

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA
MARIBOR

SPREMEMBA IZVEDBE HIDROIZOLACIJE TALNE PLOŠČE

Kandidat: Goran Krajnc

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: Gradbeništvo

Mentor predavatelj: Vladimir Dragorajac, univ. dipl. inž. gradb.

Mentor v podjetju: Uroš Cafnik, uni. dipl. gosp. inž.

Lektorica: Tatjana Šmigoc, prof. slo. in mat.

Maribor, 2025

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Goran Krajnc sem avtor diplomskega dela z naslovom Sprememba izvedbe hidroizolacije talne plošče, ki sem ga napisal pod mentorstvom Vladimirja Dragorajca, univ. dipl. inž. gradb.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo izključno rezultat mojega dela,
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženi nalogi, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia Maribor,
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP), prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32.a členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, 24. 3. 2025

Podpis študenta:

ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujem svojemu mentorju Vladimirju Dragorajcu, univ. dipl. inž. gradb., za strokovno vodenje, podporo in dragocene nasvete pri pripravi tega diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem podjetju Sengost, d. o. o., za omogočeno sodelovanje in dostop do pomembnih podatkov ter mentorju iz podjetja, Urošu Cafniku, univ. dipl. inž. gradb., za praktične usmeritve in pomoč pri raziskavi.

Posebna pohvala gre mojemu dekletu Nataši za neizmerno podporo in razumevanje skozi celoten proces pisanja ter mojemu sinu Timu.

Hvala vsem, ki ste kakorkoli prispevali k nastanku tega dela.

POVZETEK

Diplomsko delo obravnava spremembo izvedbe hidroizolacije talne plošče in prehod na hidroizolacijski sistem Xypex, ki je alternativa bitumenski hidroizolaciji. Osredotoča se na primerjavo obeh sistemov v smislu izvedbe, stroškov, trajnosti in dolgoročnega vzdrževanja. Klasične hidroizolacijske metode, kot je bitumenska hidroizolacija, pogosto zahtevajo dodatno zaščito in so občutljive na mehanske poškodbe ter staranje materiala, kar povečuje potrebo po sanacijah. Z napredkom tehnologije in izboljšanjem materialov se razvijajo rešitve, ki omogočajo boljšo trajnost in učinkovitost. V raziskavi so bile uporabljene časovne, stroškovne in tehnične analize, ki temeljijo na dejanskih podatkih iz gradbenega projekta. Rezultati kažejo, da sistem Xypex skrajša čas izvedbe, zmanjša potrebo po dodatni zaščiti hidroizolacije in omogoča samoceljenje manjših razpok v betonu, kar prispeva k izboljšani vodotesnosti in trajnosti konstrukcije. Njegova uporaba vodi k večji odpornosti objekta proti vplivom okolja, kar zmanjšuje potrebo po popravilih in podaljšuje življenjsko dobo konstrukcij. Čeprav so stroški začetne investicije pri sistemu Xypex višji, pa dolgoživost in odpornost materiala zmanjšata potrebo po sanacijah, kar dolgoročno prinaša prihranek. Dodatna prednost tega sistema je manjša občutljivost na vremenske vplive, saj je hidroizolacijo mogoče izvajati ne glede na zunanje pogoje, kar omogoča večjo fleksibilnost pri izvedbi del. Diplomsko delo se je dotaknilo tudi uporabe umetne inteligence za modeliranje hidroizolacijskih sistemov, ki omogoča boljše napovedi učinkovitosti materialov in optimizacijo izbire hidroizolacijskih tehnologij v fazi projektiranja. S pomočjo umetne inteligence se lahko izvedejo analize različnih scenarijev, kar omogoča boljše odločanje v zgodnjih fazah projektiranja in zmanjšanje stroškov sanacij. Tak pristop prispeva k učinkovitejšemu načrtovanju in izboljšanju kakovosti hidroizolacijskih rešitev. Integracija umetne inteligence v gradbeništvo je pomemben korak k večji natančnosti in racionalnejši uporabi sredstev, kar vpliva na potek gradbenega projekta in povečuje zanesljivost rezultatov. Prav tako zmanjšuje uporabo okolju manj prijaznih materialov, kot so bitumenski premazi, in podaljšuje življenjsko dobo objektov, kar prispeva k trajnostnemu razvoju gradbeništva in boljšemu izkoristku naravnih virov. Omogoča trajnostno naravnano gradnjo, ki sledi ekološkim standardom in zmanjšuje negativne vplive na okolje.

Ključne besede: *hidroizolacija, Xypex, bitumenska hidroizolacija, umetna inteligenca, gradbeni materiali*

ABSTRACT

CHANGE IN THE DESIGN OF THE WATERPROOFING OF THE FLOOR SLAB

This thesis examines the modification of floor slab waterproofing and the transition to the Xypex waterproofing system as an alternative to bituminous waterproofing. It focuses on comparing both systems in terms of implementation, costs, durability, and long-term maintenance. Traditional waterproofing methods, such as bituminous waterproofing, often require additional protection and are susceptible to mechanical damage and material aging, increasing the need for repairs. Advances in technology and material improvements have led to solutions that offer better durability and efficiency. The research employed time, cost, and technical analyses, based on actual data from a construction project. Results indicate that the Xypex system reduces execution time, minimizes the need for additional waterproofing protection, and enables self-healing of minor cracks in concrete, contributing to improved water tightness and construction durability. Its application enhances the structure's resistance to environmental factors, reducing repair needs and extending the lifespan of constructions. Although the initial investment cost for Xypex is higher, its longevity and material resilience reduce the necessity for repairs, resulting in long-term savings. Another advantage of this system is its lower sensitivity to weather conditions, as waterproofing can be performed regardless of external conditions, providing greater flexibility during implementation. The thesis also explores the use of artificial intelligence in modeling waterproofing systems, which allows for better predictions of material performance and the optimization of waterproofing technology selection during the planning phase. By leveraging artificial intelligence, various scenario analyses can be conducted, leading to improved decision-making in early project stages and cost reduction for repairs. This approach contributes to more effective planning and enhancement of waterproofing solutions' long-term quality. The integration of artificial intelligence in construction represents a step towards greater precision and rational resource usage, influencing project execution and increasing reliability. Furthermore, it reduces the use of harmful materials and extends the lifespan of structures, promoting sustainable development and better utilization of natural resources. This enables environmentally friendly construction that adheres to ecological standards and minimizes negative environmental impacts.

Keywords: *Waterproofing, Xypex, Bituminous waterproofing, Sustainable construction, Artificial intelligence*

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	9
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	9
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	9
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	10
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	10
2	DELO V PROJEKTNi SKUPINI	11
3	SPREMEMBA TALNE PLOŠČE V TEMELJNO PLOŠČO.....	14
3.1	PREDSTAVITEV OBJEKTA.....	14
3.2	PASOVNI TEMELJI IN TALNA PLOŠČA.....	14
3.3	TEHNOLOŠKA IZVEDBA TEMELJNE PLOŠČE.....	15
4	MENJAVA HIDROIZOLACIJE.....	17
4.1	BITUMENSKA HIDROIZOLACIJA.....	17
4.1.1	<i>Kaj je bitumenska hidroizolacija?</i>	<i>18</i>
4.1.2	<i>Vrste bitumenskih hidroizolacij.....</i>	<i>18</i>
4.1.3	<i>Lastnosti bitumenskih hidroizolacij.....</i>	<i>18</i>
4.1.4	<i>Prednosti bitumenske hidroizolacije.....</i>	<i>19</i>
4.1.5	<i>Slabosti bitumenske hidroizolacije</i>	<i>19</i>
4.1.6	<i>Postopek namestitve bitumenske hidroizolacije.....</i>	<i>20</i>
4.1.7	<i>Uporaba bitumenske hidroizolacije v gradbeništvu</i>	<i>21</i>
4.1.8	<i>Izotekt V4 in Izotem V4.....</i>	<i>21</i>
4.2	DODATEK XYPEX	22
4.2.1	<i>Kaj je Xypex?.....</i>	<i>22</i>
4.2.2	<i>Dodatek Xypex Admix C-1000 NF.....</i>	<i>22</i>
4.2.3	<i>Izjava o lastnostih Xypex Admix C-1000 NF.....</i>	<i>23</i>
4.2.4	<i>Kako Xypex zagotavlja neprepustnost?</i>	<i>25</i>
4.2.5	<i>Kakšna je neprepustnost po aplikaciji?</i>	<i>25</i>
4.2.6	<i>Kakšna je trajnost zmesi Xypex?</i>	<i>25</i>
4.2.7	<i>Kako Xypex ščiti armaturo v betonskih konstrukcijah?.....</i>	<i>25</i>
4.2.8	<i>Raziskave o neprepustnosti premaza Xypex za bencin</i>	<i>26</i>
4.2.9	<i>Kako se Xypex razlikuje od drugih kristalizacijskih materialov?</i>	<i>26</i>
4.2.10	<i>Edinstvenost, kakovost in zanesljivost tehnologije.....</i>	<i>27</i>
4.2.11	<i>Kako se Xypex razlikuje od drugih izdelkov?</i>	<i>27</i>
4.3	DOBRE IN SLABE LASTNOSTI XYPEXA.....	28
4.3.1	<i>Prednosti zmesi Xypex pred drugimi izolacijami.....</i>	<i>28</i>
4.3.2	<i>Slabosti Xypexa</i>	<i>28</i>

