

Izolacija zgrade od vode i vlage

Pavlović, Marin

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:816564>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-16**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)





Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Marin Pavlović

IZOLACIJA ZGRADE OD VODE I VLAGE

ZAVRŠNI ISPIT

Zagreb, 2024.



Sveučilište u Zagrebu

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Marin Pavlović

IZOLACIJA ZGRADE OD VODE I VLAGE

ZAVRŠNI ISPIT

Mentor: Izv.prof.dr.sc. Nikolina Vezilić Strmo

Zagreb, 2024.



University of Zagreb

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Marin Pavlović

**ISOLATION OF THE BUILDING AGAINST WATER
AND MOISTURE**

FINAL EXAM

Supervisor: Assoc.Prof.PhD. Nikolina Vezilić Strmo

Zagreb, 2024.



OBRAZAC 3

POTVRDA O POZITIVNOJ OCJENI PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Student/ica :

Marin Pavlović (Ime i prezime)	0082068426 (JMBAG)
-----------------------------------	-----------------------

zadovoljio/la je na pisanom dijelu završnog ispita pod naslovom:

Izolacija zgrade od vode i vlage
(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

Isolation of the building against water and moisture
(Naslov teme završnog ispita na engleskom jeziku)

i predlaže se provođenje daljnjeg postupka u skladu s Pravilnikom o završnom ispitu i diplomskom radu Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta.

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu znanstvenog projekta: (upisati ako je primjenjivo)

(Naziv projekta, šifra projekta, voditelj projekta)

Pisani dio završnog ispita izrađen je u sklopu stručne prakse na Fakultetu: (upisati ako je primjenjivo)

(Ime poslodavca, datum početka i kraja stručne prakse)

Datum: 17.9.2024.

Mentor: izv.prof.dr.sc. Nikolina Vezilić Strmo

Potpis mentora: *N. Vezilić Strmo*

Komentor:



OBRAZAC 5

IZJAVA O IZVORNOSTI RADA

Ja :

(Ime i prezime, JMBAG)

student/ica Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta ovim putem izjavljujem da je moj pisani dio završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristio/la drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

Datum:

Potpis:



OBRAZAC 6

IZJAVA O ODOBRENJU ZA POHRANU I OBJAVU PISANOG DIJELA ZAVRŠNOG ISPITA

Ja :

Ć

(Ime i prezime, OIB)

ovom izjavom potvrđujem da sam autor/ica predanog pisanog dijela završnog ispita i da sadržaj predane elektroničke datoteke u potpunosti odgovara sadržaju dovršenog i obranjenog pisanog dijela završnog ispita pod naslovom:

(Naslov teme završnog ispita na hrvatskom jeziku)

koji je izrađen na sveučilišnom prijediplomskom studiju Građevinarstvo Sveučilišta u Zagrebu Građevinskog fakulteta pod mentorstvom:

Ć

(Ime i prezime mentora)

i obranjen dana:

(Datum obrane)

Suglasan/suglasna sam da pisani dio završnog ispita bude javno dostupan, te da se trajno pohrani u digitalnom repozitoriju Građevinskog fakulteta, repozitoriju Sveučilišta u Zagrebu te nacionalnom repozitoriju.

Datum:

Potpis:

MP

SAŽETAK

Ovaj rad, uporabom primjera i teorije, pokušava prikazati važnost i ulogu izolacije zgrada od utjecaja vode i vlage. Rad sadrži povijesni razvoj hidroizolacije i tehnika koje su se koristile od početaka civilizacije do danas. Predstavljene su izolacije od vode i vlage te njihove osnovne funkcije i karakteristike. Opisuju se najčešće korišteni materijali za izolaciju i njihov način izvedbe. Proučene su njihove specifičnosti, prednosti i mane. Ključno je poznavanje svojstava svih materijala kako bi se što bolje izvela izolacija. Dobro izvedena izolacija smanjuje gubitke energije, potrebe za renovacijom i sanacijom, osigurava smanjenje troškova za održavanje te produljuje životni vijek zgrade.

Rad je podijeljen u više cjelina. U prvoj, uvodnoj, predstavlja se hidroizolacija te oblici vode i vlage koji utječu na zgradu. U drugoj se osvrće na napredovanje hidroizolacije i stil uporabe kroz povijest. U trećoj su pojašnjeni glavni materijali i njihove karakteristike. Kraj je posvećen racionalizaciji mogućih prepreka i njihovom rješavanju. Kroz tri česta primjera dodatno je objašnjena problematika i pristup. Na kraju su izneseni zaključci.

Ključne riječi: Izolacija vode; izolacija vlage; energija; zaštita; voda; para

SUMMARY

This final paper, using examples and theory, is trying to show the importance and role of isolation against water and moisture in protection of the building. The paper explains historical evolution of waterproofing systems and their basic functions and characteristic. Most commonly used materials and their application, specifics, advantages and disadvantages are dealt with. It is crucial to know the properties of all materials in order to perform the isolation as well as possible. Well-executed isolation reduces energy losses, renovation and remediation needs, ensures a reduction in maintenance costs and extends the life of the building.

The work is divided into several units. In the first, introductory, waterproofing and types of water and moisture that affect the building are presented. In the second, the progress of waterproofing and style of use throughout history are looked at. In the third, the main materials and their characteristics are clarified. The end deals with the rationalization of possible obstacles encountered in practice and their solution. Through three frequent examples, the issues and approach are further explained. In the end, conclusions are presented.

Key words: Water isolation; ; moisture isolation; energy; protection; water; steam

SADRŽAJ

SAŽETAK	iv
SUMMARY	v
SADRŽAJ.....	vi
1. UVOD	1
2. POVIJESNI RAZVOJ IZOLACIJE OD VODE I IZOLACIJE OD VLAGE.....	3
3. GLAVNI MATERIJALI ZA HIDROIZOLACIJU I TEHNIKE IZVOĐENJA	5
3.1. Izolacija membranma	5
3.1.1. Bitumenske membrane	6
3.1.2. Sintetičke membrane.....	8
3.1.2.1. Termoplastične membrane	9
3.1.2.1.1. Polivinil klorid-PVC	10
3.1.2.1.2. Termoplastični poliofelin-TPO	11
3.1.2.2. Membrane od vulkanizirane gume (Etilen propilen dien monomerna guma-EPDM).....	12
3.1.3. Bentonit.....	13
3.2. Izolacija premazima	14
3.2.1. Cement	14
3.2.2. Elastični premazi	17
3.2.2.1. Akrilni premazi.....	19
3.2.2.2. Silikonski sustavi.....	20
3.2.2.3. Poliuretanski sustavi	20
3.3. Dodaci izolaciji	21
3.3.1. Brtvila	23
3.3.2. Drenažni sustavi	24
3.4. Parne barijere	26
3.4.1. Paronepropusne barijere.....	27
3.4.2. Paropropusne barijere	29
4. PROBLEMI I RJEŠENJA U PRAKSI.....	31
4.1. Primjer izolacije ispod razine zemlje bentonitom	31
4.2. Primjer izolacije podruma cementnim premazom	32
4.3. Primjer kombinacije više hidroizolacijskih materijala	33
5. ZAKLJUČAK.....	35
POPIS LITERATURE	36
POPIS SLIKA.....	39

1. UVOD

Na svijetu voda i vlaga se javljaju u različitim oblicima, svaki od njih na poseban način utječe na život ljudi i na njihove građevine. Za dobru zaštitu od njihova utjecaja važno je poznavanje i razumijevanje njihovih svojstava kako bi ih se što bolje neutraliziralo. Voda utječe na zgradu u jednom od tri oblika - krutom, tekućem ili u obliku vodene pare.

Led i snijeg, odnosno kruto stanje, imaju veliki utjecaj u hladnijim područjima. Zaleđena voda zauzima veći volumen nego ista količina tekuće vode, stoga tekućina koja dospije u međuprostore materijala pri zamrzavanju i posljedičnom širenju dovodi do oštećenja konstrukcije. Može doći i do pucanja cijevi zbog velikog pritiska.

Tekuća voda je najčešće u obliku kiše, ali se pojavljuje i u vidu podzemne vode te otopljenog snijega. Vanjske padaline, ako zgrada nije pravilno izolirana, mogu probiti u srž materijala i uzrokovati razna oštećenja poput truljenja, stvaranja plijesni i curenja u interijer. Podzemna voda u blizini temelja stvara veliki pritisak na podzemne dijelove objekta što može uzrokovati strukturalna oštećenja.

Vlaga također može negativno djelovati na zgradu. Pojavljuje se kao kondenzacija ili kao kapilarna vlaga. Kondenzacija predstavlja proces prelaska vodene pare u tekuće stanje, a odvija se na mjestima gdje često postoji razlika u temperaturi ili tlaku, kao što su kupaonice i kuhinje. Na dodirnoj površini tople pare i hladnijih zidova (i drugih materijala) stvaraju se kapljice vode te dolazi do stvaranja plijesni i oštećenja unutarnjih struktura. Kapilarna vlaga uzrokuje oštećenja zidova kao što su mrlje i cvjetanje što rezultira slabljenjem strukture i narušavanje estetike. Proces obuhvaća podizanje vlage kroz strukture zida zbog kapilarnog efekta koji omogućuje malim količinama vode uspinjanje po materijalu.

Ovisno o geografskoj lokaciji, građevine mogu biti podložne i drugim negativnim utjecajima voda. Morska sol i kisele kiše su česti uzročnik propadanja konstrukcije građevina, stoga se takvi čimbenici trebaju uzeti u obzir pri odabiru zaštite zgrada ukoliko se isti očekuju. [1]

Hidroizolacijski materijali služe kako bi neutralizirali sve negativne utjecaje koje na građevini mogu prouzročiti voda i vlaga. Pravilna izvedba produljuje životni vijek zgrade i smanjuje potrebe za održavanjem i sanacijom čitave konstrukcije. Za hidroizolaciju koristi se mnoštvo materijala i tehnika, a svaki ima svoje prednosti i mane.

Podjela hidroizolacijskih materijala može se provesti s obzirom na visinski položaj - na izolaciju ispod razine zemlje, odnosno temelje i podrume te na izolaciju iznad razine zemlje,

što uključuje krovove, fasade, balkone te vertikalne i horizontalne otvorene površine. Kod izolacije ispod razine zemlje najčešći problemi su podzemna voda u vidu pritiska na zgradu, kapilarna vlaga i kondenzacija s tlom te česta zamrzavanja podzemne vode. S druge strane, izolacija iznad razine zemlje uglavnom se suočava s padalinama, kondenzacijom, snijegom i ekstremnim vanjskim uvjetima poput vjetra i ultraljubičastog(UV) zračenja. Bitno je prepoznati koja vrsta izolacije je najbolja za koje uvjete.

Osim ove vrste podjele, postoji i podjela na materijale koji se nanose s vanjske odnosno pozitivne strane strukture i na one koji se nanose s unutarnje ili negativne strane. Vanjska strana se smatra pozitivnom jer tradicionalno voda prodire izvana prema unutra, a to se pokušava spriječiti. Izoliranje negativne strane se koristi ako se ne može doći do „mokre“ strane, što je čest slučaj u podrumima. U tom se slučaju za vanjsku stranu strukture koriste materijali koji mogu apsorbirati malo vode dok izolacija sprječava potpuni prolazak neželjenih tvari unutar objekta. [2]

2. POVIJESNI RAZVOJ HIDROIZOLACIJE

Počeci zaštite od vode, vlage i vremenskih nepogoda datiraju iz vremena civilizacije Mezopotamije, „kolijevke čovječanstva“. Ljudi najstarije civilizacije izolirali su zidove od čerpiča materijalom sličnom bitumenu. Egipćani su posezali za drugim alternativama, koristili su prirodne smole i životinjske masti kako bi zatvorili rupice i nesavršenosti zidova i podova.

Prvi značajan napredak dogodio se u Antičkom Rimu, počeo se koristiti „opus signinum“. Ovaj materijal nastao je s ciljem da bude vodonepropusan, a pokazao se pogodnim i za izgradnju cesta, akvedukata i kupatila. Za izolacijsku moć zaslužan je pomno birani sastav, koji uključuje vapno, pijesak te komadiće gline, cigle i opeke.



