*GAVROPROM - ponude i popusti, www.moj.kvart.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[154]	*Odabir crijepa, www.forum.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[155]	*www.lindab.com; Pristupljeno: 21.9.2016.*
[156]	*Ventiliranje krovnih konstrukcija, www.gradimo.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[157]	*Upute za postavljanje crijepa, www.hippo-gm.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[158]	*Dach der Basilika St. Jakob in Straubing saniert, www.baustoff-partner.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[159]	*Rinneisen montieren, dachausbauen.tk; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[160]	*VELUX EDB C06 0000 55x118cm, www.dachmax.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[161]	*Krovna oprema, www.dzenex.ba; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[162]	*Montaż INOFLEXX, www.moosfree.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[163]	*www.redland.co.uk; Pristupljeno: 30.8.2016.*

[164]	www.under1.co.uk ; Pristupljeno. 1.9.2016.
[165]	Deportation Stock Photos and Pictures, www.gettyimages.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[166]	dachdienst-meschke.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[167]	Dogav Grup | Magazin accesorii pentru acoperis, www.accesoriipentruacoperis.ro; Pristupljeno: 22.8.2016.
[168]	Krovna oprema, www.svezakrov.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[169]	Koraflex für Anschlüsse an Kamine und Wände, www.baulinks.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[170]	Dämmzarge optimiert Wärmeschutz, www.puren.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[171]	Geschenkte Energie, www.ikz.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[172]	Solar Unterlegplatte Typ Biber Vario, www.riesolar.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[173]	Panele fotowoltaiczne - kompleksowa usługa, www.solarprofit.pl; Pristupljeno: 22.8.2016.
[174]	Schneefang bei Solaranlagen, www.baunetzwissen.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[175]	Pieptene streașină de închidere, 2,29 ron, Lajumate.ro; Pristupljeno: 22.8.2016.
[176]	Verzinkt Universal Dachtritt 800 (0,8m) komplett Dachtritte, www.dachdecker-shop.eu; Pristupljeno: 22.8.2016.
[177]	http://buildguide.info/; Pristupljeno: 1.9.2016.
[178]	Fachgerechte SAT-Montage etwas anders, www.bauexpertenforum.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[179]	Daten Dachsparrenhalter variabel Profi, www.satanlagenforum.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[180]	Roof windows, at.rooflite.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[181]	www.sibo-crijep.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[182]	Tenement Roof Repairs, www.glasgowroofingservice.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[183]	Das Dach, geola.net; Pristupljeno: 22.8.2016.
[184]	www.zimmermeister-modernisieren.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[185]	Neues Dachziegelsystem für maximale Sturmsicherheit, www.headline-themendienst.de; Pristupljeno: 22.8.2016.
[186]	Wienerberger, www.wienerberger; Pristupljeno: 12.7.2016.
[187]	www.tondach.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[188]	zprofilprodaja.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[189]	Peulić, Đ.: "Konstruktivni elementi zgrada", Tehnička knjiga, Zagreb.
[190]	News and bricks, www.all4architect.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[191]	www.jofogas.hu; Pristupljeno: 22.8.2016.
[192]	nexe-crijep.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[193]	holender.com.pl; Pristupljeno: 22.8.2016.
[194]	Crijep, www.gradimo.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[195]	UPUTE ZA POLAGANJE GUTTA 3 PUNTI, www.gutta.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[196]	Upute za polaganje kanalica, Korec, www.go-opekarne.si; Pristupljeno: 22.8.2016.
[197]	www.gutta.com; Pristupljeno: 1.9.2016.

[198]	*Ploče ispod klasičnog crijepa ISOLINE, www.gradimo.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[199]	*www.mga-metkovic.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[200]	*www.bekto.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[201]	*Tetőrendszer kiegészítők, www.terranteto.hu; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[202]	*Dachziegel, www.tolleware.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[203]	*5 tegole solari, fotovoltaiche o trasparenti per produrre energia dal tetto, www.greenme.it; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[204]	*strgid.ru; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[205]	*www.kep.systems; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[206]	*www.noventec.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[207]	*Slikovni rezultat, www.energie-page.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[208]	*PV-Dachlösung für Neubau und Dachsanierung, www.afflerbach-solar.de; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[209]	*Are there solar PV tiles to match clay roofs?, www.yougen.co.uk; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[210]	*Generate cheap, green electricity from sunlight with solar roof tiles, www.goodshomedesign.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[211]	*Le tegole fotovoltaiche per i nostri centri storici, www.coffeenews.it; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[212]	*Tuile photovoltaïque intégrée en toiture, www.luxol.fr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[213]	*www.zi-online.info; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[214]	*Što je nehrđajući čelik?, www.konimb.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[215]	*Krovni paneli PUR-PIR, www.izoforma-paneli.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[216]	*Trapezni limovi, www.limometal.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[217]	*Krov: Paneli za krov, www.trnici.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[218]	*Završni radovi, www.erijeka.info; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[219]	*metalyamianto.blogspot.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[220]	*Pokrivanje krovova limom, http://www.gradjevinarstvo.rs; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[221]	*Diethelm & Spillmann, archello.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[222]	*Metals and Minerals: About Aluminum, www.empirestatemetals.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[223]	*Metalne konstrukcije (MTI) - Krovni pokrivači i fasadne obloge, http://www.grf.bg.ac.rs; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[224]	*http://www.edilportale.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[225]	*Kalzip Natuurdak, www.tatasteelconstruction.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[226]	*kalzip-construction-details, www.pinterest.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[227]	*Trapezno profilisani lim, lim-mostar.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[228]	*www.limas.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[229]	*www.bosch.hr; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[230]	*Crossbrace, shapealuminiumballina.com.au; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[231]	*Spojovací materiál, www.aluminiumshop.cz; Pristupljeno: 22.8.2016.*