4.4	IZVEDBA XYPEX DODATKA NA OBJEKTU DSO MORAVČE	29
5	SANACIJE	33
5.1	XYPEX PATCH'N PLUG (ZA VEČJE RAZPOKE).....	33
5.2	INJEKTIRANJE (SIKA).....	34
6	ČASOVNA IZVEDBA HIDROIZOLACIJ	38
6.1	ČASOVNA IZVEDBA HIDROIZOLACIJE XYPEX	38
6.2	ČASOVNA IZVEDBA HIDROIZOLACIJE Z BITUMENSKI TRAKOVI	40
7	STROŠEK IZVEDBE BITUMENSKE IZOLACIJE IN DODATKA XYPEX	41
7.1	STROŠEK IZVEDBE HIDROIZOLACIJE Z DODATKOM XYPEX.....	41
7.2	STROŠEK IZVEDBE Z BITUMENSKO HIDROIZOLACIJO.....	42
8	UMETNA INTELIGENCA IN NOVE TEHNOLOGIJE	43
8.1	SIMULACIJA IN MODELIRANJE MATERIALOV TER METOD	43
8.2	ANALIZA ZGODOVINSKIH PODATKOV	43
8.3	OPTIMIZACIJA STROŠKOV IN ČASOVNEGA NAČRTOVANJA	44
8.4	OCENJEVANJE VPLIVA NA TRAJNOST KONSTRUKCIJE.....	44
8.5	PODPORA PRI OBLIKOVANJU HIPOTEZ IN ANALIZI TVEGANJ	45
8.6	USTVARJANJE POROČIL IN VIZUALIZACIJ	45
8.7	POVZETEK	45
9	HIPOTEZE	46
9.1	H1: UPORABA DODATKA XYPEX POSPEŠI IZVEDBO HIDROIZOLACIJE TER GRADNJE V PRIMERJAVI Z KLASIČNO HIDROIZOLACIJO (BITUMENSKA HIDROIZOLACIJA) ZA VSAJ 90%.....	46
9.2	H2: DODATEK XYPEX PREDSTAVLJA 20% PRIHRANEK ZA INVESTITORJA	46
9.3	H3: IZVEDBA IN MOŽNE SANACIJE XYPEXA JE LAŽJA V PRIMERJAVI Z BITUMENSKO HIDROIZOLACIJO	47
9.3.1	<i>Način sanacije Xypex hidroizolacije.....</i>	47
9.3.2	<i>Način sanacije bitumenske hidroizolacije</i>	48
9.3.3	<i>Ugotovitve.....</i>	49
9.4	H4: UPORABA UMETNE INTELIGENCE ZA SIMULACIJO IN MODLEIRANJE RAZLIČNIH HIDROIZOALCIJSKIH SCENARIJEV VODI K BOLJŠIM ODLOČITVAM GLEDE IZBIRE MATERIALOV IN TEHNOLOGIJ	49
10	SKLEP	51
11	VIRI IN LITERATURA	54

KAZALO SLIK

SLIKA 1: IZVEDBA BITUMENSKE HIDROIZOLACIJE	12
SLIKA 2: PRIKAZ SESTAVE TAL.....	15
SLIKA 3: SKICA PREDLOGA GRADBIŠČA ZA IZVEDBO TEMELJNE PLOŠČE	16
SLIKA 4: IZJAVA O LASTNOSTIH XYPEX ADMIX C-1000 NF (1.STRAN)	23
SLIKA 5: IZJAVA O LASTNOSTIH XYPEX ADMIX C-1000 NF (2.STRAN)	24
SLIKA 6: PRIKAZ KRISTALIZACIJE.....	27
SLIKA 7: TESNILNI ELEMENT FORMAX 1000 C 150	30
SLIKA 8: TESNILNI ELEMENET BITUFLEX	31
SLIKA 9: PRIKAZAN 10CM PREKLOP STIKA BITUFLEXA	31
SLIKA 10: TESNILNI TRAK REDSTOP Z U-OVITKOM.....	32
SLIKA 11: TESNILNE OBJEMKE	32
SLIKA 12: PRIKAZ SANACIJE.....	34
SLIKA 13: VRTANJE LUKENJ PRED SANACIJO BETONA	36
SLIKA 14: PRITRDITEV NEPOVRATNEGA VENTILA.	36
SLIKA 15: PRIKAZ INJEKTIRANJA.....	37

KAZALO TABEL

TABELA 1: NORMATIVNA PORABA ČASA ZA IZVEDBO HIDROIZOLACIJE PO SISTEMU XYPEX, BETONA IN ARMATURE.	38
TABELA 2: ČASOVNA IZVEDBA ZA IZVEDBO HIDROIZOLACIJE PO SISTEMU XYPEX, BETONA IN ARMATURE.	39
TABELA 3: NORMATIVNA PORABA ČASA IZVEDBE HIDROIZOLACIJE Z BITUMENSKIMI TRAKOVI ZA M ²	40
TABELA 4: ČASOVNA IZVEDBA HIDROIZOLACIJE Z BITUMENSKIMI TRAKOVI.....	40
TABELA 5: STROŠEK IZVEDBE HIDROIZOLACIJE Z DODATKOM XYPEX	41
TABELA 6: STROŠEK IZVEDBE Z BITUMENSKO HIDROIZOLACIJO.....	42

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

V gradbeništvu je kakovost hidroizolacije ključna za zagotavljanje trajnosti in varnosti objektov. Tradicionalno se za hidroizolacijo betonskih konstrukcij, kot so temelji in talne plošče, uporablja bitumenska hidroizolacija. Ta sistem je učinkovit, vendar ima nekatere omejitve, kot so težja izvedba, kratka življenjska doba in večja dovzetnost za mehanske poškodbe. Vprašanje, kako izboljšati talno ploščo in zagotoviti dolgoročno hidroizolacijo, postaja vse bolj relevantno.

Sodobne tehnologije, kot je sistem Xypex, ponujajo alternativo v obliki dodatka za beton, ki omogoča kristalizacijo v kapilarah in mikro razpokah betona. S tem beton postane hidroizolativen sam po sebi, kar lahko zmanjša potrebo po dodatnih slojih hidroizolacije. V tem kontekstu se postavlja vprašanje, zakaj zamenjati klasično bitumensko hidroizolacijo z dodatkom Xypex v betonu.

Z raziskavo je bilo analizirano, kako lahko zamenjava klasične hidroizolacije s sistemom Xypex izboljša učinkovitost talne plošče in prispeva k boljšim lastnostim temeljne plošče. Poleg tega je bilo z raziskavo preučeno, k čemu pripomore menjava talne plošče z osnovno temeljno ploščo, zlasti v smislu stabilnosti objekta in zaščite pred vlago.

Pri tem je pomembno upoštevati tudi možne rizike, povezane z menjavo hidroizolacijskega sistema. Med potencialnimi tveganji so nepopolna kristalizacija, možne težave pri izvedbi in vprašanje, ali nova rešitev resnično prinaša dolgotrajno izboljšavo v primerjavi s tradicionalnimi metodami. Namen diplomskega dela je odgovoriti na ta vprašanja in podati celovito oceno koristi in tveganj, povezanih s preходом na sistem Xypex in temeljno ploščo.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen tega diplomskega dela je preučiti in oceniti različne tehnologije hidroizolacij, ki se uporabljajo pri betonskih konstrukcijah, s posebnim poudarkom na temeljni plošči, ki bo nadomestila prvotno načrtovano talno ploščo. Raziskano je bilo, kako uporaba sistema Xypex, kot dodatka za beton v temeljni plošči, vpliva na hidroizolacijo ter kakšne so prednosti in slabosti tega pristopa v primerjavi s tradicionalnimi metodami, kot je bitumenska hidroizolacija.

Ključni cilj diplomskega dela je bilo ugotoviti, ali je sistem Xypex optimalna rešitev za hidroizolacijo temeljne plošče in ali ta zamenjava lahko prinese izboljšano zaščito in daljšo življenjsko dobo konstrukcije. Preučeno je bilo, kako zamenjava talne plošče s temeljnim sistemom vpliva na splošno stabilnost in hidroizolacijo objekta ter kako učinkovito lahko sistem Xypex preprečuje vdor vode in kemičnih snovi.

Osnovna trditev, ki je bila raziskana, je, da uporaba sistema Xypex v temeljni plošči ne le zagotavlja dolgoročno hidroizolacijo, temveč tudi poenostavlja proces izvedbe in zmanjšuje potrebo po kompleksnih postopkih vzdrževanja, kar bi bilo nujno pri klasični bitumenski hidroizolaciji. Poleg tega so bili preučeni postopki sanacije v primeru poškodb različnih hidroizolacijskih sistemov, kar je ključno za oceno njihove celotne učinkovitosti in zanesljivosti skozi čas.

1.3 Predpostavke in omejitve

Pri opravljanju diplomskega dela ni bilo večjih omejitev, saj je bila uspešno izvedena temeljna plošča, ki je bila na novo sprojektirana, pri tem pa je bil uporabljen sistem Xypex. Zaradi zaključene zamenjave imamo dostop do informacij o učinkovitosti in izvedbi sistema Xypex, kar omogoča celovito analizo njegovega delovanja v praksi. Kljub temu še vedno obstajajo omejitve, povezane z dolgoročnim spremljanjem učinkovitosti, saj bo ocena trajnosti sistema Xypex zahtevala nadaljnje spremljanje skozi čas.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Za obravnavo raziskovalnih vprašanj so bile uporabljene raziskovalne metode, ki izhajajo iz naših izkušenj na lastnem gradbišču. Analizirani so bili konkretni primeri, kjer je bila talna plošča zamenjana s temeljnimi ploščami, pri katerih je bil uporabljen sistem Xypex, kar nam omogoča zbiranje podatkov iz prve roke. Preučeno je bilo, kako dolgo so trajali posamezni postopki in kakšne so bile časovne zahteve pri uporabi sistema Xypex v primerjavi z drugimi metodami. Stroškovna analiza je bila osredotočena na primerjavo stroškov sistema Xypex z alternativnimi hidroizolacijskimi rešitvami, vključno z materialnimi in delovnimi stroški ter morebitnimi dodatnimi stroški. Izvedbena analiza je raziskala enostavnost vgradnje sistema Xypex in vpliv na kakovost končnega izdelka, pri čemer so bili upoštevani praktične izkušnje in podatki, zbrani med izvajanjem projekta.