Slika 1. Opus signinum

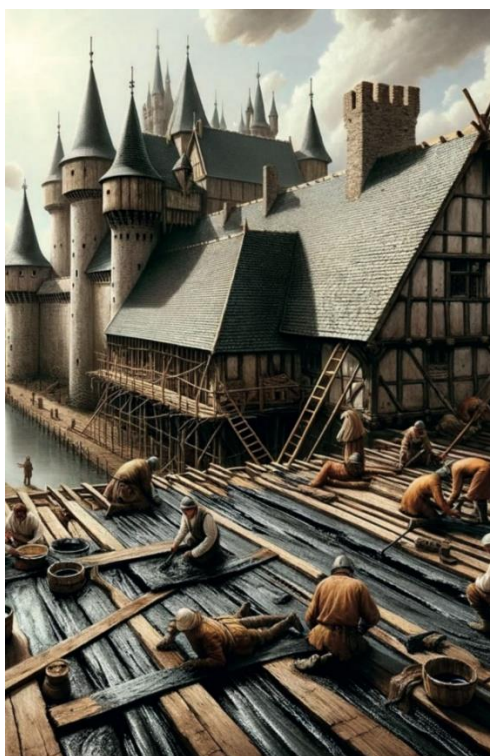
Razvoj graditeljstva, rastući broj stanovnika i potreba za kvalitetnijim objektima, rezultirali su razvitkom novih tehnika hidroizolacije. Započinje gradnja kosih krovova, drenažnih sustava i cijevi za usmjeravanje akumulirane vode od građevinskih struktura. Sve češće se

koriste pločice od terakote zbog svoje sposobnosti odvođenja vode s površine. Uz smole i ulja za sprječavanje curenja, počeli su se primjenjivati i olovni premazi na važnim građevinama.

Industrijska revolucija, odnosno novi materijali i tehnologije, imali su veliki značaj za izolaciju od vode i vlage. Najbitniji novitet bio je asfalt, koji je omogućio brzo i jednostavno izoliranje na cestama i krovovima. Sintetički materijali i guma su zbog svoje fleksibilnosti i prilagodljivosti korišteni kod zaštite zgrada. Stari materijali, poput cementa, poboljšani su izmjenama u sastavu te nastaje „Portlandski cement“. Riječ je o materijalu koji se dodatno stvrdnjava pod vodom pa je pogodan za koristiti u gradnji pod zemljom i lukama. Uz to, galvanizirano željezo koristilo se kao zaštita od korozije, a drenažni sistemi su unaprijeđeni.

Rapidni napredak tehnologije i materijala u dvadesetom stoljeću i dalje traje. Nove formule - silikoni, polimeri i poliuretani omogućuju raznoliku primjenu, lako se prilagođuju, jeftini su, brzi za ugradnju, štite od UV-zraka i elastični su. Veliku važnost predstavlja dugotrajnost, otpornost na ekstremne uvjete i ekonomičnost pri biranju ovih materijala. Zaključno, izolacija od vode i vlage razvija se od samih početaka gradnje i nastavit će se usavršavati. Danas je u proizvodnju uključena nanotehnologija i pametna tehnologija, iako je još u povojima već je počela s unaprjeđivanjem i elevacijom hidroizolacijskih sistema.

Svaki materijal ima svoje prednosti i nedostatke, a cilj je postići raznolikost u primjeni u skladu s potrebama, važnosti i ekonomičnošću pojedinih građevinskih objekata.[3][4]



Slika 2. Umjetnički prikaz izvedbe izolacije u prijašnjim vremenima

3. GLAVNI MATERIJALI ZA HIDROIZOLACIJU I TEHNIKE IZVOĐENJA

3.1. Izolacija membranama

Membrane u tvornički izrađenim slojevima predstavljaju nepropusnu barijeru vodi i vlazi, kako ne bi prodrli u strukturu objekta. Pogodne su za velike horizontalne površine, poput krovova i balkona. Manje su pogodne i korištene na vertikalnim površinama, malim prostorima i neravnom terenu. Uvjeti za izvođenje su brojni, ovisno o podlozi. Beton treba biti čist, ali i bez rupa i neravnina, mora biti osigurano da ništa neće prodrijeti kroz membranu. Za postavljanje na drvo, površina treba biti bez nepravilnosti, a kod ciglenih konstrukcija važno je i da su svi otvori popunjeni. Ukoliko je potrebno, gruba površina se glanca pomoću cementa i pijeska.

Kod ove vrste izolacije dosta svojstava ovisi o proizvođaču. Pozitivno je što se lako kontrolira debljina izolacije, ali mana je obavezno varenje i preklop po naputcima proizvođača. Role se postavljaju jedna do druge s preklpom i zavaruju ili povezuju mehaničkim pomagalicama kako bi se osiguralo da voda neće probiti kroz nesavršenosti. Preklop varira od 5 do 30 centimetara i pri njegovom postavljanju zbog preciznosti prvo se ocrtava točna pozicija pa se kreće u postavljanje. U slučaju problema pri postavljanju, membrana se ne popravlja, ne poteže ni rasteže jer to dovodi do pucanja i neželjenih „plikova“ membrane. U slučaju greške, izolacija se podiže i iznova montira. Svi zavari i spojevi moraju biti izvedeni na način da odbijaju vodu.

Posebnu pažnju zahtjeva izvođenje finih rubova na kojima postoje nepravilnosti ili pri promjeni smjera i visine plohe. U takvim situacijama se preklopi još dodatno lijepe brtvilima kako bi bili čvršći, a na rizičnim mjestima se često postavlja i dodatni sloj membrane te se taj dio dodatno rola kako bi se osigurala dobra prionjivost odnosno adhezija na podlogu i ujednačenost debljine.

Vrlo je bitna zaštita membrane, prevencijom rupa blokira se ulazak vode i slabljenje konstrukcije. Najbolji način zaštite je da se obrambeni sustav odmah postavi iza membrane te da se odmah započne sa zatrpavanjem podloge kako membrana ne bi bila izložena vanjskim uvjetima. Za horizontalno zaštitu koriste se lesonit ili geotekstilni čepovi, a za vertikalnu polistirenske ploče zbog svoje male težine i dobre prionjivosti. Membrane se mogu koristiti iznad i ispod razine zemlje, uz naravno neke prilagodbe koje zahtjeva projekt. Uglavnom se primjenjuju na pozitivnu stranu strukture. [5]



Slika 3. Sintetička membrana zaštićena geotekstilom prije zatrpavanja



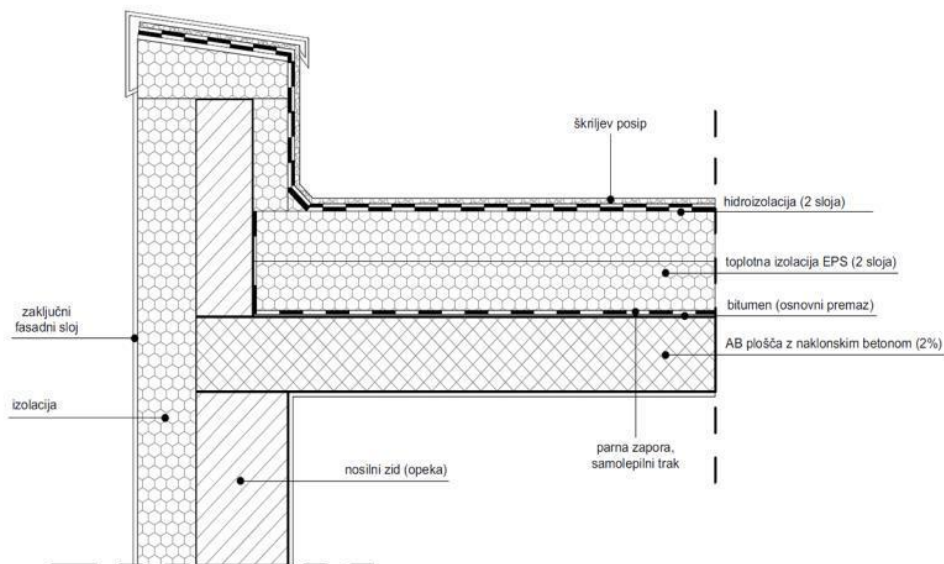
Slika 4. Detalji preklopa membrana

3.1.1. Bitumenske membrane

Bitumen je viskozni ugljikovodik dobiven preradom nafte u rafinerijama. Koristi se u obliku rola (čvrsto stanje) ili u obliku bitumenske boje (tekući oblik). Bitumenske role, odnosno gumirani asfalt s dodatkom polietilena dolazi iz tvornice sa mogućnošću samoljepljenja pa zbog toga može i ne biti potrebe za varenjem. Idealne su za velike horizontalne površine poput krovova i balkona. Tipično se proizvode u rolama dimenzija od 1 do 2 metra širine te do 15 metara dužine, lako se postavlja i održava.



Slika 5. Bitumenska membrana na terasi



Slika 6. Tehnički detalj bitumenske izolacije

Tekući bitumen koristi se kod nepravilnijih površina s promjenama nagiba. Problem kod tekuće izvedbe je potreba za visokom temperaturom smjese i niska elastičnost. Negativne strane su i lako opadanje kvalitete i životnog vijeka kod izloženosti UV zračenju i visokim temperaturama, te zapaljivosti materijala. Izvedba se vrši u više slojeva, koriste se četke i valjci kako bi se pravilno rasporedio bitumen po površini. Nakon hlađenja odnosno stvrdnjavanja tekući bitumen se pretvara u čvrstu membranu. Zbog svoje ekonomičnosti i

efektivnosti nalazi dobru primjenu kod svih vrsta horizontalne izolacije, pogotovo kod dijelova koji nisu izloženi ekstremnim vanjskim uvjetima, ali se može koristiti i za vertikalnu izvedbu. Otpornost na mehanička opterećenja i jednostavna izvedba čini ga poželjnim za izolaciju. [5][6]



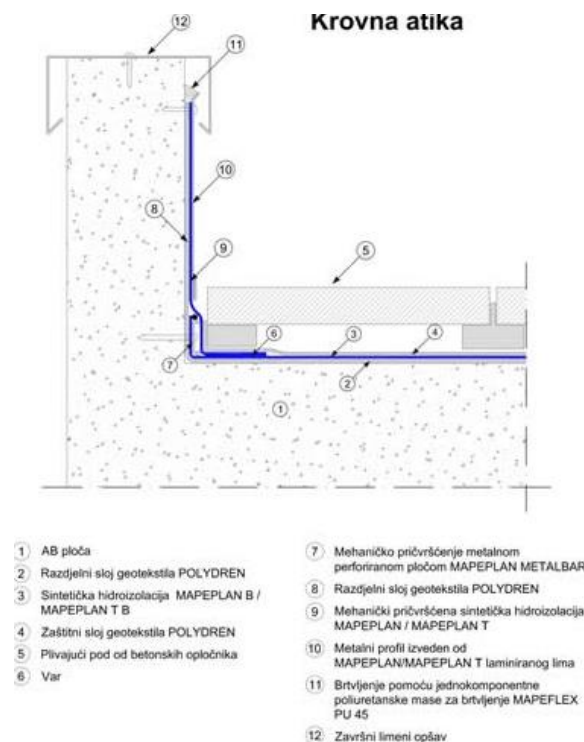
Slika 7. Bitumenski premaz

3.1.2. Sintetičke membrane

Sintetičke membrane nastaju preradom polimera u tvornicama. Rezultat je mnoštvo izbora i materijala od kojih svaki može biti prilagođen za potrebe specifičnog projekta. Svim membranama je zajednička dobra elastična sposobnost i velika čvrstoća. Idealne su za ravne površine, a u današnje vrijeme se razvijaju i formulacije otporne na UV- zračenja i ekstremne vanjske uvjete. [5][7]



Slika 8. Standardne role sintetičkih membrana



Slika 9. Tehnički detalj presjeka krovne sintetičke membrane

3.1.2.1. Termoplastične membrane

Termoplastika se dobiva prerađivanjem sintetičkih polimera pod visokim temperaturama što omogućuje njihovo lako oblikovanje. Hlađenje polimera vraća čvrstoću materijala i rezultira poboljšanim elastičnim svojstvima. Termoplastične membrane su otporne na pucanje te su vrlo lagane. Jedan sloj ovih membrana ima istu funkciju kao dva bitumenska sloja zbog čega su vrlo efikasne. Zavarene su pomoću topline, zbog toga su ti spojevi snažniji i izdržljiviji nego ostale vrste membrana. [5][7]



Slika 10. Spajanje preklopa toplinom

3.1.2.1.1. Polivinil klorid-PVC

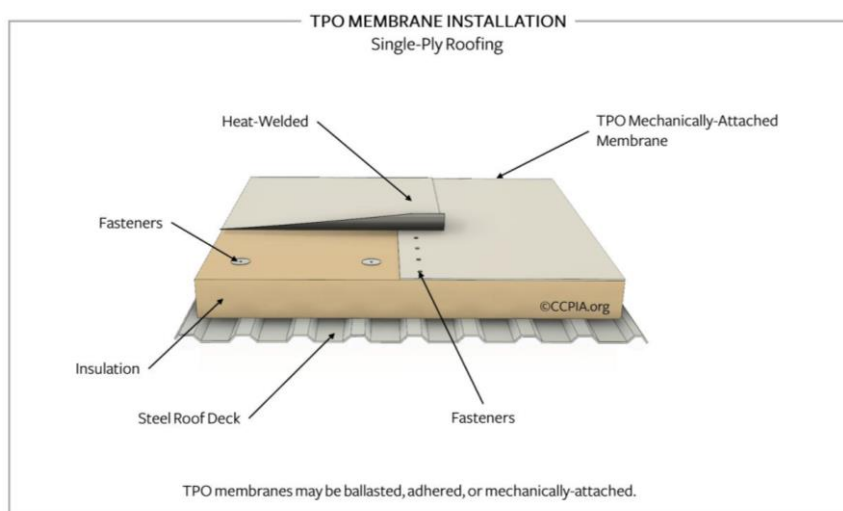
Jedna od najskupljih vrsta izolacije je polivinil klorid (PVC) koji se osim polivinila i klorida sastoji i od dodatnih plastifikatora kao što je poliester. Plastifikatori u smjesi poboljšavaju fleksibilnost materijala i ostale željene karakteristike. Prednosti PVC-a su izdržljivost i dugi životni vijek te otpornost na kemikalije i požar zbog čega nalazi primjenu kod ekstremnijih uvjeta gradnje. Najbolja primjena PVC-a je u toplijim uvjetima, gdje može postići maksimalne performanse, dok u hladnim uvjetima gubi svoja svojstva i postaje skloniji pucanju. Zbog takvih svojstva poželjni su za sve vrste primjena, poglavito za ravne horizontalne površine poput podruma, temelja i krovova. Uglavnom su u standardnim rolama, debljine od 5 do 30 milimetara. [7][8]



