

VIŠEKRITERIJUMSKA ANALIZA OPTIMALNOG REŠENJA HIDROIZOLACIONOG SISTEMA ZA PODZEMNE ETAŽE OBJEKTA**MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF WATERPROOFING SYSTEM FOR UNDERGROUND FLOORS OF BUILDINGS**Mladen Marković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – Tema ovog master rada je postupak izbora optimalnog varijantnog rešenja hidroizolacije za zaštitu podzemnih etaža od vlage i visokih nivoa podzemnih voda na osnovu ekonomskih i tehničko-tehnoloških kriterijuma.

Ključne reči: Podzemne etaže, hidroizolacija, višekriterijumska optimizacija, pouzdanost, troškovi i vreme,

Abstract –The subject of this Master's Thesis is the procedure of making choice for optimal waterproofing protection of the underground floors using multi-criteria analysis. using economic, technical-technological and reliability criteria.

Keywords: Underground floors waterproofing, multi-criteria analysis, reliability, expenses and time

1. UVOD

Zaštita od vode je širok pojam. Predstavlja različite tehničke mere kojima štitimo sve one delove objekata koji su privremeno ili stalno pod uticajem vode ili vlage, bez obzira na njihov izvor. Pojam hidroizolacije predstavlja jednu od mogućih mera zaštite od vode ili vlage. U ukopanim delovima objekta, hidroizolacijom štitimo konstrukciju i unutrašnje prostore od prodora vode, odnosno vlage, koje se nalaze u zemljištu. Samim tim su izbor odgovarajućeg materijala odnosno proizvoda i pravilna ugradnja veoma važni. Naknadna sanacija je veoma kompleksna, skupa i često uspešna tek nakon većeg broja pokušaja.

2. VERTIKALNA I HORIZONTALNA HIDROIZOLACIJA PODZEMNIH ETAŽA

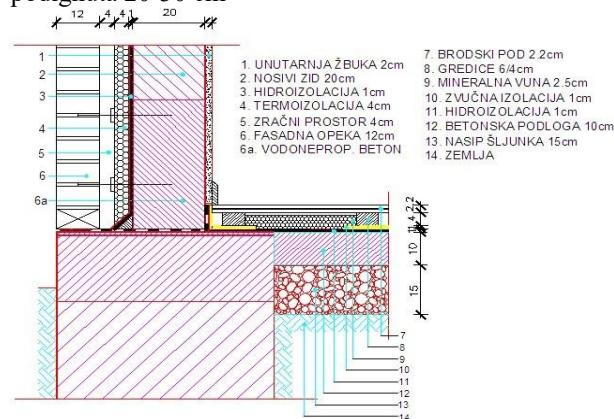
Zemljište ili tlo vlaži oborinska ili podzemna voda bilo direktno ili usled visokog vodostaja podzemne vode ili indirektno upijanjem i širenjem usled kapilariteta.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Trivunić red. prof.

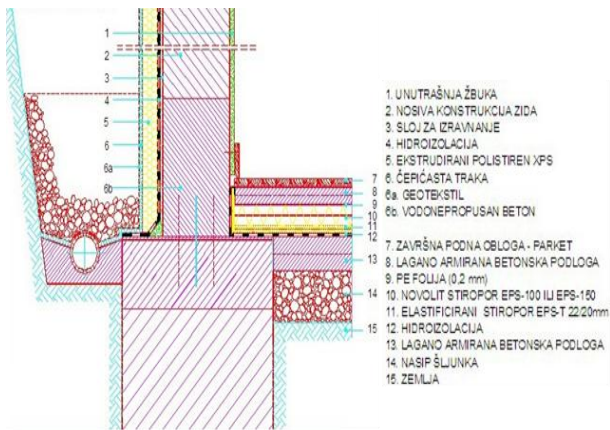
Temelji su najizloženiji vlažnosti pa se izvode od materijala kojem vlaga ne šteti. Tako da se temelji, osim u izuzetnim slučajevima, uopšte ne zaštićuju od vlage, ali se moraju zaštititi konstrukcije iznad i pokraj temelja. Za zaštitu ili izolaciju konstrukcija i uređaja protiv vlage, najviše se primenjuju vrući premazi bitumena, asfalta i katrana u kombinacijama s hladnim emulzijama i izolacionim trakama. Izrađuju se i trake sa ugrađenim bakrenim ili aluminijumskim limovima

Horizontalna hidroizolacija se izvodi površ horizontalnih površina temelja i površ podnih podloga izloženih vlazi, kako bi se sprečilo vertikalno širenje vlage iz tih konstrukcija u konstrukcije iznad njih tj. zidove i podove. Horizontalna hidroizolacija ispod zidova se stavlja odmah nakon betoniranja temelja ili podnožnih zidova ukoliko zgrada nema podrum. Izolacija ispod podova izvodi se kada više nema sleganja zgrade. Horizontalna hidroizolacija treba biti iznad nivoa okolnog terena podignuta 20-30 cm