2 DELO V PROJEKTNI SKUPINI

Pred začetkom izdelave diplomskega dela smo imeli vodeno srečanje v prostorih Academie, kjer smo vsi bodoči diplomanti opravili Belbinov test timskih vlog in Myers-Briggsov test osebnosti. Na podlagi rezultatov obeh testov smo se razdelili v projektne skupine, v katerih smo na kasnejših srečanjih skupinsko pripravljali diplomsko delo. Skupino so sestavljali trije člani: vodja projekta, vodja gradbišča in projektant. V skupini sem opravljal vlogo vodje gradbišča, saj so rezultati osebnostnih testov pokazali, da sem primeren za vlogo izvajalca in logika ter imam poglobljeno poznavanje projektne dela. Kot vodja gradbišča sem sodeloval pri vseh nalogah projekta.

Na prvem srečanju sem skupini predstavil temo svojega diplomskega dela. Seznanil sem jih, da želim narediti stroškovno primerjavo vgradnje dveh različnih hidroizolacij na talni plošči, na katerih smo izdelali konstrukcijo, vključno s tesarskimi in krovsko-kleparskimi deli. Prvi način hidroizolacije je klasična bitumenska hidroizolacija, drugi pa hidroizolacija Xypex, ki se dodaja v betonsko mešanico.

Na drugem srečanju smo v okviru naše projektne skupine izvedli raziskave, ki so temeljile na laboratorijskih preizkusih vsebnosti bitumenske hidroizolacije. Analizirali smo dva vzorca – prvi je bil beton s klasično hidroizolacijo, drugi pa je vseboval dodatek Xypex. To nam je omogočilo natančno analizo časovne izvedbe hidroizolacije in stroškovno oceno materiala ter izvedbe. Na podlagi pridobljenih rezultatov smo kasneje v skupini razpravljali o tem, katera rešitev je bolj primerna za investitorja in ali se finančno upravičuje izbira dražje hidroizolacije.

Skupina je delovala zelo uspešno in produktivno, kar je predvsem rezultat skrbno dodeljenih vlog, natančne koordinacije nalog in visokega nivoja medsebojne podpore. Vsi člani smo imeli jasno opredeljene odgovornosti, kar je omogočilo boljše timsko sodelovanje in usklajeno izvajanje vseh potrebnih faz dela. Večina članov skupine so bili izkušeni gradbeni strokovnjaki, ki so s svojim strokovnim znanjem in bogatimi praktičnimi izkušnjami prispevali k doseganju ključnih ciljev projekta. Njihova strokovnost in poznavanje specifičnih gradbenih postopkov sta pomembno prispevala k učinkovitemu izvajanju aktivnosti, kot so priprava dokumentacije, upravljanje tveganj in nadzor kakovosti izvedbenih procesov.

Skozi številne konstruktivne razprave in primerjalne analize možnih pristopov nam je z interdisciplinarnim pristopom uspelo iz množice inovativnih idej izbrati najučinkovitejšo rešitev, ki je bila hkrati ekonomsko in tehnično upravičena. Z uporabo optimiziranih gradbenih

tehnik nam je uspelo racionalizirati proces in doseči pomembne rezultate v časovnem okviru projekta.



Slika 1: Izvedba bitumenske hidroizolacije

Vir: (Fragmat Tim, d. o. o., 2025)

Pomembni podatki o vgradnji bitumenske hidroizolacije so naslednji: za pravilno vgradnjo bitumenskega hidroizolacijskega traku mora biti podlaga ravna, čista, trdna in suha. Na podlago se nanese impregnacijski premaz, po sušenju pa se lahko začne varjenje. Stike je treba prekrivati za 10 cm in jih natančno zavariti. Na vertikalnih površinah se trak v celoti prilepi, pri dvoslojni izvedbi pa se sloja polagata z zamikom in sta popolnoma zavarjena. Vgradnja s plinskim gorilnikom je preprosta, vendar zahtevata strokovno znanje in natančnost.

Medtem ko smo pri izvedbi bitumenske hidroizolacije prisotni na gradbišču, pri izvedbi hidroizolacije Xypex to ni potrebno. Postopek poteka že na betonarni, kjer strokovno usposobljeni delavci dozirajo dodatek Xypex neposredno v betonsko zmes.

Z vsemi novimi pridobljenimi informacijami smo lahko pripravili podroben predračun za investitorja, ki smo ga kasneje vključili v diplomsko delo kot pomemben del analize stroškov in finančne smiselnosti obeh hidroizolacijskih metod. Na podlagi končnega popisa del smo določili specifične postavke, ki so bile nujne za celovito primerjavo stroškov in procesov vgradnje klasične bitumenske hidroizolacije ter hidroizolacije z dodatkom Xypex.

Razlike v postavkah so bile precejšnje, saj se načina vgradnje in tehnologiji hidroizolacije bistveno razlikujeta. Medtem ko klasična bitumenska hidroizolacija vključuje sloje bitumenske membrane, ki jih je treba variti in skrbno prilagajati, hidroizolacija z dodatkom Xypex temelji

na vmešavanju dodatka v betonsko mešanico, kar vpliva na celoten proces betoniranja. S primerjavo postavk smo tako lahko natančno analizirali razliko v porabi materiala, stroških dela, časovni učinkovitosti in kompleksnosti obeh postopkov.

Poleg stroškov je bil pomemben dejavnik tudi čas izvedbe, saj je za investitorja hitrost gradnje ključnega pomena. Sistem Xypex se je izkazal kot časovno primernejši, saj odpravi potrebo po dodatnem slojevanju in varjenju membran. Ker je hidroizolacija z dodatkom Xypex vključena že v samo betoniranje, je vgradnja hitrejša in omogoča bolj zgoščen časovni načrt del. Ta časovna prednost sistema Xypex se je pri analizi pokazala kot velika prednost za investitorja, ki je iskal racionalno in hitro rešitev.

Na podlagi te analize smo tako identificirali ključne stroškovne in časovne dejavnike ter prepoznali, kako izbira hidroizolacijskega sistema vpliva na projektni proračun in časovni okvir izvedbe. S tem smo investitorju zagotovili jasen vpogled v dolgoročne koristi, prihranek časa in stroške posameznega pristopa, kar je bilo ključnega pomena za utemeljitev izbire optimalne rešitve v projektni dokumentaciji.

3 SPREMEMBA TALNE PLOŠČE V TEMELJNO PLOŠČO

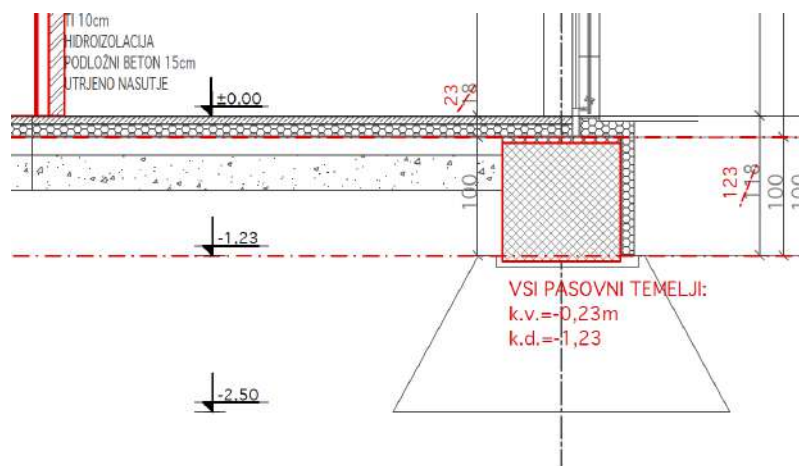
3.1 Predstavitev objekta

Predmet diplomskega dela je Dom upokojencev Moravče (v nadaljevanju DSO Moravče), ki se nahaja na Vegovi ulici 23, 1251 Moravče, v vzhodnem delu mesta. Objekt bo obsegal tri etaže: pritličje ter prvo in drugo nadstropje. Streha bo ravna z minimalnim naklonom, delno pohodna na pritličnem delu. V pritličju bodo upravni in gospodarski prostori, kuhinja, prostori za zdravstveno dejavnost ter dve bivalni enoti za osebe z demenco. V nadstropjih bodo bivalni prostori za institucionalno oskrbo, začasno varstvo in dnevni center. Dom bo imel 21 enoposteljnih sob, 25 dvoposteljnih sob, 9 enoposteljnih sob za kratkotrajno nastanitev ter oddelek dnevnega varstva za 8 oseb (Atrakcija, d. o. o., 2023).

3.2 Pasovni temelji in talna plošča

Na objektu DSO Moravče je bila po prvotnem dokumentu, imenovanem Projekt za izvedbo (v nadaljevanju PZI), planirana sestava tal v pritličju naslednja: 15 cm podbetona (slika 2), 1 cm hidroizolacije, 10 cm toplotne izolacije, sistemska plošča, 6,5 cm cementnega estriha ter PVC ali guma ali keramika. Ker je vodstvo gradbišča skrbelo, da bi prišlo kasneje do raznih razpok, in sicer zaradi samo 15 cm podbetona med pasovnimi temelji, je bil podan predlog za izvedbo temeljne plošče.