Slika 11. Postavljanje PVC membrane

3.1.2.1.2. Termoplastični poliolefin -TPO

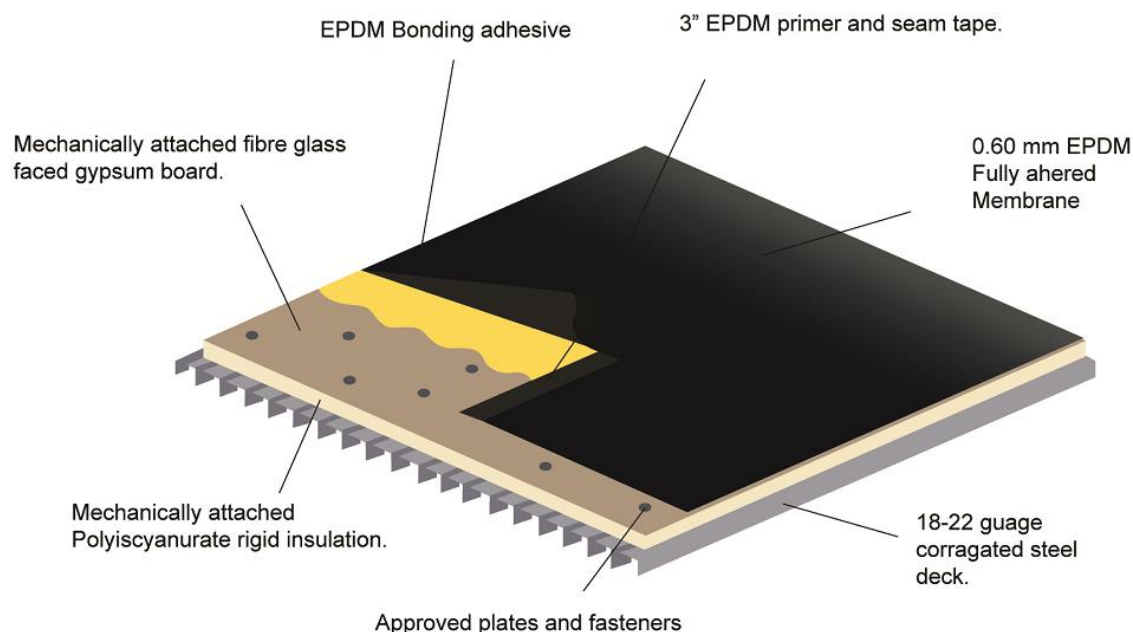
Termoplastični poliolefin napravljen je od polimerizirane gumene smjese ojačane s mrežicom za dodatnu elastičnost i čvrstoću. Danas je jedna od najzastupljenijih opcija jer je vrlo jeftina, pristupačna i dobra za energetske uštede. TPO jako dobro reflektira sunčevu svjetlost i može se reciklirati što ih profilira kao odlične krovne i balkonske instalacije. Negativna strana je relativno kratak rok trajanja te sklonost curenju na spojevima i preklopima. Nalazi čestu primjenu kod „običnih“ zgrada i gradnje sa niskim budžetom.[7] [8]



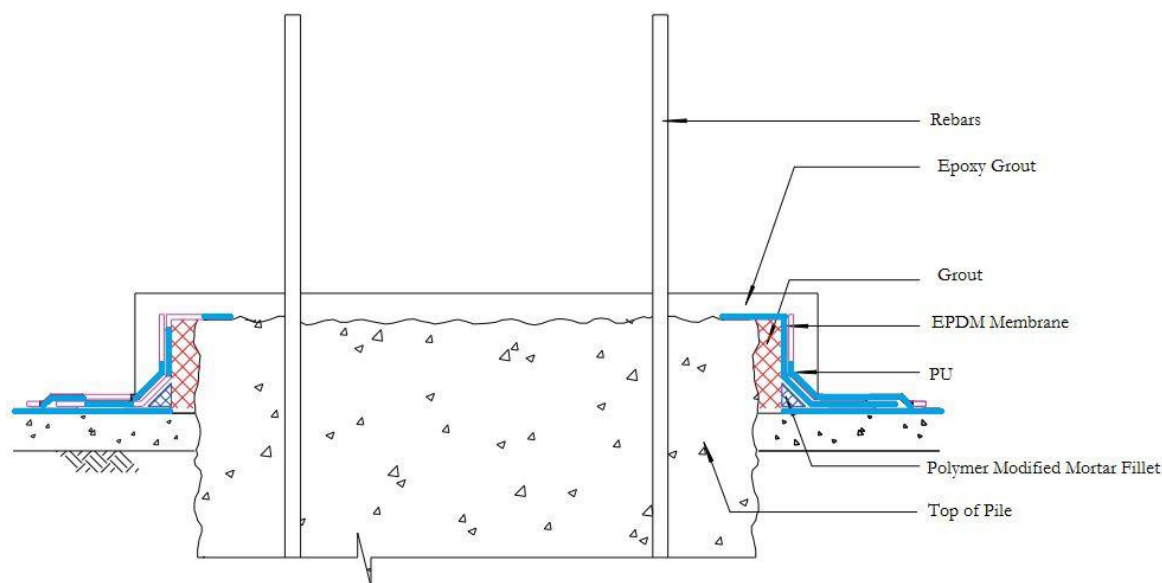
Slika 12. TPO preklop

3.1.2.2 Membrane od vulkanizirane gume (Etilen propilen dien monomerna guma-EPDM)

Ove vrste membrana se vulkaniziraju pomoću dodavanja sumpora i topline kako bi se poboljšale performanse materijala. Nakon dodavanja topline, veze se stvrđavaju i poprimaju konačnu jačinu. Važno je napomenuti da se ne preporučuje nanovo dovođenje topline kako se ne bi promijenio ostvareni specifični oblik smjese. To je razlog zbog kojeg se spojevi ne ostvaruju pod visokom temperaturom već se spajaju na bazi otapala. Postoje u različitim dimenzijama, kao i termoplastične membrane, a debljina im varira. Ova membrana je vrlo otporna na požar i čak ga usporava pa je, uz nisku cijenu, ta osobina razlog česte primjene. Često se koriste ispod razine zemlje osim ako se očekuje veliki hidrostatički pritisak jer onda gube efikasnost. Negativna strana je crna boja materijala koja apsorbira svjetlost i tako negativno utječe na energetska vrijednost zgrade u ljetnim mjesecima. Iako je otporna na vjetar i kapljice vode što on nosi, tijekom godina dolazi do degradacije strukture što rezultira pukotinama i curenjem. Takav ishod moguće je izbjeći redovitim održavanjem i sanacijom.[5][8]



Slika 13. Primjer postavljanja EMPD membrane



Slika 14. Tehnički crtež EMPD membrane

3.1.3. Bentonit

Sastoji se od oko 85 posto gline dok ostatak čine sedimenti od kojih predvodi vulkanski pepeo. Nakon kontakta s vodom se širi i popunjava sve rupe te tako stvara nepropusnu barijeru za prolazak vode. Pri bubrenju slobodni bentonit može se proširiti i do 15 puta u odnosu na suho stanje. Zbog toga je ključno da se navlaži u kontroliranim uvjetima odmah nakon instalacije i zatrpavanja. Od svih vrsta izolacije bentonit zahtjeva najmanje uvjeta podloge, može se odmah instalirati na svježi beton ili čak zajedno s njim, također je najprirodnija i najprihvatljivija metoda izolacije za okoliš. Ne preporučuje se upotreba na mjestima gdje je prisutna podzemna voda jer dolazi do ispiranja gline i čestog raspadanja zbog kemijskih utjecaja kiselina. Alternativa za podzemnu izolaciju su bentonitske izolacije s aditivima koje su otporne na kontaminante. Problem predstavlja i teška kontrola ujednačenosti kod primjene pa se danas često ne koristi kao samostalna izolacija nego je često korišten kao aditiv u termoplastičnim i gumenim izolacijama. Još jedna prednost je veliki broj oblika u kojima postoji ova izolacija, pojavljuje se u obliku betonskih panela, betonskih membrana i geotekstilnih membrana s bentonitom. [5][9]

Voltex membrane se često koriste, a funkcioniraju na način da se natrijev bentonit postavi između dva sloja geotekstila pa skupa čine vodonepropusnu barijeru. Najčešće se koristi na vertikalnim i horizontalnim površinama temelja i podruma. Može ići i na betonske zidove, ploče i može se dobro oduprijeti hidrostatičkom pritisku. Podloga treba biti glatka, bez ispupčenja i rupa. Pukotine i rupice se popunjavaju cementom ili bentonitskom trakom. Mora postojati preklap od barem 10 centimetara između membrana pa sve do 30 cm na rubovima, a spajaju se pomoću zakovica i varenja. Na promjeni terena i sličnim preprekama

dodaju se pričvršćenja i pregrade za zaustavljanje vode zajedno sa trakama na rubnim dijelovima kako bi se osigurala potpuna vodonepropusnost.[10] [11]



Slika 15. Voltex membrana sa zaštitom



Slika 16. Bentonit

3.2. Izolacija premazima

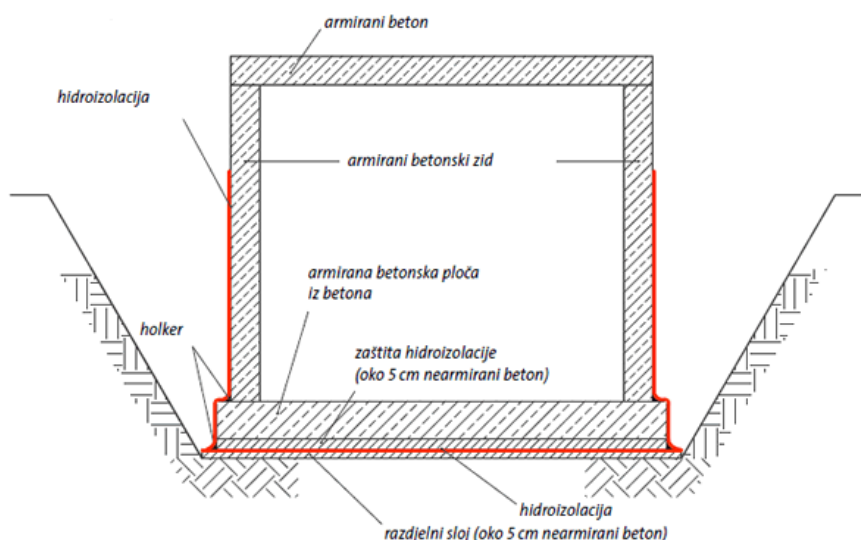
3.2.1. Cement

Cementni sistemi se sastoje od Portlandskog cementa, pijeska i aditiva koji poboljšavaju vodonepropusnost. Vrste cementnih sustava su brojne, a razlikuju se samo po malim količinama aditiva i načinu sprječavanja prodora vode i vlage. Velika prednost cementne izolacije je pogodnost aplikacije na vanjskoj i unutarnjoj strani konstrukcije. Postavljanje ne zahtijeva mnogo preduvjeta, podloga može biti vlažna, što omogućava vrlo jednostavnu

prilagodbu organizaciji. Osim toga, nema potrebe za mehaničkim spojevima, nakon stvrđavanja postaje integralni dio konstrukcije, zbog čega je cement popularna alternativa za izolaciju od vlage i vode. Mana je vrlo mala elastična vrijednost i nemogućnost lakog prelaska preko rupa u podlozi. Također, cement ne trpi velike temperaturne promjene pa su bolje pogodni za izolaciju ispod razine zemlje gdje su manje izloženi vanjskim utjecajima. Prednost u tome im omogućuje što za razliku od dosta sistema mogu biti izvedeni i sa negativne strane konstrukcije te omogućuju prolazak vodene pare na vanjsku stranu strukture. Posebno je važno obratiti pozornost na cikluse zamrzavanja podzemne vode kako ne bi dovelo do urušavanja izolacije.