Slika 1. Detalj spoja poda prizemlja

Vertikalna hidroizolacija se izvodi s vanjske strane podrumskog zida na onom delu koliko je zid u zemlji. Vertikalnu HI imaju samo zgrade sa podrumom ili suterenom. Postavlja se na prethodno izravnatu podlogu zida. Iz vana je moramo zaštititi od mehaničkih oštećenja čepičastom folijom, termoizolacijom, geotekstilima, zidom. Spoj s vertikalnom izolacijom se vrši preklapanjem odozgo, kao i kod svih sastava vertikalne izolacije. Za izradu vertikalne izolacije potrebno je izvršiti širi otkop oko zgrade, obično pod nagibom, tako da je u donjem dijelu širina prostora oko 40 cm.



Slika 2. Detalj spoja poda i podrumskog zida

3. HIDROIZOLACIONI MATERIJALI I SISTEMI

Hidroizolacioni materijali čine posebnu grupu građevinskih materijala za koje važe vrlo strogi zahtevi za kvalitete. To su materijala koji se ne smatraju za konstrukcijske niti nosive, ali su hidroizolacione materijali odgovornosti za upotrebljivost i stanje konstrukcije.

Hidroizolacioni materijali se mogu podeliti na više načina: prema sirovinskoj osnovi, konzistenciji i načinu ugrađivanja.

Podela prema sirovinskoj osnovi je na:

- Hidroizolacione materijale od bitumena, polibitumena u obliku premaza, namaza i traka
- Hidroizolacione materijale od sintetičkih smola u obliku traka, membrana i debeloslojnih premaza
- Hidroizolacione materijale od cementnih kompozicija u obliku premaza, vodonepropusnih maltera i injekcionih masa

Podela prema konzistenciji na:

- Fleksibilne sisteme (plastični, plastoelastični i elastični), na bazi bitumenskih, polimerbitumenskih i sintetičkih materijala
- Krute sisteme (cementne kompozicije koje vežu sa podlogom i ostvaruju fizički prijanjanjem za podlogu ili penetrirajući u podlogu)

Prema načinu ugrađivanja na :

- Višeslojne fleksibilne sisteme od bitumenskih i polimer bitumenskih traka koje se izvedu na dva načina : -ugrađivanjem traka po toplom i hladnom postupku
- Bitumenski premazi, namazi, paste koje se izvedu premazivanjem
- Sistemi od sintetičkih/elastomernih traka koji se po pravilu izvedu kao jednoslojni sistemi
- Tečne sintetičke bešavne membrane koje se primenjuju po hladnom postupku premazivanje ili prskanjem
- Kruti sistemi od cementnih kompozicija koje se izvedu u više slojeva po hladnom postupku [1].

4. TEHNOLOŠKA ANALIZA HIDROIZOLACIONOG SISTEMA ZA PODZEMNE ETAŽE

U ovom radu je rešen problem izbora optimalnog rešenja hidroizolacionog sistema suterena objekta u S.Kamenici koji obuhvata garažu, ostavu i tehničke prostorije ukupne površine za hidroizolovanje od 148,55 m² hidroizolacije AB temeljne ploče i 215,68 m² hidroizolacije AB zidova.

4.1 VARIJANTNA REŠENJA

Za potrebe analize usvojena su 4 varijantna rešenja :

- VARIJANTA 1 - BITUMENSKE TRAKE KONDOR V4
- VARIJANTA 2 – BENTONITNA MEMBRANA VOLTEX
- VARIJANTA 3 – PVC MEMBRANA
- VARIJANTA 4 – BELA KADA SA PENETRON ADMIXOM

VARIJANTA 1 KONDOR V-4, se koristi kao međusloj u dvo- i višeslojnim sistemima ravnih krovova, koji su zaštićeni hidroizolacionom trakom sa UV zaštitom. Koristi se i u hidroizolaciji temelja i to za manje zahtevne jedno ili višeslojne hidroizolacije vertikalnih ili horizontalnih delova objekata. Ova plastomerna bitumenska traka ugrađuje se varenjem.