Temeljenje se izvede na pasovnih temeljih na tamponski blazini, katere dno naj sega v pesek z glino na okvirni globini 2,5 m obstoječega terena (370,50 m n. v.) Ker je na globini 1,2 m lahko podtalnica, naj se jo črpa iz gradbene jame. Tako bi morala biti tla suha in primerna za vgradnjo tamponske blazine po plasteh 20–30 cm. Pred začetkom vgradnje prve tamponske plasti je treba položiti ločilni geosintetik, ki bo preprečil prehajanje finih delcev. Če zaradi prevelikih dotokov vode ne bo možno znižati gladine podtalnice, se v vodi uporabi pusti beton. Po zadostni višini betona se lahko do končne globine temeljenja uporabi tamponska blazina. Zgoščenost na planumu mora dosegati vrednost $E_{vd} > 40 \text{ MPa}$ oz. $E_{v2} > 80 \text{ MPa}$.



Slika 2: Prikaz sestave tal

Vir: (Atrakcija, d. o. o., 2023)

Kot je razvidno na sliki 2, je bilo prvotno predvideno, da se najprej v celoti izvedejo pasovni temelji višine 100 cm, med katere bi se nato v plasteh dodalo in utrdilo nasutje do višine 85 cm. Po zaključku nasutja bi se med pasovne temelje vlilo 15 cm nearmiranega podbetona, ki bi služil kot osnova za nadaljnjo gradnjo. To je bil tudi eden izmed ključnih razlogov, da smo predlagali uporabo armirane talne plošče, saj ta konstrukcija omogoča večjo tlačno nosilnost in boljšo razporeditev obremenitev. Poleg tega nas je skrbelo, da bi prišlo do neželenega stika med podbetonom, stenami in nasutjem, čeprav bi bil stik med podbetonom in armiranobetonskimi stenami dodatno obdelan z bitumensko hidroizolacijo za boljšo zaščito pred vlago in drugimi vplivi.

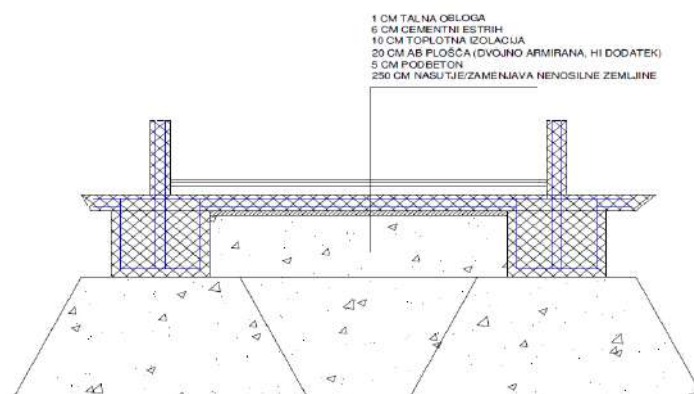
3.3 Tehnološka izvedba temeljne plošče

Po večtedenskem usklajevanju in pogajanjih z investitorjem smo končno prejeli potrditev za izvedbo temeljne plošče, kar je pomenilo, da so morali projektanti na novo zasnovati gradbene konstrukcije, posebej prilagojene za temeljno ploščo. Sprejeli so tudi naš predlog (slika 3). Med fazo projektiranja je prišlo do vprašanja, kako naj se temeljna plošča pravilno vgradi oz. na kateri višini se naj izvede, saj je bilo pomembno, da ne spreminjamo osnovnih višinskih kotov objekta. Ker nismo želeli posegati v obstoječe načrte in spreminjati višine objekta, je bilo treba najti rešitev, ki bi omogočala vgradnjo temeljne plošče na način, ki bi bil skladen z začetnim projektom, kjer je bil podbeton mišljen za vgradnjo med pasovne temelje. Na podlagi teh zahtev je gradbišče predlagalo, da se pasovni temelji zbetonirajo do višine 80 cm, kar bi omogočilo

trdno povezavo armature temeljne plošče z armaturo pasovnih temeljev, kar je ključno za stabilnost in trajnost konstrukcije.

Vendar pa smo se pri tem soočili z novimi izzivi pri zasipavanju prostora med temelji. Ker je iz pasovnih temeljev štrlela armatura, je to oteževalo sam postopek zasipavanja. Če bi pasovni temelji ostali po prvotnem načrtu projekta, bi lahko manjši bager enostavno prečkal pasovne temelje in izvedel nasutje brez večjih težav. Sedaj pa smo bili prisiljeni izvajati nasutje postopoma, hkrati z betonažami, saj bi bilo v nasprotnem primeru treba zvijati armaturo, da bi omogočili dostop bagru do prostorov med pasovnimi temelji, kar bi bilo zamudno in neučinkovito, ter se zaradi tega izognili zvijanju armature. Poleg teh težav smo prejeli tudi posebna navodila statika za pravilno izvedbo temeljne plošče. Navodila so zahtevala, da spodnja in zgornja armatura potekata neprekinjeno čez vse stike, in sicer z zadostnimi preklopi, kar je bilo nujno za zagotavljanje strukturne celovitosti plošče. Zaradi velike površine temeljne plošče, ki je obsegala kar 1600 m², je bilo predvidenih več delovnih stikov med posameznimi betonažami, sprva kar pet, vendar smo, da bi zmanjšali število teh stikov, izvedli samo enega. Vsak stik je moral biti brezhibno čist, premazan s posebnim polimernim premazom (emulzijo) in nikakor ni smel biti zaglajen. Proces čiščenja se je izvajal približno 24 ur po vsaki betonaži, pri čemer je bil uporabljen močan vodni curek, s katerim smo očistili armaturo nad zbetoniranim delom in zgornji sloj betonske površine, da smo odstranili cementno mleko in razkrili zrna agregata na stični ploskvi betona.

Zaradi spremembe temeljne plošče smo bili primorani spremeniti tudi višino nasutja, saj smo pod temeljno ploščo še mogli izvest 5 cm podbetona.



Slika 3: Skica predloga gradbišča za izvedbo temeljne plošče

Vir: (Lastni vir)

4 MENJAVA HIDROIZOLACIJE

Odločitev za menjavo bitumenske hidroizolacije z dodatki Xypex je temeljila na več ključnih dejavnikih. Bitumenska hidroizolacija je bila sicer preverjena metoda, vendar je imela svoje omejitve, zlasti v smislu dolgoročne odpornosti proti vodi in možnih poškodb med vgradnjo, glede na to, da je bilo v osnovi namesto temeljne plošče mišljenih 15 cm nearmiranega podbetona. Izvajalca je skrbelo, ali bo podbeton zdržal, ko bi se začela podpirati plošča nad pritličjem. Sistem Xypex, ki deluje kot dodatek v betonu, pa se integrira neposredno v 20 cm armirano betonsko ploščo in omogoča kristalizacijo, ki zapolni razpoke in pore. S tem se bistveno izboljšata trajnost in vodotesnost temeljev. Prav tako sistem Xypex ne zahteva dodatnih nanosov ali slojev, kar poenostavi proces vgradnje in zmanjša tveganje za napake med izvedbo.

4.1 Bitumenska hidroizolacija

Bitumenska hidroizolacija je ena najbolj razširjenih in uveljavljenih metod zaščite pred vdorom vode in vlage v gradbeništvu. Uporablja se predvsem na strehah, temeljih, podzemnih konstrukcijah, kleteh in drugih delih stavb, kjer je potrebna učinkovita zaščita pred vlago. Zaradi svoje zanesljivosti, vzdržljivosti in cenovne dostopnosti je priljubljena izbira za zaščito gradbenih konstrukcij. Široka uporaba bitumenske hidroizolacije v gradbeništvu kaže, da gre za učinkovit in stroškovno dostopen način hidroizolacije, primeren zlasti za temelje, strehe in druge ključne konstrukcijske elemente.

Kljub mnogim prednostim pa ima bitumenska hidroizolacija nekaj omejitev. Bitumen se pri visokih temperaturah lahko zmehča ali deformira, zato v ekstremnih temperaturnih pogojih potrebuje dodatno zaščito. Poleg tega je bitumen derivat nafte, kar pomeni, da ima določen okoljski vpliv, saj njegova proizvodnja in odlaganje obremenjujeta okolje. Kljub tem izzivom ostaja bitumenska hidroizolacija priljubljena zaradi široke uporabnosti in dokazane učinkovitosti v različnih gradbenih projektih.

V nadaljevanju so predstavljene ključne informacije o bitumenski hidroizolaciji.

4.1.1 Kaj je bitumenska hidroizolacija?

Bitumenska hidroizolacija je tehnologija, ki temelji na uporabi bitumna, pridobljenega iz nafte. Bitumen je viskozen, lepljiv in vodoodporen material, ki odlično deluje kot zaščita pred vodo. Bitumenski premazi in membrane se nanašajo na gradbene površine, kjer ščitijo pred vlago in preprečujejo prehajanje vode v notranjost konstrukcije.