Slika 17. Varijacije cementnih sustava



Slika 18. Izolacija podruma i temelja

Cementni premazi su pogodni za primjenu iznad i ispod razine zemlje. Jedni su od najstarijih načina izolacije, a zastupljeni su i danas unatoč nedostacima poput male sposobnosti termalnog i strukturalnog kretanja te teško kontroliranje debljine kod izvedbe. Problem male elastične vrijednosti i teškog prolaska preko rupa u podlozi rješava se instaliranjem zglobova koji omogućuju kretanje. Ovi premazi sastoje se od baze cementa i silikonskih

aditiva koje poboljšavaju odbijanje vode. Za boju se dodaje pigment, važno je kontrolirati omjer dodanog pigmenta i suhe smjese cementa pri svakom miješanju kako ne bi ispala neujednačena boja premaza. Kao i kod primjene cementa ispod razine zemlje, nakon stvrdnjavanja postaju dio podloge. Otporni su na ekstremne uvjete i soli, ali problem predstavljaju kisele kiše koje nagrizaju cement i stvaraju otvore. Iako upijaju više vode nego ostali sistemi, svejedno zadovoljavaju minimalne uvjete zaustavljanja vlage i vode. Zadržavanje vode u strukturi nadomještaju svojom impresivnom čvrstoćom na kompresije. Vrsta su „dišućih“ izolacija, odnosno dopuštaju prolazak negativnoj pari što ih čini idealnim za izolaciju na balkonima i nogostupima. Premaz se može stavljati preko cijele podloge ili samo preko kritičnih dijelova, mora biti integriran s fasadom.

Česti su izbor pri popravljaju stare izolacije zbog jednostavnosti i lake adhezije, podloga treba biti očišćena od prljavštine, a stari slojevi izolacije uklonjeni u potpunosti. Podloga za nalijevanje mora biti mokra ili vlažna ovisno o vremenskim uvjetima. Male rupice se popune suhim cementom, a veće se popune neskupljajućim materijalom. Često se izvedba ovih spojeva sastoji od izvedbe cementa svugdje osim rubnih dijelova, spojeva i zglobova gdje se onda koriste prozirna brtvila.

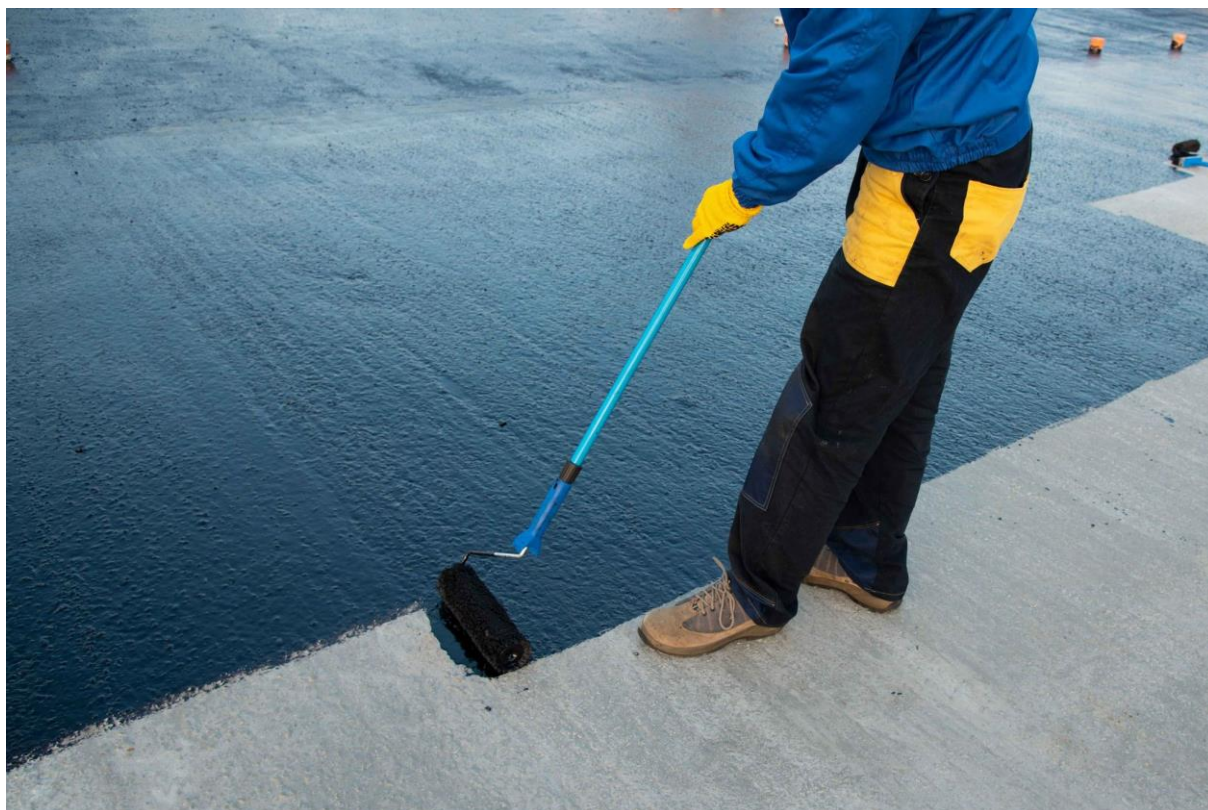
Slojevi se ugrađuju valjkom, četkom ili sprejom. Debljina slojeva ovisi o uvjetima i količini vode koju će morati izdržati. Premazi se njeguju par dana dok se ne izliječe u potpunosti, ova izolacija se ne preporučuje postavljati gdje se očekuje puno kretanja, termalnog i strukturalnog.[12]



Slika 19. Nanošenje cementnog premaza četkom

3.2.2. Elastični premazi

Sastoje se od pigmenta, otapala i veziva. Vezivo je glavni sastojak koji čini premaz vodonepropusnim pa samim time o njemu ovise i svojstva premaza. Otapalo se dodaje kako bi se smanjila viskoznost i omogućilo nanošenje slojeva pomoću četki, rolera i sprejeva. Otapalo se nakon izvedbe premaza uklanja isparavanjem ili se stvrdne s vezivom. Dvije glavne vrste premaza su termoplastični i duroplastični. Kod termoplastičnih premaza otapalo ispari nakon primjene i ostane vezivo koje daje čvrstoću premazu. Ova vrsta premaza bazira se na vodenastim akrilnim sastojcima te je „dišuća“ odnosno dopušta prolazak vodenoj pari.



Slika 20. Nanošenje elastičnog premaza pomoću valjka

S druge strane, duroplastični premazi reagiraju sa vezivom pa ostaju kao dio izolacije. Najbolji primjer su epoxy boje i poliuretani koji zbog otapala čine čvršću izolaciju nego termoplastični premazi. Ova vrsta premaza nije „dišuća“ i ne dopušta negativni transfer pare. Ukoliko dođe do kontakta vlage nastaju mjehurići u izolaciji i odvajanje od podloge.

Glavna zadaća veziva u smjesi je ostvariti dovoljnu debljinu slojeva u osušenom stanju što je otprilike 10-20 mm. Ta debljina omogućuje fleksibilnost i vodonepropusnost odakle i potječe naziv elastični premazi. Ove izolacije posjeduju odličnu elongaciju, čak i do 500

posto. Elongacija se mjeri kao sposobnost produljenja materijala pri normalnim uvjetima i povratak u standardno stanje bez pojave pukotina i istegnuća.

Premazi mogu biti na bazi vode ili na bazi otapala. Vodeni su manje osjetljivi na vlagu i potrebno im je manje njege pri postavljanju. Premazi na bazi otapala premazi se kontroliraju dok nisu u potpunosti suhi, što u nekim slučajevima traje i do sedam dana. Važno je obratiti pozornost na horizontalne izolacije zbog učestalosti vlage.

Koriste se kao premazi kod gotovo svih vrsta podloge, a u smjesu se dodaje potrebna količina aditiva za poboljšanje kvalitete ovisno o potrebama i vrsti podloge. Dominanto se koriste na vanjskim i završnim dijelovima fasade. Zbog toga postoji dosta varijacija boja i tekstura te je važno odabrati pravilni izbor kako bi se postigao željeni efekt na zgradi.

Za kvalitetnu izvedbu ključna je priprema podloge. Podloga mora biti očišćena od prljavštine, plijesni, a nepravilnosti popunjene. Rupe se ispunjavaju ovisno o svojoj veličini, često se koriste elastične trake i sredstva za brtvljenje. Svaka vrsta konstrukcije i podloge ima svoje upute za pripremu, a vitalno je osigurati da podloga i popravci budu potpuno zaliječeni prije izvedbe izolacije. Kritično je kontroliranje debljine pri izvođenju, nakon nanosa je potrebno čekati da tekućina očvrсне.



Slika 21. Izvedba zidnog premaza

Njihova velika prednost je jednostavna izvedba i laka prilagodljivost neravninama i promjenama terena. Mogu se postavljati vertikalno i horizontalno, no valja naglasiti da horizontalna izolacija zahtjeva dodatno postavljanje pod ploče i pločice kao zaštitu s gornje strane. Pozitivna strana je mogućnost samoodvodnje, odnosno prirodno odvođenje vode

dalje od zaštićenih dijelova. Negativne strane su nedovoljno dobro kontrolirane debljine izolacije i opasne kemikalije korištene pri postavljanju. Najpoželjnija tehnika je rolanje pomoću valjaka, a postavlja se nanošenjem u dva sloja. Cilj je nanijeti ujednačen sloj duljinom cijele plohe, a debljina ovisi o zahtjevima i uvjetima koji se očekuju. Ako se koristi sprej, najbolje ga je primijeniti jednim slojem vertikalno pa jednim slojem horizontalno.

Premaze treba izbjegavati kod izolacije ispod površine zemlje i za horizontalne površine zbog velika vjerojatnost pojave vlage ili na području gustog prometa jer može doći do neadekvatne adhezije s podlogom i prijevremenog raspada izolacije.[5][12][13]

3.2.2.1. Akrilni premazi

Izrađeni su na bazi akrilnih smola, otapala ili vode, pigmenta i veziva. Smole se dobivaju preradom monomera akrilne kiseline odnosno polimerizacijom. Njihov najveći adut je što se lako prilagođavaju potrebama izvođača. Ovisno o zahtjevima gradnje, u bazu smjese se dodaju aditivi, kemikalije i reagensi koji poboljšavaju potrebne karakteristike premaza. Zbog toga postoje razne vrste akrilnih premaza, uključujući i one otporne na UV zračenja i ostale vanjske uvjete. Neke vrste su, zbog visokog stupnja fleksibilnosti, bolje prilagodljive pa se koriste u područjima gdje se očekuje termalno i strukturalno kretanje. Česta je upotreba u unutrašnjim prostorima zbog dobre otpornosti na vlagu i plijesan te sposobnosti propuštanja vodene pare. Mogu se koristiti kod vanjske izolacije na krovovima i terasama te kod izolacije podruma, u slučaju manje količine vode i tlaka. Potencijalni problemi se javljaju ako podloga nije dobro pripremljena. Nemogućnost prelaska preko pukotina i skupljanje prljavštine s podloge ugrožavaju izolacijska svojstva. Nisu potpuno vodonepropusni i nakon stvrdnjavanja imaju relativno limitirano kretanje, stoga je potrebna ugradnja zglobova. Zbog navedenog, akrilni premazi najčešće nisu prvi izbor kod postavljanja hidroizolacije. [14]



Slika 22. Nanošenje akrilne izolacije pomoću spreja

3.2.2.2. Silikonski sustavi

Silikonski sustavi se izrađuju od silikonskih čvrstih čestica odnosno smole koje se mješa sa otapalom, zbog svojeg sastava ima odličnu elastičnost i fleksibilnost. Postoji dosta varijacija silikonskih sustava ali svi u svojoj bazi imaju silan, koji je glavni razlog što ovi sistemi kemijski reagiraju sa vlagom iz zraka pri penetraciji pora podloge i tako ostvaruju prionjivost. Negativna strana toga je što površina mora biti dobro pripremljena kako bi se osigurala dovoljno dobra adhezija. U usporedbi sa ostalim elastičnim premazima imaju dobru otpornost na UV zračenja i otpornost na vanjske vremenske uvjete te najbolje propuštaju prodor vodene pare.[15][16]



Slika 23. Prozirni premaz

3.2.2.3. Poliuretanski sustavi

Uretani su derivati od ugljičnih kiselina, a dodatkom poliolne komponente nastaju poliuretani. Osim u obliku premaza, česta se u građevinarstvu primjenjuje u obliku pjene koja se dobije punjenjem plinom. Pjena se često koristi kao toplinski izolator jer se pri stvaranju pjene oslobađa ugljikov dioksid koji slabo provodi toplinu. Ako je pjena dovoljno gusta s pravim aditivima onda posjeduje i dobre hidroizolacijske sposobnosti, naročito dobro zadržava vlagu.