[232]	Jahači, termag.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[233]	oplist.ru; Pristupljeno: 22.8.2016.
[234]	Nasveti. Pravilna Izbira in Uporaba Izdelkov, www.epro-adria.si; Pristupljeno: 22.8.2016.
[235]	Oluci, trapezni limovi, limene fasade, limeni krovovi, www.boskompani.com: Pristupljeno: 22.8.2016.
[236]	Profilirani lim, lks.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[237]	Metalni krovovi UNI 1 i UNI 2 Tehnički vodič za montažu, www.kjg.sk; Pristupljeno: 22.8.2016.
[238]	www.szendvicspanel.net; Pristupljeno: 22.8.2016.
[239]	www.krovovi-jambrek.com; Pristupljeno. 1.9.2016.
[240]	vrapce.mk; Pristupljeno: 22.8.2016.
[241]	Adaptacije, krovopokrovački i limarski radovi, markanovic.blogspot.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[242]	Porizvodi, www.lovicco.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[243]	Samouklapajući lim, limoprodukt.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[244]	Građevni dijelovi, zgrade i prozračivanje, www.lindab.com; Pristupljeno: 22.8.2016.
[245]	Krovopokrivački radovi, www.forum.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[246]	http://www.ruukki.com; Pristupljeno: 1.9.2016.
[247]	http://paneli.kingspan.hr; Pristupljeno: 1.9.2016.
[248]	http://www.steelroofsheets.co.uk/categories/insulated-wall-cladding/; Pristupljeno: 1.9.2016.
[249]	www.skyway.ie; Pristupljeno: 1.9.2016.
[250]	www.trimo.pl; Pristupljeno: 22.8.2016.
[251]	sandwichpanel-ms.se; Pristupljeno: 1.9.2016.
[252]	Installation instruction Mineral wool sandwich panels, http://www.slideshare.net/motpanels/installation-instruction-mineral-wool-sandwich-panels; Pristupljeno: 22.8.2016.
[253]	www.brucha.at; Pristupljeno: 22.9.2016.
[254]	http://www.gradjevinarstvo.rs/tekstovi/5705/820/trumpf-ov-trutool-tpc-165-nezamenjiva-masina-za-precizno-secenje-sendvic-panela; Pristupljeno: 1.9.2016.
[255]	www.berner.com; Pristupljeno: 1.9.2016.
[256]	www.makita.hr; Pristupljeno: 1.9.2016.
[257]	brucha.at; Pristupljeno: 1.9.2016.
[258]	www.wholesaleheaters.co.uk; Pristupljeno: 1.9.2016.
[259]	www.pantrustromania.ro; Pristupljeno: 22.8.2016.
[260]	www.brucha.hr; Pristupljeno: 1.9.2016.
[261]	http://www.ruukki.com; Pristupljeno: 1.9.2016.
[262]	Lastre coibentate a forma di coppo, www.edil-point.it; Pristupljeno: 22.8.2016.
[263]	Krovni pokrov mediteran TEK, www.izoforma-paneli.hr; Pristupljeno: 22.8.2016.
[264]	http://www.kingspanpanels.co.uk; Pristupljeno: 1.9.2016.