4.1.2 Vrste bitumenskih hidroizolacij

Bitumenska hidroizolacija se običajno uporablja v dveh oblikah, in sicer kot:

- bitumenska membrana: gre za valjane membrane, ki jih na površino nanašamo z lepljenjem oz. varjenjem z vročim zrakom ali plamenom. Membrane so ojačane s steklenimi vlakni ali poliestrom, kar poveča njihovo trpežnost in odpornost proti pretrganju;
- bitumenski premaz: gre za tekoči bitumenski premaz, ki ga nanesemo s čopičem, valjčkom ali brizganjem. Po nanosu se strdi in ustvari vodoodporen sloj. Tekoči premazi so primerni za bolj zapletene površine ali za kraje, kjer se mora hidroizolacija prilagoditi nepravilnim oblikam.

4.1.3 Lastnosti bitumenskih hidroizolacij

Bitumenska hidroizolacija ima številne lastnosti, ki so ključne za njeno široko uporabo v gradbeništvu:

- vodoodpornost: bitumen je izjemno vodoodporen in ne prepušča vlage, kar zagotavlja zaščito pred vdorom vode v gradbene strukture;
- fleksibilnost pri nizkih temperaturah: bitumenska hidroizolacija ostane fleksibilna tudi pri nizkih temperaturah, kar omogoča njeno uporabo v različnih klimatskih pogojih;
- odpornost na UV-sevanje: nekatere bitumenske membrane imajo dodatno zaščito proti ultravijoličnim žarkom, kar podaljša njihovo življenjsko dobo na izpostavljenih površinah, kot so strehe;

- vzdržljivost in mehanska odpornost: zaradi dodatne ojačitve z vlakni je bitumenska hidroizolacija odporna na mehanske poškodbe in obrabo, kar jo naredi primerno za področja, kjer je hidroizolacija izpostavljena fizičnim obremenitvam.

4.1.4 Prednosti bitumenske hidroizolacije

Bitumenska hidroizolacija ima več prednosti, ki so jo uveljavile kot priljubljeno izbiro. To so:

- dolga življenjska doba: če je pravilno nameščena, lahko bitumenska hidroizolacija zdrži več desetletij, kar zmanjšuje potrebo po ponavljajočem vzdrževanju;
- ekonomičnost: bitumenske membrane so cenovno ugodne in imajo dobro razmerje med ceno in kakovostjo, kar jih naredi privlačne za številne gradbene projekte;
- široka uporabnost: bitumenska hidroizolacija je vsestranska in primerna za širok spekter površin in aplikacij, vključno s temelji, strehami, terasami in podzemnimi prostori;
- enostavna namestitev: bitumenske membrane so relativno enostavne za namestitev, čeprav je potrebna določena usposobljenost, še posebej pri varjenju.

4.1.5 Slabosti bitumenske hidroizolacije

Kljub številnim prednostim ima bitumenska hidroizolacija tudi nekaj slabosti:

- občutljivost na visoke temperature: bitumen se lahko zmehča ali deformira pri visokih temperaturah, zato ni vedno primeren za uporabo v izjemno vročih podnebjih brez dodatne zaščite;
- vnetljivost: pri namestitvi z vročim zrakom ali plamenom obstaja tveganje za vžig, zato je potrebna dodatna previdnost med delom;
- omejena elastičnost: bitumenska hidroizolacija ni vedno primerna za površine, ki se krčijo ali širijo, saj lahko razpoke v podlagi povzročijo poškodbe hidroizolacije;
- okoljski vpliv: bitumen je derivat nafte, zato ni okolju najbolj prijazen material, saj njegova proizvodnja in odlaganje prispevata k obremenitvam okolja.

4.1.6 Postopek namestitve bitumenske hidroizolacije

Namestitev bitumenske hidroizolacije vključuje več ključnih korakov, ki zagotavljajo njeno pravilno delovanje in dolgo življenjsko dobo. Postopek poteka v naslednjih fazah:

1. priprava površine: podlaga, na katero bomo namestili bitumenski hidroizolacijski trak (lahko je beton, malta, les, OSB ali kovina), mora biti ravna, trdna, čista, brez prahu, oljnih madežev in suha. Pripravljena površina je bistvena za dober oprijem hidroizolacije;
2. nanos osnovnega impregnacijskega premaza: na čisto površino nanese osnovni bitumenski premaz, ki izboljša oprijem hidroizolacijskega traku na podlago. Čas sušenja premaza je odvisen od vrste topila in zunanjih vremenskih pogojev ter lahko traja od ene do šest ur. Šele po popolnem sušenju premaza lahko začnemo z namestitvijo trakov;
3. nameščanje bitumenske membrane ali premaza: bitumenska membrana se običajno nanaša z varjenjem z vročim zrakom ali plamenom, pri čemer se hidroizolacijski trak s pomočjo plinskega gorilnika pritrdi na podlago. Pri nameščanju hidroizolacijskega traku je pomembno, da bočne in čelne stike prekrivamo za 10 cm ter jih natančno zvarimo, kar zagotavlja popolno vodotesnost. Pri vertikalnih hidroizolacijah poskrbimo, da je trak po celotni površini trdno navarjen na podlago za optimalno oprijemljivost. V primeru dvoslojne izvedbe se drugi sloj polaga v isti smeri kot prvi, vendar z zamikom spojev, da preprečimo prekrivanje ter zagotovimo homogeno in trajno dvoslojno hidroizolacijo;
4. tesnjenje spojev: vsi spoji med trakovi membrane morajo biti natančno zvarjeni ali zlepljeni, saj nezadostno tesnjeni spoji zmanjšajo vodotesnost in ogrozijo celovitost hidroizolacije;
5. preverjanje hidroizolacije: po zaključeni namestitvi je treba natančno preveriti, ali je hidroizolacija pravilno nameščena, ali so vsi spoji ustrezno zavarjeni in ali na površini ni poškodb, ki bi lahko vplivale na učinkovitost zaščite;

Vgradnja bitumenskega hidroizolacijskega traku s plinskim gorilnikom je razmeroma enostavna in mogoča v širokem razponu vremenskih pogojev. Vendar pa poleg tehnične veščine zahteva tudi poglobljeno poznavanje strokovnih metod in obvladovanje detajlov, kar je ključno za uspešno izvedbo projekta in zagotovitev kakovostne ter trajne hidroizolacijske zaščite.

4.1.7 Uporaba bitumenske hidroizolacije v gradbeništvu

Bitumenska hidroizolacija je primerna za različne vrste gradbenih projektov:

- strehe: bitumenske membrane se pogosto uporabljajo pri ravnih strehah, kjer zagotavljajo zaščito pred dežjem, snegom in drugimi vremenskimi vplivi,
- temelji in kleti: bitumenska hidroizolacija se uporablja na temeljih in v kletih, kjer preprečuje vdor podtalne vode in vlage v notranjost objekta,
- terase in balkoni: ker so bitumenske membrane vzdržljive in vodoodporne, so primerne tudi za terase in balkone,
- podzemni prostori: v podzemnih garažah, predorih in drugih podzemnih objektih se pogosto uporablja za preprečevanje vdora vode.

4.1.8 Izotekt V4 in Izotem V4

V tem projektu je bila prvotno predvidena hidroizolacija z uporabo bitumenskih trakov Izotekt V4 ali Izotem V4. Oba tipa se uporabljata za zaščito gradbenih konstrukcij pred vlago in vodo. Gre za bitumenske hidroizolacijske trakove, ki so posebej zasnovani za uporabo na temeljih, kletih in drugih podzemnih delih stavb, kjer je ključna zanesljiva zaščita pred talno vlago.

Izotekt V4 je bitumenski trak, izdelan iz kakovostne bitumenske mase, modificirane z dodatki plastomernih polimerov (APP), ki izboljšujejo njegovo odpornost proti visokim temperaturam, staranju in mehanskim obremenitvam. Ta trak je armiran s steklenim voalom, kar mu zagotavlja dodatno dimenzijsko stabilnost in trpežnost. Predvsem se uporablja pri enoslojnih ali dvoslojnih hidroizolacijah, kjer sta potrebni večja mehanska odpornost in odpornost na temperaturna nihanja.

Izotem V4 je prav tako bitumenski hidroizolacijski trak, ojačan s steklenim voalom in obložen z oksidiranim bitumnom. Primeren je za manj zahtevne enoslojne ali dvoslojne hidroizolacije vkopanih delov stavb, kot so temelji, in je odlična rešitev za projekte, kjer ni visokih temperaturnih obremenitev. Zaradi svoje sestave je cenovno dostopen in enostaven za namestitve, zaradi česar je pogosta izbira pri hidroizolacijah manjših gradenj.

Oba trakova, Izotekt V4 in Izotem V4, omogočata zanesljivo zaščito gradbenih konstrukcij pred vlago, pri čemer se Izotekt V4 pogosteje uporablja v zahtevnejših okoljskih pogojih, saj ponuja večjo odpornost in daljšo življenjsko dobo.

4.2 Dodatek Xypex

4.2.1 Kaj je dodatek Xypex?

Dodatek Xypex je sistem materialov, ki zagotavlja popolno vodotesnost betonskih konstrukcij. Ščiti jih pred vodo in drugimi tekočinami.

4.2.2 Dodatek Xypex Admix C-1000 NF

Dodatek Xypex Admix C-1000 NF se doda mešanici betona med doziranjem. Admix C-1000 NF vsebuje portlandski cement, zelo fin kremenčev pesek, rdeč oksidni pigment in številne aktivne lastniško zaščitene kemikalije. Te aktivne kemikalije reagirajo z vlago v svežem betonu in s stranskimi proizvodi, ki so nastali zaradi hidratacije cementa, ter povzročijo katalitsko reakcijo, ki v porah in kapilarnih traktih betona ustvari netopno kristalno strukturo. Beton je tako z vseh smeri trajno zaščiten pred vdorom vode ali tekočin. Beton je zaščiten tudi pred obrabo zaradi težkih okoljskih pogojev.