Premazi nailaze na široku uporabu za sve vrste konstrukcija, glavni razlog tome je dobra prionjivost i mogućnost prelaska preko rupa i neravnina. Najčešće se koriste za vertikalne, ali i za horizontalne površine za izolaciju iznad razine zemlje. Mogu biti naneseni kao završni

slojevi zbog dobre otpornosti na ultraljubičasto zračenje i otpornost jakim vremenski uvjetima. Često je korišten dodatak epoxy-a koji još dodatno poboljšava ova svojstva.

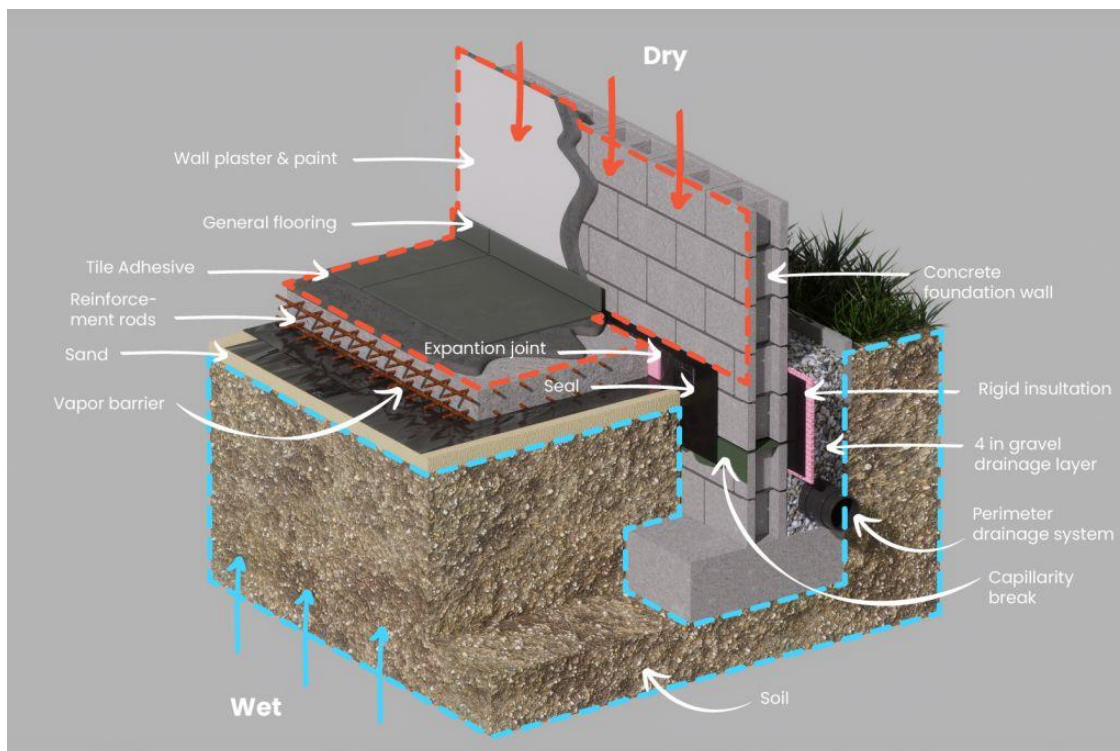
Podloga mora biti suha za primjenu kako ne bi dovela u pitanje prionjivost. Izolacija nije „dišuća“ pa treba izbjegavati uporabu na područjima gdje se očekuje dosta vodene pare. Kada na to dodamo i visoku cijenu materijala za izradu jasno je zašto je poliuretan u drugom planu kada se govori o hidroizolaciji.[12][16]



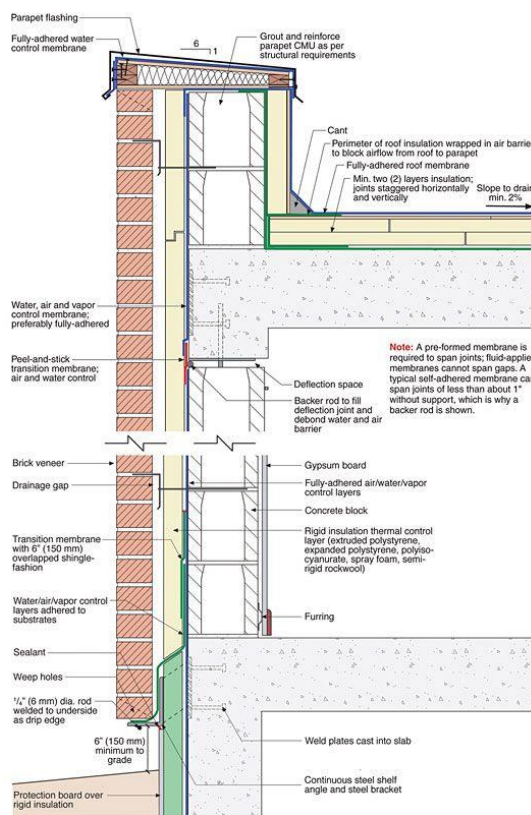
Slika 24. Tekući poliuretan

3.3. Dodaci izolaciji

Kako bi zgrada bila u potpunosti izolirana od negativnih utjecaja bitno je da se vodootporni sistemi upotpunjuju na pravilan način. Pri tome pomažu drenažni sistemi i brtvila, iako sami po sebi nisu glavni materijali za izolaciju, ključni su dio jer bez njih postavljena hidroizolacija neće funkcionirati odnosno ili će doći do oštećenja izolacije ili do prodora vode u strukturu na „problematičnim“ mjestima i zglobovima.



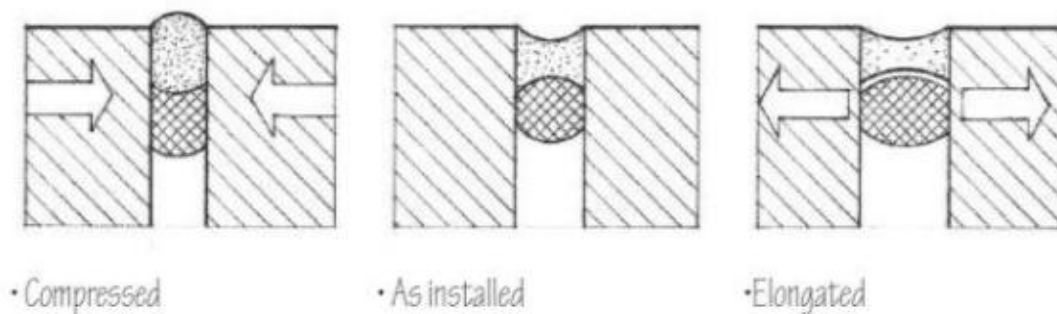
Slika 25. Ilustracija hidroizolacijskog sistema



Slika 26. Presjek zgrade s dobro ukomponiranim različitim materijalima hidroizolacije

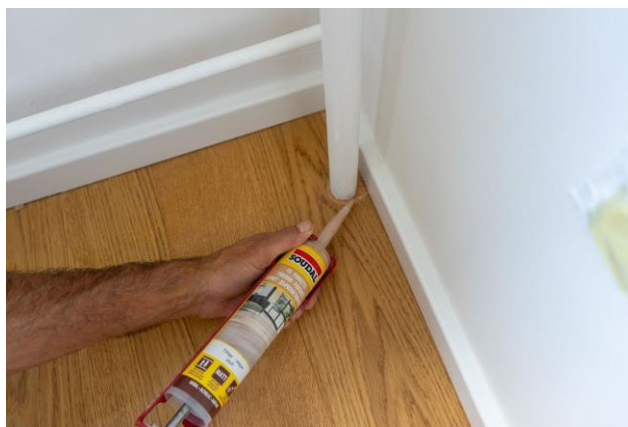
3.3.1. Brtvila

Brtvila, unatoč svojoj maloj površini i niskoj cijeni u usporedbi sa glavnim materijalom hidroizolacije, često izazivaju najviše problema u prodoru vode zbog nepravilnog izvođenja. Postavljaju se na svim „problematičnim“ mjestima zgrade odnosno na svim mjestima gdje postoje dilatacijski zglobovi zbog termalnog ili strukturalnog kretanja, na mjestima dodira dvaju materijala različitih svojstava, promjenama nagiba ili smjera plohe te pri ugradnji stolarije fasade. Brtvila mogu dolaziti u različitim oblicima i kemijskom sastavu ovisno o zahtjevima koje određuje pozicija i uvjeti kojima će brtvilo biti izloženo. Najčešće korištena brtvila su silikonska, poliuretanska i akrilna, ali to su samo neke od mogućih opcija. Najbitnija svojstva brtvila su dovoljna elongacija i elastičnost kako bi mogla podnijeti pritisak i pomicanje bez da dovodi u pitanje svoju funkciju odbijanja vode. [5]



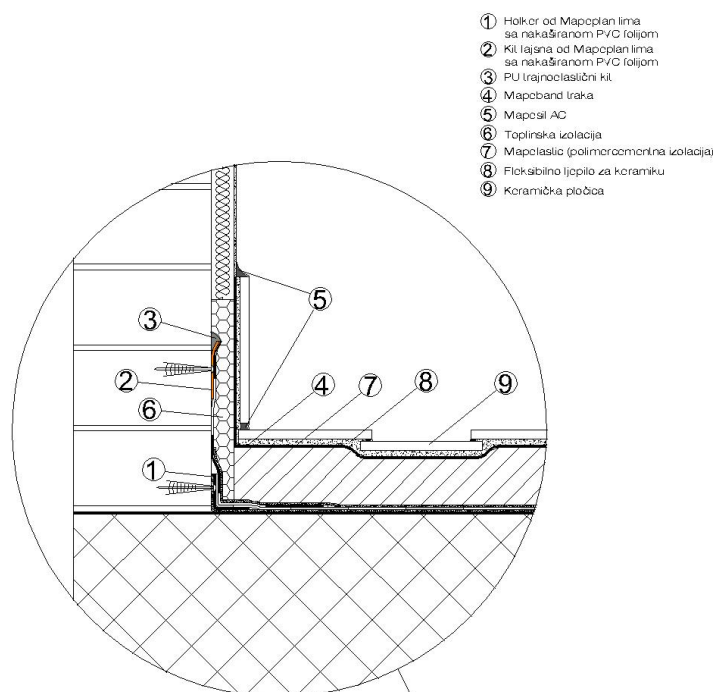
Slika 27. Brtvljenje zglobova

U ovisnosti o položaju unutar izolacije postoje tri razine brtvljenja, a to su unutarnja, srednja i vanjska. Unutarnja mora zadovoljavati da je paronepropusna i da ne dopušta prolazak zraka. Srednja je uglavnom toplinska i zvučna izolacija, dok je vanjska izložena najvećim vremenskim utjecajima pa zahtjeva odličnu sposobnost da se odupre udarima vjetra, jakim padalinama i zadrži kontinuitet duž mjesta izvedbe. Vanjska brtvila su paropropusna kako bi se spriječila kondenzacija.



Slika 28. Brtvljenje interijera

Za najbolju izvedbu potrebno je dobro poznavati podlogu na koju se nanosi brtvilo jer dobra adhezija je vitalna kako bi brtvilo uspješno odbijalo vodu. Zbog velike ponude brtvila i široke varijacije podloga često se rade testovi u laboratoriju pod ubrzanim uvjetima kako bi se utvrdilo kako će se određeni materijal ponašati na traženoj podlozi. Osim pravilnog odabira materijala bitna je i dobra priprema za nanošenje, podloga mora biti očišćena i suha pri ugradnji. Zglobovi gdje se nanose su očišćeni mokrim otapalom pa zatim dobro posušeni i uklonjeni mehanički ostatci te se po potrebi dodaje temeljni premaz (eng. *primer*) kako bi se poboljšala prionjivost. Za zglobove i otvore u stolariji fasade, bitno je dobro pokrpati rupe i neujednačenosti kako bi se osiguralo da će brtvilo biti nanoseno kontinuirano sa dovoljnim prodorom u materijal duž čitavog otvora. Važno je dobro pratiti upute proizvođača i paziti na propisane količine sastojaka pri miješanju brtvila ukoliko se pravi na gradilištu. [17][18]



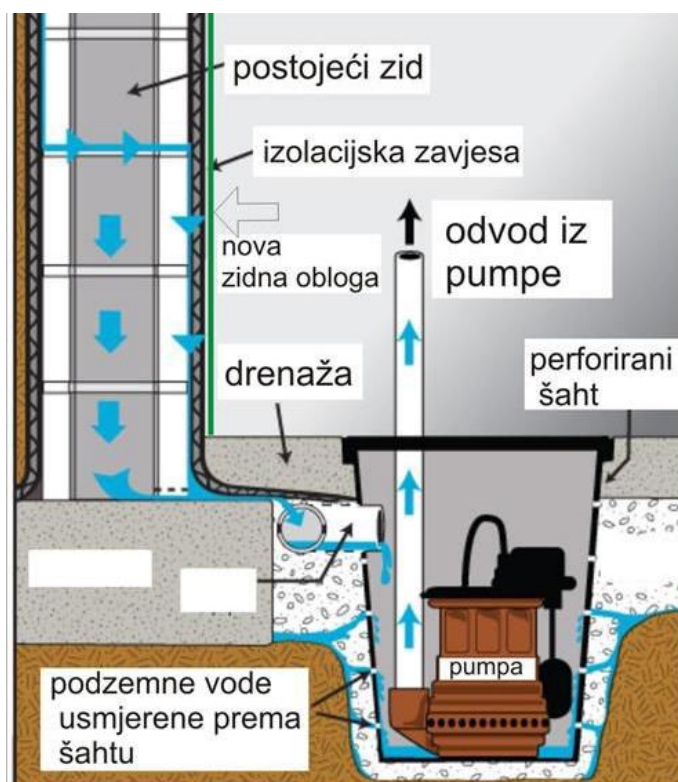
Slika 29. Detalj izolacije terase PVC-om i popunjavanje otvora brtvilom

3.3.2. Drenažni sustavi

Drenažni sustavi su često podcijenjeni u važnosti za dobru hidroizolaciju, ali upravo o njihovoj pravilnoj izvedbi ovisi kvaliteta izolacije zgrade. Dobra drenaža smanjuje količinu vode kojoj se mora oduprijeti izolacija, smanjuje hidrostatski pritisak na temelje i izolaciju temelja i pomaže kontrolirati vlagu. Ukoliko je izolacija izložena konstantom velikom volumenu vode i vlage, čak ako je izvedena savršeno, neće biti dostatna za izolaciju bez dobre drenaže.