[265]	*www.kingspan.hr; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[266]	*Roof sandwich panel, www.archiexpo.com; Pristupljeno: 22.9.2016.*
[267]	*Slate Roofing Tiles, asianstones.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[268]	*Eternit megaslate Modulmontage, www.youtube.com; Pristupljeno: 22.8.2016.*
[269]	*www.esal.si; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[270]	*Kritina Esal, www.topdom.si; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[271]	*Eternit Wellplatten Profil 8, www.eternit.de; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[272]	*Solarkonsole MODULECO fuer Eternit-Wellplatten, www.etasol-solar-zubehoer.de, Pristupljeno: 23.8.2016.*
[273]	*Ondulin ploče – postavljanje, montaža i karakteristike, bekostyle.com; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[274]	*Materiais de construção, rumuls.com.br; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[275]	*Polikarbonati, www.structura.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[276]	*Scobalit-Werke, www.scobalit.de; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[277]	*sigma.at.ua; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[278]	*Plexiglas Wellplatten , www.ebay.de; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[279]	*Guttagliss PES role přírodní 1 x 10 m, www.akcniceny.cz; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[280]	*MODUN consulting, www.modun.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[281]	*Folha de policarbonato ondulado PCT840-210-26, portuguese.alibaba.com; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[282]	*Werke, www.scobalit.de; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[283]	*Verlegesystem gegen lästige Knackgeräusche bei Lichtplatten, www.trapezblech-onlineshop.de; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[284]	*Acryl Wellplatten farblos, www.bodamer-kunststoffglas.de; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[285]	*Почему люди выбирают поликарбонат, navesmaster.ru; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[286]	*Polycarbonat Hohlkammerplatten, www.scobalit.de; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[287]	*metal-euro.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[288]	*Hollow Triplewall Polycarbonate Sheet Greenhouse Polycarbonate Panels, www.polycarbonateplasticsheets.com; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[289]	*Polikarbonatne ploče, www.mas-promet.co.rs; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[290]	*Mittelsprosse für 16 mm Platten mit Schrauben und Dichtungen, www.stegplattenshop.com; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[291]	*Polikarbonatne ploče: polikarbonati kao moderna arhitektonska rješenja, www.izoforma-paneli.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[292]	*Tehničke karakteristike, www.akripol.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[293]	*Pritrdilni material, www.termotom.si; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[294]	*White Sheet Fixing Pack of 10, www.diy.com; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[295]	*Nadstrešnice za terase, www.lemont.rs; Pristupljeno: 23.82016.*
[296]	*Guttaglis polikarbonatne ploče, www.kedo.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[297]	*Polikarbonatne ploče, www.egle.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*

[298]	Archizinc roof, www.wallspan.lk; Pristupljeno: 23.8.2016.
[299]	Das Dach-Grundbegriffe, www.dachplattenprofi.de; Pristupljeno: 23.8.2016.
[300]	Batu Bata Merah Klaten, www.bataklaten.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[301]	Sjedeće garniture, sked.com.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.
[302]	Board materials, www.euroguma.ba; Pristupljeno: 23.8.2016.
[303]	Nadstrešnice za prozore i vrata, www.melting.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.
[304]	Ronald Lampitt, Thatcher at work, Pristupljeno: 23.8.2016.
[305]	Legenfest, kajkaviana-magica.eu; Pristupljeno: 23.8.2016.
[306]	Pokrivanje kuće, www.zagoricani.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[307]	www.trska.info; Pristupljeno: 23.8.2016.
[308]	Općina Bednja, www.bednja.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.
[309]	Slamnati krov ŠKOP, http://www.nas-zavicaj.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.
[310]	Zagorci su majstori u pokrivanju kuća slamom i betonskim crijepom, www.vecernji.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.
[311]	Obnova slamnatog pokrova u Muzeju Staro selo, www.mhz.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.
[312]	Cvijeće oko kuće, www.mojnet.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[313]	www.uraldomproekt-ekb.ru; Pristupljeno: 23.8.2016.
[314]	Dackdecker Fachbetrieb, www.reetdach.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[315]	www.techno-ferum.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[316]	Čabarski kraj, ineco.posluh.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.
[317]	www.gradimo.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.
[318]	Tejuelas de alerce-adornado.JPG, es.wiki2.org; Pristupljeno: 23.8.2016.
[319]	www.menards.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[320]	Schingels, marketkonekt.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[321]	Drvene kuće Bosna, grosirbajusurabaya.top; Pristupljeno: 23.8.2016.
[322]	How Green Are Your Roofing Options?, www.buildsabai.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[323]	Stone house of the Adriatic, http://www.getis.eu; Pristupljeno: 23.8.2016.
[324]	Živković Z.: Hrvatsko tradicijsko graditeljstvo, www.min-kulture.hr/userdocsimages/Bastina/HTG_web.pdf; Pristupljeno: 23.8.2016.
[325]	Other steep-slope roofing, rpm.rcabc.org; Pristupljeno: 23.8.2016.
[326]	www.artslate.ru; Pristupljeno: 23.8.2016.
[327]	Natural stones fasades, www.stylepark.com; Pristupljeno: 23.8.2016.
[328]	Сланцевая кровля, http://5фасад.рф/catalog/slancevaya-krovlya; Pristupljeno: 23.8.2016.
[329]	Flat roof dormers, www.pinterest.com/pin/313774299015068918/; Pristupljeno: 23.8.2016.
[330]	Izvještaj sa Brača, www.dragodid.org; pristupljeno: 23.8.2016.
[331]	www.funda.hr/Protan-(1)/OPTERECENI-KROVOVI.aspx; Pristupljeno: 1.3.2016.