Dodatek Xypex Admix C-1000 NF je bil posebej oblikovan za zagotavljanje vodotesnosti in zaščite z edinstveno tehnologijo kristalizacije Xypex ter rdečega oksidnega pigmenta za jasno prepoznavanje betona, obdelanega z dodatkom Xypex Admix. Za pomoč pri določanju ustreznega odmerka in za podrobnejše informacije v zvezi s povečano kemično odpornostjo, optimalno zmogljivostjo betona (npr. čas vezave, tlačna trdnost) ali v zvezi z izpolnjevanjem posebnih zahtev in pogojev projekta so nam na razpolago ustrezna poglavja podatkovnega lista ali se posvetujemo z oddelkom za tehnične storitve podjetja Xypex (Sengost, d. o. o., n. d.).

4.2.3 Izjava o lastnostih dodatka Xypex Admix C-1000 NF



ADMIX C-1000 NF

IZJAVA O LASTNOSTIH

1. Vrsta proizvoda Edinstvena identifikacijska oznaka vrste izdelka:	Xypex Admix C-1000 NF
2. Vrsta , serija ali serijska številka ali drug element, ki omogoča identifikacijo gradbenega proizvoda, kot se zahteva v skladu s členom 11 (4):	Serijske številke so postavljene na posamezne pakete
3. Predvidena uporaba ali uporaba gradbenega izdelka v skladu z veljavno usklajeno tehnično specifikacijo, ki jo je zagotovil proizvajalec:	Hidroizolacija in zaščita betona, ki je izpostavljen hidrostatskemu tlaku
4. Ime , registrirano trgovsko ime ali registrirana blagovna znamka in kontaktni naslov proizvajalca, kot se zahteva v skladu s členom 11 (5):	Xypex CE s.r.o., Thákurova 7, 160 00 Praha 6, Češka Republika Proizvedeno po licenci tovarne XYPEX CHEMICAL CORPORATION, Richmond B.C., Kanada
5. Kontaktni naslov Ime in kontaktni naslov pooblaščenega zastopnika, katerega mandat zajema naloge iz člena 12 (2), če je to primerno:	SENGOST d.o.o. Cesta na Ostrožno 143 3000 Celje Slovenija
6. Sistem ali sistemi za opepjevanje in preverjanje stalnosti lastnosti gradbenih proizvodov, kot je določeno v Prilogi V:	2+
7. Evropska tehnična ocena	EN EAD 260026-00-0301 ETA 18/1129:2019
8. Organ za tehnično presojo (TAB)	DIBt (Deutsches Institut für Bautechnik)
9. Deklariranje lastnosti	Glej tabelo (naslednja stran)

Stran 1 od 2

Slika 4: Izjava o lastnostih dodatka Xypex Admix C-1000 NF (1. stran)

Vir: (Sengost, d. o. o., n. d.)

IZJAVA O LASTNOSTIH
V skladu z uredbo EU 305/2011
Xypex Admix C-1000 NF

Tabela 1

Pomembne karakteristike	Deklarirani učinek/učinki
Delež klor	$\leq 0,10\%$ po masi
Klor raztopljen v vodi	$< 0,10\%$ po masi
Delež lužnine	$< 8,50\%$ po masi
Korozisko obnašanje	$< 10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$
Delež zraka	Testna zmes $\leq 2\%$ od prostornine kontrolne zmesi
Tlačna trdnost	Testna zmes $\geq 85\%$ od kontrolne zmesi
Povečanje vodoodpornosti betona	Obdelani vzorec $<$ kontrola
Odpornost proti zmrzovanju in odtajanju	Ni zaznanih sprememb
Odpornost proti zmrzovanju in odmrzovanju z odmrzovalnim sredstvom	Ni zaznanih sprememb

Tabela 2

Dodatne karakteristike	Učinek	Metoda testiranja
Koeficient filtracije	$< 1 \times 10^{-12}$	CSN 72 1020:1990, SEN ISO/TS 17892-11
Aktivnost kristilizacije	Samoceljenje razpok do 0,4 mm	MP-L02/2015 LABBET Št 1687

10. Izjava

Zgoraj navedene točke so skladne z deklariranimi lastnostmi. Ta izjava o lastnostih je izdana s polno odgovornostjo proizvajalca po uredbi (EU) 305/2011.

Podpisano za in v imenu proizvajalca z dne 10.03.2022 od:

Jan Mandelík, direktor
Xypex CE s.r.o.
Thakurova 7
160 00 Praha
Češka republika



IX-III-MMXXIII

4.2.4 Kako dodatek Xypex zagotavlja neprepustnost?

Kristalizacijski materiali dodatka Xypex, ki zagotavljajo vodotesnost, so v obliki prahu, ki vsebuje portlandski cement, fino mlet silicijev pesek in vrsto aktivnih kemikalij, katerih natančna sestava in količina sta zaščiteni kot proizvodna skrivnost. Ta prah se pred uporabo zmeša z vodo, da nastane kašasta masa, ki se nato nanese na površino betona kot premaz ali sloj, lahko tudi s škropljenjem. Po nanosu na beton kemikalije v mešanici dodatka Xypex sprožijo katalitično reakcijo, ki vodi do nastanka netopljivih kristalov znotraj por in kapilar v betonu. To trajno zatesni beton ter preprečuje prehod vode in drugih tekočin v katerokoli smer. Pomembno je poudariti, da sama plast sistema Xypex nima tesnilne funkcije, vendar prenaša aktivne kemične snovi, ki omogočajo notranjo kristalizacijo v betonu.

4.2.5 Kakšna je neprepustnost po aplikaciji?

Raziskave, izvedene v enem od vodilnih neodvisnih raziskovalnih laboratorijev v ZDA, so pokazale, da dvoplastni nanos sistema Xypex Concentrate na 5 cm debel beton (2 000 PSI ali 13 790 kPa) popolnoma prepreči prehod vode pod pritiskom do 1 250 kPa (12,5 barov). Treba je opozoriti, da aparature niso zmogle povzročiti višjega pritiska. Podobne raziskave na IMS v Beogradu so potrdile neprepustnost betona B 15 do pritiska 10 barov, kar je bil najvišji pritisk, ki ga aparature lahko izmerijo.

4.2.6 Kakšna je trajnost zmesi Xypex?

Za razliko od mnogih drugih sistemov je učinek dodatka Xypex trajen. Kristalizacijske strukture, ki nastanejo z uporabo dodatka Xypex, so zaradi svoje edinstvene sestave izjemno obstojne in se v običajnih pogojih ne razgrajujejo.

4.2.7 Kako dodatek Xypex ščiti armaturo v betonskih konstrukcijah?

Agresivni vplivi kemikalij, kot so kloridi, sulfati, vodikov sulfid in ogljikov dioksid, na beton so odvisni od prisotnosti vode. Dodatek Xypex ne povečuje kemične odpornosti cementnega kamna, ampak zatesni kapilare in pore v betonu, kar preprečuje vdor vode in škodljivih

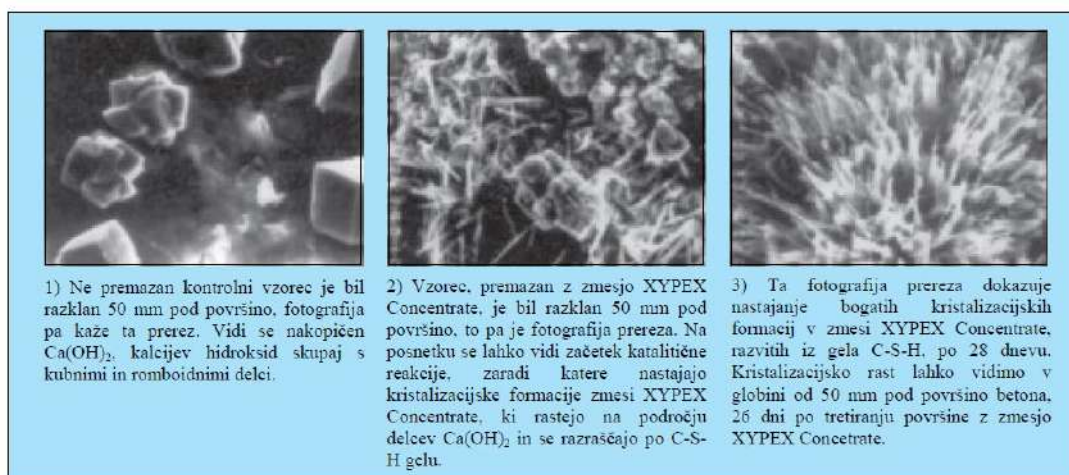
kemikalij. Če te raztopine vendarle prodrejo v beton, dodatek Xypex reagira z vodo v njih in nadaljuje s kristalizacijo, kar zapre poti za njihov nadaljnji prehod. Snovi, ki povzročajo korozijo, tako ostanejo ujete v tanki površinski plasti, debeli nekaj milimetrov, in se ne morejo premikati v notranjost. Zato beton, obdelan z dodatkom Xypex, ostane zaščiten pred korozijo armature, četudi so na njegovi površini prisotni kloridi.

4.2.8 Raziskave o neprepustnosti premaza Xypex za bencin

Raziskave so pokazale, da materiali Xypex uspešno preprečujejo prehod bencina, tudi pri pritisku 0,14 atm. Vzorec betona, obdelan s premazoma Xypex Concentrate in Xypex Modified, ni pokazal nobenih sledi prodora bencina niti po štirinajstih dneh, medtem ko je v neobdelanih vzorcih bencin začel prodirati že v obdobju od 4 ur in 50 minut do 5 ur in 20 minut po izpostavitvi.