Važno je dobro ocijeniti potrebe objekta, mjesta curenja i skupljanja vode kako bi se drenaža mogla pravilno izvesti. Drenažni sustavi imaju više modifikacija, najpoznatiji su krovni žlijebovi i cijevi. Najpogodniji su za krovove i balkone, služe za otklanjanje viška vode tijekom padalina. Kako bi sustav funkcionirao žlijeb treba biti postavljen na pravilnoj lokaciji, odnosno blagi nagib na plohamu treba voditi padaline prema njemu, pa potom padaline cijevima odvede dalje od objekta i štite konstrukciju. Postoje i odvodi za podnožje koji odvede vodu iz tla dalje od temelja i tako smanjuju pritisak i štite nutritivnu vrijednost tla. Važne su provjere očišćenosti i ne propuštanja cijevi i žlijebova. Posebno obratiti pažnju tijekom pojave snijega i leda zbog zamrzavanja vode unutar cijevi pa može lako doći do oštećenja i neadekvatne odvodnje sistema.

Drugi često korišten sistem je sistem odvodnje podruma. Često se zbog neadekvatne izolacije i kapilarne vlage u podrumima skuplja voda i vlaga. Ovi sustavi pomoću pumpi i otvora održavaju podrum suhim i čuvaju temelje objekta. Otvori odnosno odvodi su instalirani na dnu zidova ili na podu i pomoću njih voda odlazi do pumpe za odvodnju koja pomoću motora vodu odvodi dalje od podruma i tla u blizini temelja. Pumpe mogu biti raznih vrsta ovisno o veličini površine i količini vode na koju se projektira.



Slika 30. Drenažni sustav odvodnje pomoću pumpe

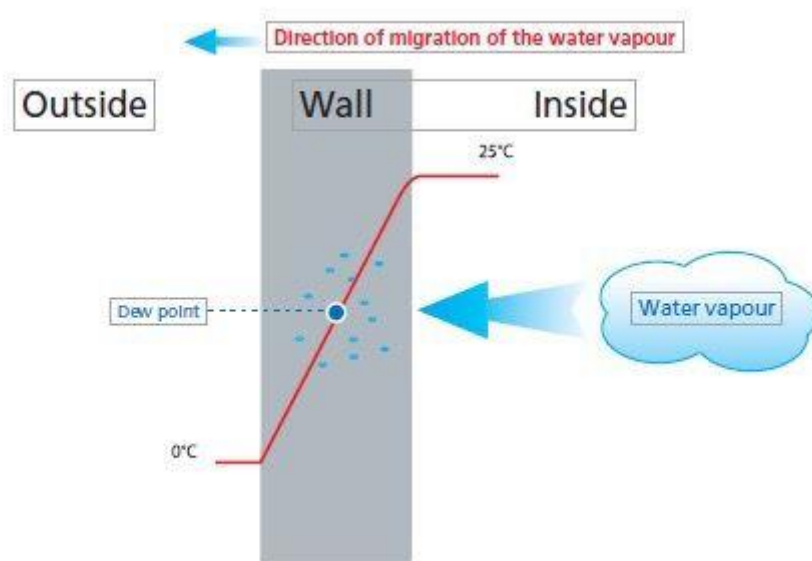


Slika 31. Cijevi za odvodnju

Dobra drenaža smanjuje potrebe za saniranjem i održavanjem izolacije te produkuje njen životni vijek. Time ujedno smanjuje i troškove održavanja čitave zgrade i podiže vrijednost objekta.[19][20]

3.4. Parne barijere

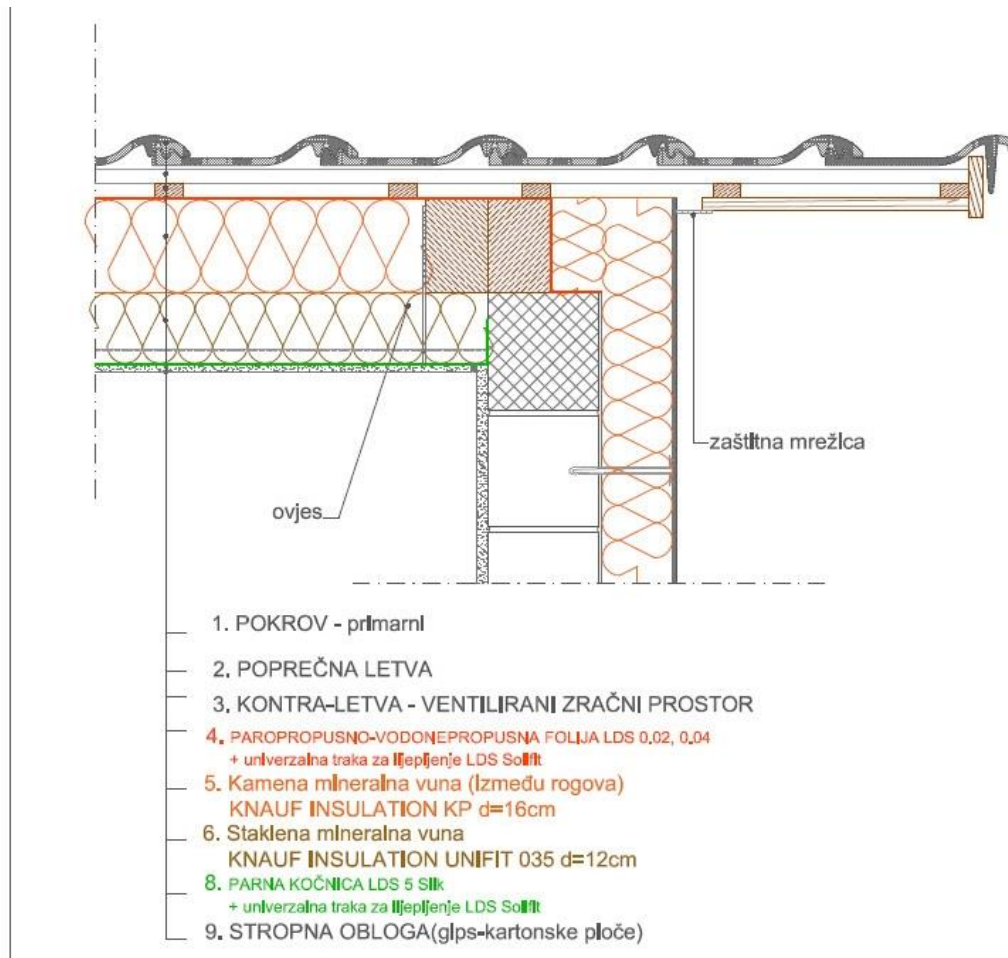
Za razliku od ostalih sustava prije navedenih, parnim barijerama nije primarna zadaća izolacija protiv prodora vode, već kako im i samo ime sugerira djeluju u zaustavljanju odnosno propuštanju vodene pare. Vlaga koja se nalazi u zraku i u obliku kapilarne vlage unutar struktura može prouzročiti velike probleme poput pojave gljivica, plijesni i slabljenja konstrukcije. Dobro izvedene izolacije za vodenu paru poboljšavaju energetske vrijednosti zgrade, toplinsku izolaciju i produle životni vijek zgrade. Loša izolacija se može naslutiti u vidu slabog zadržavanja topline, brzog hlađenja grijane prostorije i obrnuto u ljetnim mjesecima. Za dobru izvedbu izolacije za vodenu paru bitno je poznavati tehnike izvedbe izolacije i potrebe koje zahtjeva objekt. Parne barijere se dijele na paronepropusne i paropropusne barijere, kombinacija i primjena ovih barijera na pravim mjestima osigurava zahtijevanu energetske vrijednost. [5]



Slika 32. Migracija vodene pare tijekom zime

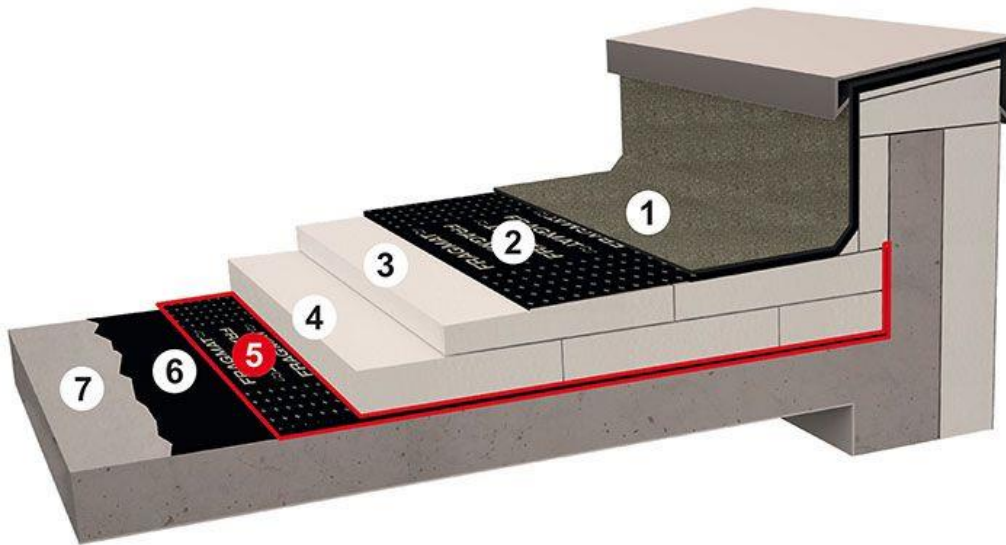
3.4.1. Paronepropusne barijere

Paronepropusne membrane su membrane čija je zadaća zaustaviti prodor pare ili ga barem svesti na minimalno prihvatljiv nivo. Zrak i para prirodno se kreću iz područja višeg tlaka prema područjima nižeg tlaka, u zimsko vrijeme česta je pojava da se veći tlak nalazi unutar zgrade. Vodena para probijanjem kroz strukturu i izolaciju pokušava doći u ravnotežu i ujednačiti tlak iznutra i izvana, pri tome često dolazi do kondenzacije i vlaženja toplinske izolacije i strukture. Kako bi se to spriječilo koriste se parne barijere koji ne dopuštaju prolazak vodene pare. Materijali od kojih se izvodi ova barijera su najčešće polimerizirane trake na bazi bitumena sa dodatkom tankog aluminijskog sloja. Pri njenoj ugradnji treba paziti da ne dođe do oštećenja barijere zbog kemijske reakcije metala sa betonom. Mogu doći i u sintetičkim oblicima poput PVC-a i polietilena (PE-a). Njihova primjena je vrlo jednostavna za horizontalne podloge, ali zahtijevaju zavare što ugrožava učinak barijere ukoliko nisu napravljeni propisno.