[332]	*Energetski efikasni ravni krovovi, www.gradnja.rs; Pristupljeno: 17.3.2016.*
[333]	*www.enu.fzoeu.hr/assets/files/shared/list/PRIRUcNIK%20ZA%20ENERGETSKO%20CERTIFICIRANJE%20ZGRADA%202.pdf; Pristupljeno: 13.7.2016.*
[334]	*http://www.funda.hr/Protan-(1)/ZELENI-KROVOVI.aspx; Pristupljeno: 13.7.2016.*
[335]	*Izolacija ravnog krova kamenom vunom, www.webgradnja.hr; Pristupljeno: 17.3.2016.*
[336]	*www.hidroprofil.hr/default.asp?cms=GGGJJJ; Pristupljeno: 17.3.2016.*
[337]	*www.aqua-hidroizolacije.hr/reference; Pristupljeno: 22.9.2016.*
[338]	*www.korak.hr; Pristupljeno:1.9.2016.*
[339]	*www.norik.si ; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[340]	*http://www.dracomerx.com/rjesenja/hidroizolacija-ravnih-krovova-jednoslojnom-krovnom-membranom/; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[341]	*http://www.arhitekti-hka.hr/hr/baza-proizvoda/proizvod/fibranxps-incline%3B-snacija-ravnih-krovova,555,773.html; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[342]	*http://www.bueho.hr ; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[343]	*www.btm.co; Pristupljeno: 1.9.2016.*
[344]	*www.izogen.hr/detalji/sinteticke-hidroizolacije-folije/dilatacija; Pristupljeno: 22.9.2016.*
[345]	*http://www.izogen.hr/images/izogen/B_topli_dilatacija.jpg; Pristupljeno: 22.9.2016.*
[346]	*www.hidro-tim.hr ; Pristupljeno: 22.9.2016.*
[347]	*Bauder ekstenzivna sadnja - Zeleni krovni sustavi sa minimalnim zahtjevima za održavanje, www.bauder.hr; Pristupljeno: 22.9.2016.*
[348]	*Program Ujedinjenih naroda za razvoj (UNDP) u Hrvatskoj: "Priručnik za energetske savjetnike", Tiskara Zelina d.d., 2008.*
[349]	*www.funda.hr/Protan-(1)/Sanacija-krovova.aspx; Pristupljeno: 22.7.2016.*
[350]	*hr.wikipedia.org/wiki/Hrvatsko_narodno_kazali%C5%A1te_u_Zagrebu; Pristupljeno: 22.9.2016.*
[351]	*Elementi sistema za odvodnju oborinskih voda s krova i galanterija; www.web.gradnja.hr; Pristupljeno: 6.7.2016.*
[352]	*Građevinska limarija, www.lim-mont.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[353]	*Kuka za žlijeb - kružna, www.san-met.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[354]	*Krovni oluci, www.marley.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[355]	*Marley, www.hippo-gm.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[356]	*Galanterija, www.omega-ns.com; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[357]	*Obujmica za oluk, nehrđajući čelik V2A, Ø100 mm, www.schrack.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[358]	*Limarija, www.limarija-malic.hr; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[359]	*Limarija, www.montingz.ba; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[360]	*Opšavni limovi, limotehna.com; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[361]	*Profilisani limovi, www.inm-arilje.com; Pristupljeno: 23.8.2016.*
[362]	*Savjeti za izbor krovopokrivača, decorinportal.com; Prostupljeno: 23.8.2016.*
[363]	*www.elektricna-grijanja.hr; Pristupljeno: 22.9.2016.*
[364]	*www.ellabo.hr; Pristupljeno: 22.9.2016.*

PRIRUČNIK ZA TRENERE

GRAĐEVINSKO ZANIMANJE KROVOPOKRIVAČ

Sufinancirano iz EU programa
Inteligentna energija Europe

Sveučilište u Zagrebu
Građevinski fakultet

REGIONALNI CENTAR ZAŠTITE OKOLIŠA
Hrvatska

GRADITELJSKA ŠKOLA
ČAKOVEC

HUPFAS
HRVATSKA UDRUGA PROIZVOĐAČA
TOPLINSKO FASADNIH SUSTAVA

Hrvatska komora
inženjera građevinarstva

Hrvatski zavod za zapošljavanje

ISBN: 978-953-6272-97-6