4.2.9 Kako se material Xypex razlikuje od drugih kristalizacijskih materialov?

Materiali Xypex se uporabljajo že več kot 30 let v več kot 60 državah po svetu. Sistem je bil priznan celo s strani Japonskega inštituta za atomsko energijo, ki ga je priporočil zaradi popolne vodotesnosti in odpornosti v skladiščih z jedrskimi odpadki. Kristalizacijski postopek dodatka Xypex je edinstven in se ne more primerjati z drugimi materiali, ki se uporabljajo za kristalizacijsko tesnjenje. Neodvisni laboratorij na Japonskem Central Research Laboratory of Nikki Shoji je potrdil, da se kristali dodatka Xypex lahko razvijejo in prodrejo do 50 mm globoko v beton v 26 dneh.



Slika 6: Prikaz kristalizacije

Vir: (Sengost, d. o. o., n. d.)

4.2.10 Edinstvenost, kakovost in zanesljivost tehnologije

Material Xypex se ponaša z edinstveno obliko kristalov, ki merijo približno od 2 do 4 μ v debelino in okoli 20 μ v dolžino. To je v nasprotju z drugimi kristalizacijskimi tehnologijami, kjer kristali pogosto zavzamejo obliko romboida, z debelino med 15 in 25 μ ter dolžino med 30 in 40 μ . Jasno je, da večji kristali ne morejo prodreti globoko pod površino, zaradi česar so bolj izpostavljeni večjim pritiskom in agresivnim okoljskim vplivom. Poleg tega kristali dodatka Xypex, za razliko od drugih, niso občutljivi na ultravijolično sevanje. Prav tako ima dodatek Xypex še dodatno prednost pred ostalimi podobnimi produkti. Dodatek Xypex je testiran po Evropski tehnični oceni in EN EAD, kar pomeni, da je dejansko namenjen za vodotesne betone, vsi ostali podobni produkti pa so dodatki, ki delujejo kot gostilo, ki zmanjšuje kapilarno vpijajnje strnjenega betona. Podjetje Sengost nudi 10-letno garancijo, če je bila izvedba vgradnje betona skladna z njihovimi navodili.

4.2.11 Kako se material Xypex razlikuje od drugih izdelkov?

Sistem Xypex je edinstven, saj deluje kot katalizator, ki ustvarja optimalne pogoje, pri katerih izkorišča lastnosti samega betona. Kot rezultat tega procesa nastajajo netopljiva kristalizacijska vlakna, ki prodrejo skozi pore in kapilare betona. Ta kristalizacijska rast je izjemno odporna na visoke vodne pritiske iz vseh smeri ter na večino agresivnih kemikalij. Zaradi katalitične narave

tega procesa se rast kristalizacijskih vlaken nadaljuje še več let po prvi uporabi, kar omogoča, da se zamašijo morebitne razpoke ali okvare, ki se v betonu lahko pojavijo kasneje.

4.3 Dobre in slabe lastnosti materiala Xypex

4.3.1 Prednosti zmesi Xypex

Prednosti zmesi Xypex pred drugimi izolacijami so:

- ne potrebuje suhega okolja za aplikacijo; vlažnost je dejansko potrebna za rast kristalov;
- ne zahteva posebne površinske priprave betona pred aplikacijo (kot so izravnave);
- ne more se prebosti, razliti ali poškodovati;
- sanira razpoke do širine 0,4 mm;
- ni potrebna dodatna zaščita pred poškodbami pri zasipavanju zemlje okrog temelja;
- zahteva manj časa za aplikacijo v primerjavi z drugimi izolacijskimi premazi, kar pomeni tudi nižje investicije;
- aplikacija je lažja kot pri večini folij;
- uporabiti ga je mogoče na pozitivni in negativni strani vodnega pritiska, in sicer tako zunaj kot znotraj;
- preprečuje vdor škodljivih snovi, kot so voda, kloridi in žveplo, v beton, kar podaljšuje njegovo življenjsko dobo;
- pospešuje gradbeni proces, saj ga lahko apliciramo takoj po betonaži konstrukcije;
- je netoksičen in skupaj z betonom reciklabilen, kar zmanjšuje problematične odpadke ob rušenju.

4.3.2 Slabosti zmesi Xypex

Zmes Xypex je hidroizolacijski dodatek za beton, ki deluje na principu kristalizacije. Medtem ko ima številne prednosti, kot je globinska zaščita betona pred vodo in kemičnimi vplivi, pa obstajajo tudi nekatere pomanjkljivosti, ki jih je treba upoštevati pri njegovi uporabi. Nekatere slabe lastnosti dodatka Xypex so:

- da bi material Xypex deloval učinkovito, sta potrebna zelo natančno doziranje in enakomerna porazdelitev v betonu. Napačno mešanje lahko povzroči neenakomerno porazdelitev kristalov, kar zmanjša učinkovitost hidroizolacije;
- možnosti popravljanja so omejene. Če zmes Xypex ni pravilno nanescena ali vmešana, je popravilo hidroizolacijske zaščite zahtevno in drago, saj je dodatek že del betona in ga ni mogoče enostavno odstraniti ali popraviti kot površinske premaze;
- potrebna je visoka kvaliteta betona. Učinkovitost zmesi Xypex je močno odvisna od kakovosti betona, s katerim se uporablja. Beton mora biti mešan in vlit v optimalnih pogojih, da bi material Xypex lahko dosegel polni potencial. Slabo mešan ali preveč porozen beton lahko zmanjša učinkovitost kristalizacije;
- začetni stroški so visoki. Material Xypex je dražji v primerjavi z nekaterimi tradicionalnimi hidroizolacijskimi metodami, kar lahko poveča začetne stroške projekta. Čeprav lahko dolgotrajna zaščita zmanjšuje stroške vzdrževanja, je začetna investicija lahko višja;
- računati je treba na čas aktivacije delovanja. Proces kristalizacije se lahko začne šele ob prisotnosti vode, kar pomeni, da je začetna hidroizolacijska zaščita odvisna od tega, kdaj pride do stika z vodo. To lahko povzroči težave, če je hitra zaščita ključna.

4.4 IZVEDBA DODATKA XYPEX NA OBJEKTU DSO MORAVČE

Predvidena izvedba temeljne plošče je bila načrtovana v dveh fazah. V prvi fazi se izvedejo pasovni temelji do višine pod ploščo, v našem primeru do višine 75 cm. Po izvedenem zasipu med temelji se v drugi fazi izvede temeljna armiranobetonska plošča po celotni površini objekta.

Beton je nehomogen material z relativno nizko natezno trdnostjo. Zato se pogosto uporablja v kombinaciji z jekleno ojačitvijo, da lahko jeklo prenese natezne napetosti po razpokanju. Nosilnost in uporabnost armiranobetonskih konstrukcij sta močno odvisna od interakcije med armaturnimi palicami in okoliškim betonom. Sčasoma se lahko vez poslabša zaradi poslabšanja armature in/ali okoliškega betona. Ko se v območjih, ki obdajajo armaturne palice, razvijejo razpoke, je to prizadeto pri prenosu sile, kar lahko povzroči nižje zmogljivosti sidranja ali spremenjeno obnašanje vezi (Kartal, 2017).

Pri tem se uporabi beton C25/30-XC2, Dmax 16 z dodatkom Xypex Admix C-1000 NF, ki se dozira v suhem stanju v mešanico agregata brez cementa (na betonarni) ali se lahko doda v obliki predhodno pripravljene koloidne vodne raztopine ali v praktični embalaži posebnih vreč,

topnih v vodi. Tak beton omogoča samoceljenje razpok širine do 0,4 mm. Plošča se izvede v vodotesni izvedbi po sistemu bele kadi. Pred vsako betonažo je treba uskladiti izvedbo z betonarno in podjetjem Sengost, d. o. o., ki je strokovno usposobljeno za doziranje dodatka Xypex v beton. Med betoniranjem podjetje izvaja tudi nadzor pri sami betonaži temeljne plošče. Da se zagotovi vodotesnost bele kadi in ker je bila betonaža izvedena v dveh sklopih, je bilo treba na stikih uporabiti ustrezne tesnilne elemente. Delovni stiki v plošči se tesnijo s kovinskim elementom za opaževanje in tesnjenje stikov FORMAX 1000 C 150.

Kakovosten beton zahteva temeljito utrjevanje, da se zmanjša zajet zrak v mešanici. Pri manjših delih je mogoče utrjevanje izvesti ročno z nabijanjem in nabijanjem betona. Pri velikih delih se za utrjevanje betona uporabljajo vibratorji. Na voljo je več vrst vibratorjev, odvisno od uporabe. Notranji vibratorji so najpogostejša vrsta, ki se uporablja pri gradbenih projektih. Ti so sestavljeni iz ekscentrične uteži, ki je nameščena v zatiču. Utež se vrti z veliko hitrostjo, da povzroči vibracije. Konica vibratorja se počasi spušča v beton in skozi celotno plast prodre v spodnjo plast. Vibrator pustimo na mestu od 5 sekund do 2 minuti, odvisno od vrste vibratorja in konsistence betona. Delavec oceni čas vibracij. Prekomerne vibracije povzročijo segregacijo, saj lahko malta migrira na površino. Pri proizvodnji montažnega betona se uporablja več posebnih tipov vibratorjev. Sem spadajo zunanji vibratorji, vibrirajoče mize, površinski vibratorji, električni hanunerji in vibracijski valji (Michael S. Mamlouk, 2018).