Slika 33. Detalj izolacije krova

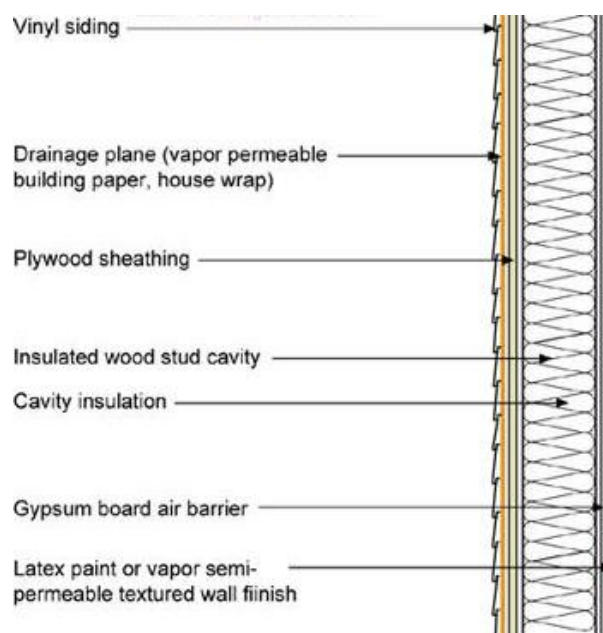
Danas se razvijaju i pametne parne barijere koje omogućuju još veću razinu energetske učinkovitosti. Pametne barijere za razliku od normalnih svoju strukturu mogu mijenjati ovisno o vremenskim uvjetima odnosno temperaturi i količini vlage u zraku. Za vrijeme ljeta kada je isparavanje pare postojano s obje strane objekta pametna membrana mijenja svoju strukturu i dopušta puno veći prodor pare kroz nju te time ubrzava sušenje i hlađenje. Za vrijeme zime funkcioniraju kao normalne parne barijere s minimalnim propuštanjem pare.[5][21]



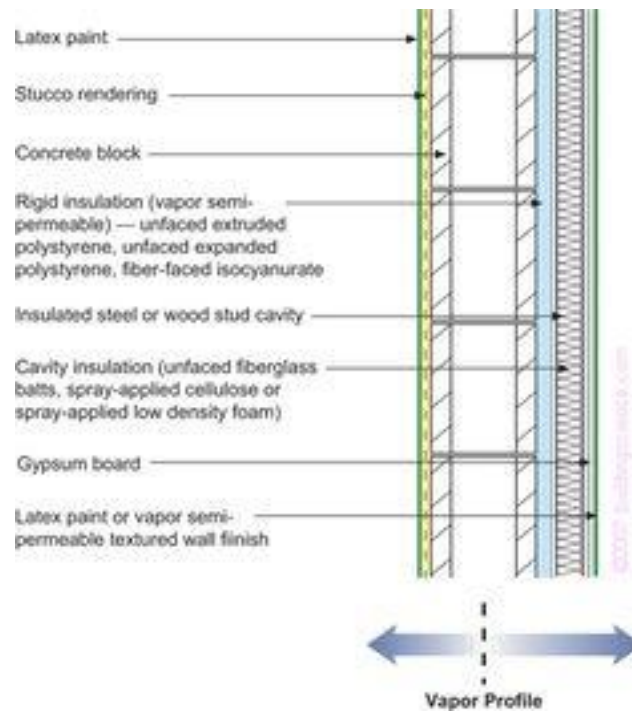
Slika 34. Presjek slojeva između kojih se nalazi parna barijera

3.4.2. Paropropusne barijere

Za razliku od gore navedenih membrana ove barijere se postavljaju kako bi omogućile difuziju vodenoj pari sa željene strane, dok sprječava prodor s druge strane. Najraširenija uloga im je kao sekundarni oblog krovova, izrađeni su uglavnom od PE-a i polipropilena (PP). Materijal funkcionira na osnovi mikro otvora koji su dovoljno veliki da kroz njih prolazi vodena para, a opet dovoljno mali da osiguraju vodonepropusnost. Ovakvim sastavom rješava se nepoželjne vodene pare i štiti strukturu, a opet pri tome ne dopušta prodor vode. [21]



Slika 35. Presjek izolacije zida s paropropusnom membranom



Slika 36. Poluproposne membrane

4. PROBLEMI I RJEŠENJA U PRAKSI

4.1. Primjer izolacije ispod razine zemlje bentonitom

Na jednoj poslovnoj zgradi u Splitu hidroizolacija temelja i podruma izvedena je voltex membranama. Bentonitska membrana postavljena je u rolama na podložni beton, dok je armatura zajedno sa distancerima precizno postavljena na izolaciju. Sama membrana je zarobljena između dva sloja geotekstila kako bi se osigurala njena kontrolirana primjena opisana ranije kod bentonitskih membrana. S obzirom da iskop nije ostavio puno prostora za izvedbu podrumskih zidova, odabrana je hidroizolacija u jednostranoj oplati. Voltex se pričvrstio odmah uz zid oplate prije betoniranja, stoga je nakon betoniranja činio sa zidom jednu nerazdvojnu cjelinu. S obzirom na ograničeni prostor, ovakva izvedba je idealno rješenje jer su se na ovaj način zadovoljile granice objekta, a izolacija je kvalitetno izvedena.[22]



Slika 37. Postavljanje Voltex-a u jednostranu oplatu



Slika 38. Membrana kao hidroizolacija temeljne ploče

4.2. Primjer izolacije podruma cementnim premazom

U obiteljskoj kući u Zadru došlo je do prodiranja vode u podrum. S obzirom da nije instaliran drenažni sistem, pristupilo se odstranjivanju vode ručno. Trenutno je sanacija u fazi planiranja.



Slika 39. Poplavljeni podrum

Za podrum je korišten cementi premaz s negativne, odnosno unutarnje strane objekta, ali očigledno je ta zaštita došla do kraja svog životnog vijeka. Odlučeno je kako će se pristupiti sanaciji cementnim premazom, ali s modernom varijacijom. Izgledna opcija je prvotno korištenje temeljnog premaza (eng. *primer*) koji će osigurati dobru adheziju za polimer-cementi premaz. Premaz će se nanijeti u dva sloja, a između nanošenja slojeva postaviti će se dodatne elastične trake na dilatacijskim mjestima i promjeni nagiba terena koje će se prekriti drugim slojem premaza.[23]



Slika 40. Pretpostavljeno rješenje

4.3. Primjer kombinacije više hidroizolacijskih materijala

Odličan primjer funkcionalnog korištenja različitih vrsta hidroizolacijskih materijala je hotel Alhambra u Malom Lošinj. Zbog starosti hotela bila je potrebna rekonstrukcija većeg dijela objekta, u to je spadala i hidroizolacija. Projekt je bio vrlo izazovan jer osim nepristupačne lokacije za dovoz materijala, izolacija je morala biti postavljena u što kraćem roku, da se što manje ometa posjetioce hotela i naravno da troškovi održavanja budu minimalni. Za vanjsku zaštitu izabran je elastični premaz na bazi bitumena zbog svoje jednostavnosti i brze izvedbe te dobre otpornosti na vanjske uvjete. Za horizontalnu ploču položene su membrane na bazi PVC-a, koje su kompatibilne sa vertikalnim premazima bitumena, a pružaju otpornost na sve štetne stvari koje se očekuju na lokaciji poput mikroorganizama i vlage. Problematična mjesta, zglobovi i dodiri dviju izolacija su popunjeni pomoću elastičnih traka.

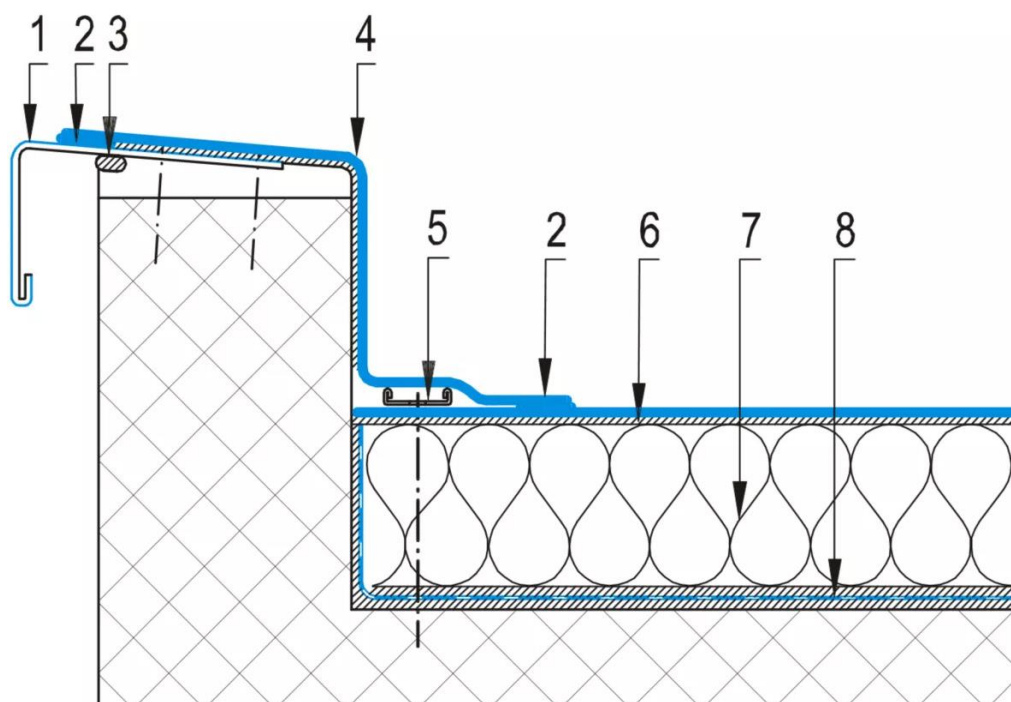
Za izolaciju ravnih krovova izabrane su sintetičke višeslojne membrane na bazi PVC-a ojačane staklenim voalom koji omogućuje dodatnu stabilnost. Membrana je odabrana zbog dobrih paropropusnih sposobnosti i dobre otpornosti na vanjske uvjete.[24]



Slika 41. Pogled s prednje strane hotela



Slika 42. Pogled iz ptičje perspektive



Slika 43. Detalj spoja vertikalne i horizontalne izolacije

5. ZAKLJUČAK

Voda i vlaga mogu prouzročiti ogromne štete, strukturalne i estetske. Dobra hidroizolacija je ključna kod zaštite zgrada od negativnih utjecaja. Od samih početaka građevinarstva ljudi su se susretali s problemima koje uzrokuju voda i vlaga. Kroz godine se razvija kvaliteta izolacije te se proširuje znanje o uzroku problema.

Danas je prisutno mnoštvo materijala i tehnika izvođenja za kvalitetnu izolaciju. Svaki materijal ima svoju primjenu. Trenutni cilj je za hidroizolaciju koristiti ekološki najprihvatljivije materijale, od kojih se ističe bentonit. Zbog raznih specifikacija i potreba te građenja na budžetu svi materijali su podjednako zastupljeni. Često se kombinira više vrsta materijala za hidroizolaciju, što može uzrokovati probleme. Zbog toga je važno poznavati sve vrste i karakteristike materijala kako bi se mogla odabrati najbolja kombinacija rješenja. Ključno je da svi elementi hidroizolacije, uključujući i dodatke poput brtvila i drenaže, surađuju kao jedno. Ukoliko jedan element nije učinkovit ili ako nije dobro povezan s ostalima, dolazi do pada učinkovitosti svih elemenata.

Dobro primijenjena hidroizolacija produljuje životni vijek zgrade, osigurava funkcionalnost materijala i cijelog objekta. Omogućuje i bolju energetska učinkovitost zgrade i toplinske izolacije te poboljšava udobnost stanara. Pravilno izoliran objekt ima smanjene troškove održavanja i sanacije. U konačnici se to odražava i na ekonomskom aspektu jer podiže vrijednost zgrade, a anulira nepotrebne troškove sanacije.

POPIS LITERATURE

- [1] Ward-Harvey K. ,Water ,*Fundamental building materials 4 edition, Boca Ration, Florida: Universal-Publishers,2009, str.3-4* Dostupno: <https://books.google.hr/books?id=7ig5XnOx4RMC&printsec=frontcover&hl=hr#v=onepage&q&f=false>, 19.08.2024.
- [2] Polyguard; Waterproofing membrane:What is it and when to use it? ; Dostupno: <https://polyguard.com/blog/when-to-use-waterproofing-membrane> ; 19.08.2024
- [3] Lecnopol; History of waterproofing and its evolution over time; Dostupno: <https://www.tecnopolgroup.com/news-and-updates/history-of-waterproofing-and-its-evolution-over-time> ;21.08.2024.
- [4] Woodbeaver; The history of waterproofing: From Ancient times to today ; Dostupno: <https://woodbeaver.net/the-history-of-waterproofing-from-ancient-times-to-today>; 21.08.2024.
- [5] Kubal M.;Waterproofing the building envelope; McGraw-Hill Companies;1993.; Dostupno: <https://archive.org/details/waterproofingbui0000kuba/page/n7/mode/2up?view=theater>; 02.09.2024.
- [6] Gradnja.me; Bitumenske hidroizolacija, prednosti i mane; Dostupno: <https://www.gradnja.me/clanak/923/bitumenska-hidroizolacija-prednosti-i-mane#:~:text=Bitumenske%20membrane%20se%20%C4%8Desto%20koriste%20za%20hidroizolaciju%20ravnih>; 08.09.2024.
- [7] Roofsource; TPO vs PVC roofing; Dostupno: <https://roofsource.com/tpo-vs-pvc-roofing/>; 08.09.2024.
- [8] Colony roofers; The three types of roof membranes and their differences; Dostupno: <https://colonyroofers.com/learningcenter/types-roof-membranes-differences>; 08.09.2024.
- [9] Gradnja.me; Što je bentonit,kako se dobija i gdje se primjenjuje; Dostupno: <https://www.gradnja.me/clanak/496/%C5%A0ta-je-bentonit-kako-se-dobija-i-gdje-se-primjenjuje#:~:text=Bentonit%20je%20vrsta%20visoko%20plasti%C4%8Dne%20gline%20koja%20ima>; 10.09.2024.