VARIJANTA 2 Natrijum bentonit je specijalna, netoksična, hemijski inertna vrsta gline vulkanskog porijekla nastala pre više miliona godina. Jedinstvena karakteristika ovog prirodnog materijala je kapacitet povećanja volumena nakon kontakta s vodom. U takvom stanju, natrijum bentonit može povećati svoju zapreminu 15-16 puta više od zapremine u suvom stanju i postaje potpuno nepropusni gel. Hidroizolacija podzemnih delova konstrukcije. VOLTEX je hidroizolacija na bazi Volclay bentonita koja se vezuje za betonsku konstrukciju. Sastoji se od dva čvrsta

polipropilenska geotekstila i 4,88 kg Volclay bentonita u granulama po m²

VARIJANTA 3 : PVC Membrana

PVC membrane se koriste za hidroizolaciju temelja, ravnih krovova, terasa, podruma i drugih građevinskih elemenata. Njihova popularnost dolazi zbog visoke fleksibilnosti, otpornosti na UV zračenje, hemikalije i dugotrajnosti. Ugradnja PVC membrana zahteva pažljivu pripremu i specifične tehnike kako bi se osigurala potpuna hidroizolacija.

VARIJANTA 4 : Bela kada sa Penetronom (kristalizator) Sistem "Bela kada" sa Penetronom koristi se za hidroizolaciju betonskih konstrukcija, naročito podzemnih delova kao što su temelji, podrumi i garaže. Ovaj sistem se oslanja na primenu aditiva koji omogućavaju kristalizaciju unutar betona, stvarajući vodonepropusni materijal bez potrebe za dodatnim spoljnim slojevima hidroizolacije. Penetron je jedan od najpoznatijih brendova koji koristi tehnologiju kristalizacije za vodonepropusnost betona.

4.2 Kriterijumi vrednovanja

U postupak vrednovanja i optimizacije uvrštena su tri kriterijuma. Kriterijumi su tehničko-tehnološkog i ekonomsko-finansijskog karaktera.

Postupak vrednovanja se vrši samo na izboru hidroizolacionog sistema.

Za izbor optimalnog tipa hidroizolacije definisani kriterijumi su:

- K1-Pouzdanosti
- K2-Troškovi materijala i rada
- K3 - Trajanje radova

Pozdanost kao kriterijum nije merljiva s obzirom da ne postoje statistički podaci kojima bi se moglo doći do zaključka o pouzdanosti izolacije u eksploatacionom periodu objekta. Usvojeni se empirijske vrednosti naspram izvođačkog iskustva sa gradilišta za svako pojedinačno alternativno rešenje.

Troškovi materijala hidroizolacije obuhvataju troškove materijala i troškove prevoza do gradilišta. Za proračun uzeti podaci dobijeni od strane dobavljača predmetnih tipova hidroizolacije.

Troškovi rada obuhvataju troškove radne snage. Za analizu su krošteni normativi u građevinarstvu, za slučajeve gde normativi postoje korišćeni su iskustveni podaci izvođača radova.

Ukupni troškovi predstavljaju trošak rada, trošak materijala i faktora opštih troškova koji imaju vrednost 4 [2].

Ukupno vreme predstavlja izračunato potrebno vreme na osnovu građevničkih normativa i iskustvenih podataka izvođača radova.

Tabela 4.2. Rekapitulacija svih kriterijuma

Varijante	KRITERIJUMI				
	Troškovi materijala	Troškovi rada	Ukupni troškovi	Ukupno vreme	pouzdanosti
Varijanta 1	615.204,00	93.862,41	1.084.516,04	211,98	0,93
Varijanta 2	345.389,83	38.240,19	536.590,76	87,12	0,85
Varijanta 3	589.358,95	88.723,99	1.032.978,91	193,77	0,97
Varijanta 4	297.494,90	5.713,88	326.064,31	6,86	0,88

5. METODE ZA IZBOR OPTIMALNOG REŠENJA

Za izbor najpovoljnije varijante hidroizolacionog sistema u ovom radu su primenjena 2 postupka : metoda rangiranja i metoda višekriterijumske optimizacije sa uvođenje težinskih koeficijenata.

Na osnovu podataka iz tehnološke analize izvršeno je rangiranje na osnovu definisanih kriterijuma u tabeli br.5 gde je prikazano rangiranje prema svim kriterijumima.

Tabela 5. Rangiranje prema svim kriterijumima

Varijante	RANG po ukupnim troškovima	RANG po trajanje radova	RANG po pouzdanosti	ZBIR	RANG LISTA
Varijanta 1	4	4	2	10	4
Varijanta 2	2	2	4	8	3
Varijanta 3	3	3	1	7	2
Varijanta 4	1	1	3	5	1

Rezultati analiza pokazuju:

- Na osnovu ukupnih troškova najpovoljnija je varijanta 4.
- Na osnovu vremena potrebnog za ugrađivanje (izrada) hidroizolacije najpovoljnija je varijanta 4.
- Na osnovu kriterijuma pouzdanosti najpovoljnija je varijanta 3.

Kako rezultati rangiranja po ukupnim troškovima i vremenu ugrađivanja prednost daju varijanti 4, a pouzdanost varijanti 3, za konačan izbor najpovoljnijeg tipa hidroizolacije primenjena je i metoda višekriterijumske optimizacije.