- [10] Voltex, *Bentonitni geotekstilni hidroizolacijski sistem*; Cetco Dostupno: <https://termodinamika.hr/wp-content/uploads/2020/05/Voltex-tehni%C4%8Dki-list.pdf#:~:text=NITNI%20GEOTEKSTILNI%20HIDROIZOLACIJSKI%20SISTEMOPISVOLTEX%C2%AE%20je%20visoko%20u%C4%8Dinkovita%20hidroizolacij-ska; 10,09.2024.>
- [11] Termodinamika; Voltex, Dostupno: [https://termodinamika.hr/voltex-hidroizolacija-bentonitnom-membranom-2/; 10,09,2024.](https://termodinamika.hr/voltex-hidroizolacija-bentonitnom-membranom-2/)
- [12] Kubal M.; *Construction waterproofing handbook*; McGraw-Hill Companies; 1999.; Dostupno: <https://archive.org/details/constructionwate00kuba/page/n7/mode/2up; 11.09.2024.>
- [13] Lorenzo W.; 7 Common types of waterproofing materials (Benefits, uses & costs); *Wtrproof*; Dostupno: <https://wtrproof.com/types-of-waterproofing-materials/#:~:text=There%20are%20many%20types%20of%20waterproofing%20materials.%20Some; 11.09.2024.>
- [14] Shyam Steel Sturdflex Waterproofing Solutions; The Science of Acrylic and Its Role in Waterproofing; Dostupno: <https://sturdflex.shyamsteel.com/blogs/the-science-of-acrylic-and-its-role-in-waterproofing/; 12.09.2024.>
- [15] Silicone roof coatings; Waterproof magazine; Spring 2018.; Dostupno: <https://www.waterproofmag.com/2018/04/silicone-roof-coatings/; 12.09.2024.>
- [16] Raja & Raja Waterproofing; Silicone membrane- Emerging waterproofing coating technology in India; 2020.; Dostupno: <https://waterproofingraja.com/blog/silicone-membrane-waterproofing-technology/; 12.09.2024.>
- [17] Vrančić T.; Pravilna ugradnja stolarije - brtvljenje (I. dio); *Građevinar*; 8/2020.; 72; Dostupno: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-72-2020-8-11-PROFINE.pdf; 13.09.2024.>
- [18] Loctite; Waterproof sealant: Tips for proper application; Dostupno: <https://www.loctiteproducts.com/ideas/build-things/waterproof-sealant-how-to-protect-your-home-from-moisture.html ; 13.09.2024.>
- [19] Absolute maintenance & consulting; Why proper drainage is key to home waterproofing; *Lamoldexperts*; Dostupno: <https://lamoldexperts.com/articles/why-proper-drainage-is-key-to-home-waterproofing/; 13.09.2024.>
- [20] Basement repair specialists; The role of drainage systems in basement waterproofing; Dostupno: <https://basementrepairspecialists.com/the-role-of-drainage-systems-in-basement-waterproofing/; 13.09.2024.>

- [21] Građevinski fakultet u Zagrebu; Parne brane i paropropusne barijere; Dostupno: <https://www.scribd.com/document/410471574/parna-brana-docx>; 13.09.2024.
- [22] Jović O.; Hidroizolacije betonskih građevina pod zemljom; *Građevinar*, 6/2006.;58; Dostupno: <http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-58-2006-06-11.pdf>; 09.09.2024.
- [23] Kaos zbog nevremena u Zadru i okolici: Poplavljeni podrumi, garaže I kuće, vatrogasci na terenu; *N1info*; Dostupno: <https://n1info.hr/vijesti/video-kaos-zbog-vremena-u-zadru-i-okolici-poplavljeni-podrumi-garaze-i-kuce-vatrogasci-na-terenu/>; 09.09.2024.
- [24] Boutique hotel Alhambra, Mali Lošinj; *Sika Croatia*; Dostupno: https://hrv.sika.com/dms/getdocument.get/17599139-aab2-3359-ac56-70399dbb7b48/Sika_knjiga_projekata.pdf; 09.09.2024.

POPIS SLIKA

Slika 1. Opus signinum.....	3
 (https://hr.wikipedia.org/wiki/Opus_signinum, 16.09.2024.)	
Slika 2. Umjetnički prikaz izvedbe izolacije u prijašnjim vremenima.....	4
 (https://www.tecnopolgroup.com/newsletter/TECNOMAGAZINE-N15-en.pdf, 14.09.2024.)	
Slika 3. Sintetička membrana zaštićena geotekstilom prije zatrpavanja	6
 (Privatna arhiva, 29.07.2024.)	
Slika 4. Detalji preklopa membrana.....	6
 (https://o.quizlet.com/z2HeOPTgnnsVTM.NLD17dw.png , 13.09.2024.)	
Slika 5. Bitumenska membrana	7
 (Privatna arhiva, 29.07.2024.)	
Slika 6. Tehnički detalj bitumenske izolacije	7
 (https://www.emajstor.hr/clanak/181/Sastav_ravnog_krova, 12.09.2024.)	
Slika 7. Bitumenski premaz	8
 (https://topekspert.hr/webshop/index.php?route=product/category&path=20_62, 14.09.2024.)	
Slika 8. Standardne role sintetičkih membrana.....	9
 (https://www.membranemasters.co.nz/guarding-against-the-elements-why-deck-waterproofing-is-essential-for-outdoor-spaces , 14.09.2024.)	
Slika 9. Tehnički detalj presjeka krovne sintetičke membrane	9
 (https://webgradnja.hr/storage/cad-detalji/44/detalji/295/cad-detalj-hidroizolacije-ravnog-krova-spoj-na-atiku-s-0142-.jpg , 14.09.2024.)	
Slika 10. Spajanje preklopa toplinom.....	10
 (https://www.grenef.com/izolacija-od-temelja-do-krova-fragmat-s/ , 15.09.2024.)	
Slika 11. Postavljanje PVC membrane.....	11
 (https://d-globe-lda.com/site/wp-content/uploads/2019/03/Waterproofing-PVC-TPO-Screen.jpg , 14.09.2024.)	

Slika 12. TPO preklop	11
 (https://www.nachi.org/gallery/flat/tpo-roof-membrane-installation-1, 13.09.2024)	
Slika 13. Primjer postavljanja EMPD membrane	12
 (https://myconsltd.com/epdm/, 14.09.2024.)	
Slika 14. Tehnički crtež EMPD membrane	13
 (https://waterproofingwale.com/uploads/articles/26/images/26_1507895810_Pile%20top%20waterproofing%20details.jpg, 15.09.2024.)	
Slika 15. Voltex membrana sa zaštitom	14
 (Privatna arhiva, 30.07.2024.)	
Slika 16. Bentonit	14
 (https://www.naturheilstoffe.info/wp-content/uploads/2023/12/Betonit-1024x585.png, 15.09.2024.)	
Slika 17. Varijacije cementnih sustava	15
 (https://concretenz.org.nz/page/s_scm_research, 13.09.2024.)	
Slika 18. Hidroizolacija podruma i temelja	15
 (https://webgradnja.hr/storage/clanci/1098/2.gif, 14.09.2024.)	
Slika 19. Nanošenje cementnog premaza četkom	16
 (https://decorexpro.com/images/article/orig/2018/03/gidroizolyaciya-na-cementnoj-osnove-vidy-i-tehnologiya-naneseniya-3.jpeg, 13.09.2024.)	
Slika 20. Nanošenje elastičnog premaza pomoću valjka	17
 (https://flooringsolutions.ph/wp-content/uploads/2021/10/FS-Elastomeric-Waterproofing_11zon-scaled.jpeg, 13.09.2024)	
Slika 21. Izvedba zidnog premaza	18
 (https://www.saint-gobain.hr/sites/mac3.saint-gobain.hr/files/2022-11/osnovni%20premazi%20i%20ostali%20proizvodi.jpg, 12.09.2024.)	
Slika 22. Nanošenje akrilne izolacije pomoću spreja	19
 (https://amesresearch.com/articles/the-benefits-of-elastomeric-roof-coatings/, 14.09.2024.)	
Slika 23. Prozirni premaz	20
 (https://k-tes.si/sl/reference/sanacija-balkona-26, 14.09.2024.)	

Slika 24. Tekući poliuretan.....	21
(https://gumiimpex.hr/upload/rotator_element/webpnet-resizeimage-7-5dd01011ad3b4_5de5992ee2911.jpg, 14.09.2024.)	
Slika 25. Ilustracija hidroizolacijskog sistema	22
(https://studiooctava.com/waterproof-your-building-in-costa-rica-foundations/, 14.09.2024.)	
Slika 26. Presjek zgrade s dobro ukomponiranim različitim materijalima hidroizolacije	22
(https://i.pinimg.com/736x/2d/ae/31/2dae31af991f30e470f3b1b9d6a4146e--comfort-construction.jpg, 15.09.2024.)	
Slika 27. Brtvljenje zgloba	23
(https://archive.org/details/FrancisD.K.ChingBuildingConstructionIllustratedWiley2014_201606/page/n273/mode/2up?view=theater, 13.09.2024.)	
Slika 28. Brtvljenje interijera	23
(https://webgradnja.hr/clanci/ljepila-i-brtvila-iz-soudala-za-kvalitetnu-postavu-parketa/4971, 14.09.2024.)	
Slika 29. Detalj izolacije terase PVC-om i popunjavanje otvora brtvilom	24
(https://www.hidroizolacijeplan.hr/wp-content/uploads/2014/03/detalji-3.jpg, 13.09.2024.)	
Slika 30. Drenažni sustav odvodnje podruma pomoću pumpe	25
(https://izogen.hr/podrumi/sanacija-podruma-iznutra/dreniranje-iznutra/, 14.09.2024.)	
Slika 31. Cijevi za odvodnju	26
(https://decorexpro.com/images/article/orig/2018/07/drenazhnaya-kanalizaciya-ustrojstvo-i-ustanovka-9.jpg, 15.09.2024.)	
Slika 32. Migracija vodene pare tijekom zime	27
(https://www.foamglas.com/-/media/project/foamglas/public/corporate/foamglascom/images/advice/general/condensation/figure-2-condensation.jpg?h=301&iar=0&w=504&hash=C45771ED23C8F278AFD5B2F9F06D033C, 14.09.2024.)	

Slika 33. Detalj izolacije krova.....	28
https://webgradnja.hr/storage/cad-detalji/84/detalji/586/cad-detalj-zabata-toplinska-izolacija-jednostruko-ventiliran.jpg , 14.09.2024.)	
Slika 34. Presjek slojeva između kojih se nalazi parna barijera	29
https://korak.com.hr/parna-brana-u-konstrukciji-ravnog-krova/ , 15.09.2024.)	
Slika 35. Presjek izolacije zida s paropropusnom membranom	29
https://buildingscience.com/sites/default/files/resize/migrate/jpg/Figure_04_Gypsum_air-350x375.jpg , 13.09.2024.)	
Slika 36. Polupropusne membrane	30
https://i.pinimg.com/236x/79/2e/18/792e18d86301928bae6035bd294d677d--cavity-insulation-rigid-insulation.jpg , 13.09.2024.)	
Slika 37. Postavljanje Voltexa u jednostranu oplatu.....	31
http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-58-2006-06-11.pdf , 14.09.2024.)	
Slika 38. Membrana kao hidroizolacija temeljne ploče	31
http://www.casopis-gradjevinar.hr/assets/Uploads/JCE-58-2006-06-11.pdf , 14.09.2024.)	
Slika 39. Poplavljeni podrum.....	32
https://www.kucni-majstor.net/hidroizolacija-sanacija-podruma/ , 15.09.2024.)	
Slika 40. Pretpostavljeno rješenje	32
https://dracostore.hr/hidroizolacija-podruma/ , 13.09.2024.)	
Slika 41. Pogled s prednje strane hotela.....	33
https://visitcroatia.com/wp-content/uploads/2021/02/Boutique-hotel-Alhambra-front-view-scaled.jpg , 15.09.2024.)	
Slika 42. Pogled iz ptičje perspektive.....	34
https://cdn2.tablethotels.com/media/hotels/slideshow_images_staged/large/1064718.jpg , 15.09.2024.)	
Slika 43. Detalj spoja vertikalne i horizontalne izolacije	34
https://sika.scene7.com/is/image/sika/HR_Lijepljeni+krov_Parapetni+zid?wid=1280 , 15.09.2024.)	