U tabeli 6 su prikazani ulazni podaci za optimizaciju.

Problem optimizacije je modeliran na 4 varijante i tri kriterijumske funkcije u obliku :

$$\min F(x) = \min (f_1, f_2, f_3) \quad [2]$$

gde su:

f_1 – ukupni troškovi izrade hidroizolacije (din/m²)

f_2 – potrebno vreme izrade hidroizolacije (h)

f_3 - pouzdanost hidroizolacionog sistema (%)

Tabela 6. Ulazni podaci

Krit.fun/alter.	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
f_1	2977,64	1473,26	2836,14	895,24
f_2	211,98	87,12	193,77	6,86
f_3	93,00	85,00	97,00	88,00

Redosledi varijantnih rešenja primenom metode kompromisnog programiranja i metode višekriterijumskog kompromisnog rangiranja prikazani su tabelarno (tabela 7 – tabela 10).

Tabela 7. Meroda kompromisnog programiranja rešenje najbolje po svim kriterijumima posmatranim zajedno

Alter.rešenja	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Redosled rešenja	4	2	3	1

Tabela 8. Meroda kompromisnog programiranja rešenje geometrijski najbliže idealnoj tački

Alter.rešenja	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Redosled rešenja	4	2	3	1

Tabela 9. Metoda kompromisnog programiranja prioritet dat kriterijumu sa najvećim odstupanjem

Alter.rešenja	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Redosled rešenja	4	2	3	1

Tabela 10. Metoda kompromisnog rangiranja

Redosled alternativnih rešenja				
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄
Qj(v=0,0)	4	2	3	1
Qj(v=0,3)	4	2	3	1
Qj(v=0,6)	4	2	3	1
Qj(v=0,9)	4	2	3	1
Qj(v=1,0)	4	2	3	1

Na osnovu postupka optimizacije kompromisnim rangiranjem, kako sa istim tako i sa različitim težinskim koeficijentima, zaključeno je da je varijantno rešenje A4 optimalno, hidroizolacioni sistem tipa Bela kada sa Penetronom, može se predložiti kao najpovoljnija (optimalna) varijanta za izvođenje podzemne etaže stambenog objekta u Sremskoj Kamenici.

6. ZAKLJUČAK

Predmet ovog rada bila je zaštita podzemnih etaža od stalnog prodora vode i izbor optimalnog hidroizolacionog sistema na stambenom objektu u S.Kamenici.

Opisane su karakteristike hidroizolacionih materijala i prikazana je podela hidroizolacionih materijala i sistema.

Za sve četiri varijante u radu su opisani postupci izvođenja hidroizolacije, izračunati troškovi materijala i rada, ukupni troškovi i utvrđeno je potrebno vreme za postavljanje hidroizolacije.

Izbor najpovoljnije varijante urađen je po dve metode, metodom rangiranja i metodom više kriterijumske optimizacije, na osnovu tri primarna pokazatelja:

- ukupnih troškova,
- potrebnog vremena za izvođenje hidroizolacije i
- pouzdanosti

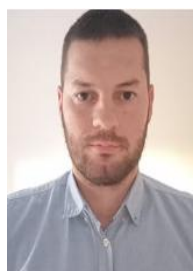
Na osnovu izlaznih rezultata obe metode predložena je varijanta 4 - Bela kada sa Penetronom.

Sistem "Bela kada" sa Penetronom koristi se za hidroizolaciju betonskih konstrukcija, naročito podzemnih delova kao što su temelji, podrumi i garaže. Ovaj sistem se oslanja na primenu aditiva koji omogućavaju kristalizaciju unutar betona, stvarajući vodonepropusni materijal bez potrebe za dodatnim spoljnim slojevima hidroizolacije, budući da Penetron Admix postaje integralni deo betona, nema potrebe za dodatnim slojevima spoljne hidroizolacije, što ubrzava izgradnju.

4. LITERATURA

- [1] Todorović M., Bogner M., Denić, N "O Izolaciji" Beograd, 2012
- [2] Trivnunić M., Matijević, Z "Tehnologija i organizacija građenja" - praktikum, Novi Sad, 2009

Kratka biografija:



Mladen Marković je rođen u Kotoru (CG), 13.07.1992. godine. Ponosni je Otac dvoje dece. Osnovne studije iz oblasti Građevinarstvo - Hidrotehnika završio 2017 godine na Fakultetu Tehničkih nauka u Novom Sadu.

Od 2018 godine radi u građevinskoj industriji. Master rad iz oblasti Građevinarstvo–Tehnologija i organizacija građenja odbranio je 2024. godine na FTN.

kontakt: mladen1307@gmail.com