Slika 7: Tesnilni element Formax 1000 C 150

Vir: (Lastni vir)

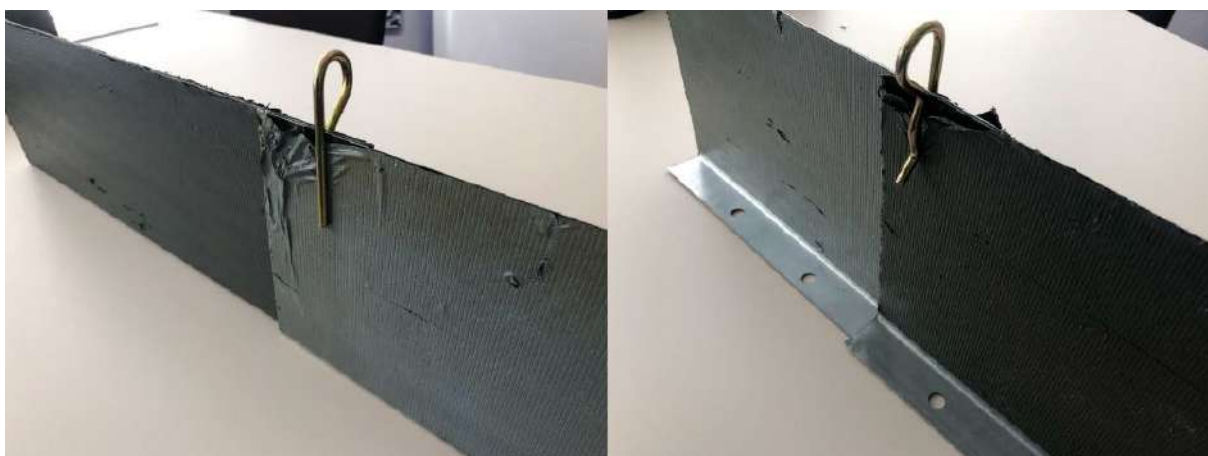
Formax 1000 C je zaporni in tesnilni element s plastjo bentonita. Primeren je za tesnjenje vodoravnih in vertikalnih gradbenih stikov ter delovnih stikov plošče. Element je samonosen do višine 300 mm, zato dodatna podpora ni potrebna. Nameščen je med zgornjo in spodnjo cono armature v plošči ali med armaturo v stenah s priključkom Bituflex na straneh.

Prav tako je bila potrebna uporaba tesnilnega elementa Bituflex. Je tesnilni element z lepilno plastjo bitumna in je primeren za delovne stike med ploščo in steno ter med stropom in steno. Element Bituflex smo vgradili v dvigalnem jašku, ki je bil od naše nule objekta poglobljen za 120 cm. Zato smo uporabili element Bituflex na stiku med ploščo dvigalnega jaške in stene.



Slika 8: Tesnilni element Bituflex

Vir: (Atrakcija, d. o. o., 2023)



Slika 9: Prikazan 10-centimetrski preklop stika elementa Bituflex

Vir: (Sengost, d. o. o., n. d.)

Zatesniti je bilo treba tudi inštalacijske cevi in kanalizacijske jaške, ki so bili vgrajeni v pritličju oz. so odprtine prehajale skozi temeljno ploščo. Za zatesnitev kanalizacijskih jaškov smo

uporabili tesnilni trak Redstop plus in U-ovitek, ki pomaga pri pritrditvi tesnilnega traku ter pri zatesnitvi inštalacijskih cevi tesnilne objemke.



Slika 10: Tesnilni trak Redstop z U-ovitkom

Vir: (Sengost, d. o. o., n. d.)



Slika 11: Tesnilne objemke

Vir: (Lastni vir)

5 SANACIJE

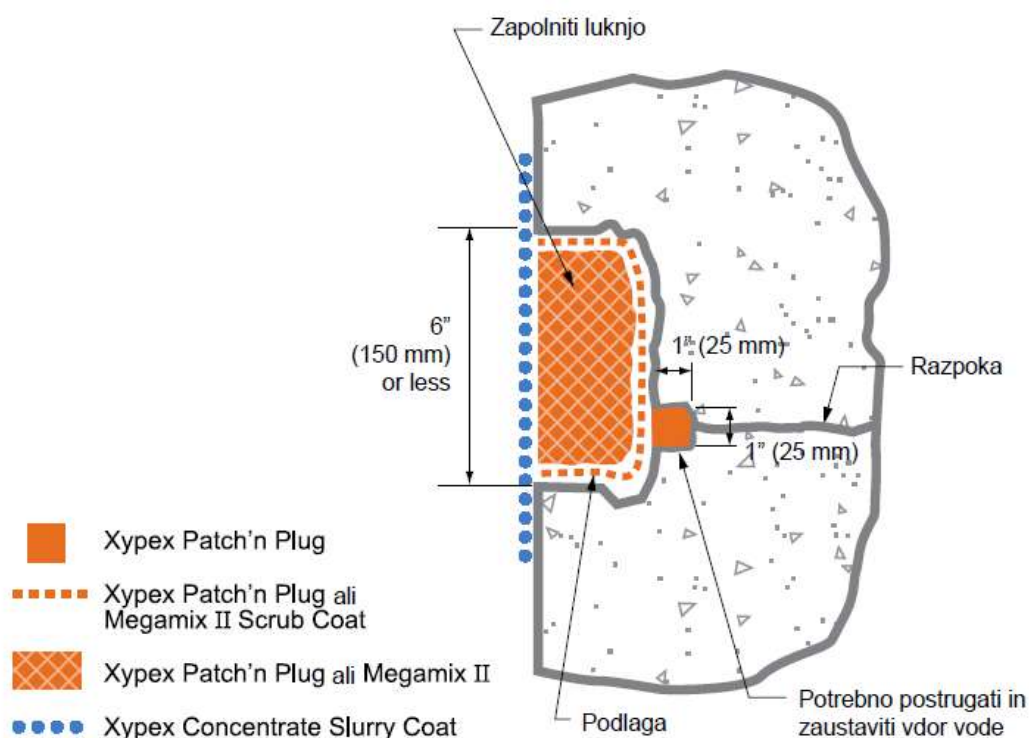
5.1 Dodatek Xypex Patch'n Plug (za večje razpoke)

Za popravilo poškodovanega betona, kamnitih žepov ali votlih mest lahko uporabimo dodatek Xypex Patch'n Plug.

Pomanjkljivosti betona, kot so votla mesta, kamniti žepi in druge poškodbe, so različnega obsega in oblik, zato je nemogoče s kratkim postopkom dela popraviti vse možne primere. V nadaljevanju je predstavljen splošen postopek za popravilo standardnih, manjših ali srednje velikih poškodb. Korake lahko prilagodimo za dolgotrajno in trdno popravilo betona.

Pri poškodbah s premerom 150 mm ali manj najprej odstranimo poškodovan, slabo konsolidiran ali delaminiran beton, dokler ne dosežemo zdravega sloja. Če odkrijemo zarjavele armaturne palice, odstranimo betonski sloj do zdravega materiala brez rje, očistimo vso rjo in izdolbemo okolico, da bo malta lahko popolnoma obdana okoli rebra. Pri aktivnih puščanjih na mestu ustvarimo votlino s premerom in globino približno 25 mm. Območje odstranitve oblikujemo v kvadratno obliko s čisto rezom, globokim vsaj 10 mm (po možnosti 19 mm), pri čemer pazimo na armaturo. Vse ohlapne materiale odstranimo s čiščenjem pod pritiskom 250–350 bar, območje pa nasičimo z vodo. Puščanja ustavimo z materialom Xypex Patch'n Plug. Nato nanesemo osnovni premaz iz popravne malte na notranjo površino poškodovanega dela. Ko je še vlažna, napolnimo celotno območje. Če je votlina globlja od 50 mm, polnimo v plasteh. Koncentrat Xypex nanesemo kot tankoslojni premaz ($0,8 \text{ kg/m}^2$) in območje vzdržujemo vlažno

z rednim pršenjem 2–3 dni. Pri poškodbah nad 150 mm uporabimo enak postopek, prilagodimo pa debelino nanosov in zaščito glede na velikost in obliko poškodbe (Sengost, d. o. o., n. d.).



Slika 12: Prikaz sanacije

Vir: (Sengost, d. o. o., n. d.)

5.2 Injektiranje (SIKA)

Injektiranje betona je specializiran postopek, ki se uporablja za sanacijo razpok, zapolnjevanje votlin in krepitev šibkih točk v betonskih konstrukcijah. Namenjen je obnovi in ojačitvi poškodovanega betona, ki je utrpel razpoke zaradi različnih dejavnikov, kot so prekomerne obremenitve, premiki tal ali drugi zunanji vplivi. S tem postopkom dosežemo povečano strukturno trdnost, vodotesnost in splošno stabilnost betonskega elementa, kar pripomore k podaljšanju življenjske dobe celotne konstrukcije.

Razpoke v betonu nastanejo zaradi različnih vrst obremenitev, bodisi notranjih napetosti bodisi zunanjih sil, kot je premikanje tal. Takšne poškodbe lahko ogrozijo celovitost betonske konstrukcije, saj omogočajo vdor vode, ki povzroča nadaljnje razširjanje poškodb in pospešeno korozijo armature. Da bi preprečili nadaljnje poškodbe in omogočili trajno zaščito, je treba

razpoke ne le zapolniti, temveč jih tudi temeljito zatesniti. To se doseže z injektiranjem materialov, ki so posebej zasnovani za obnovo betonskih površin.

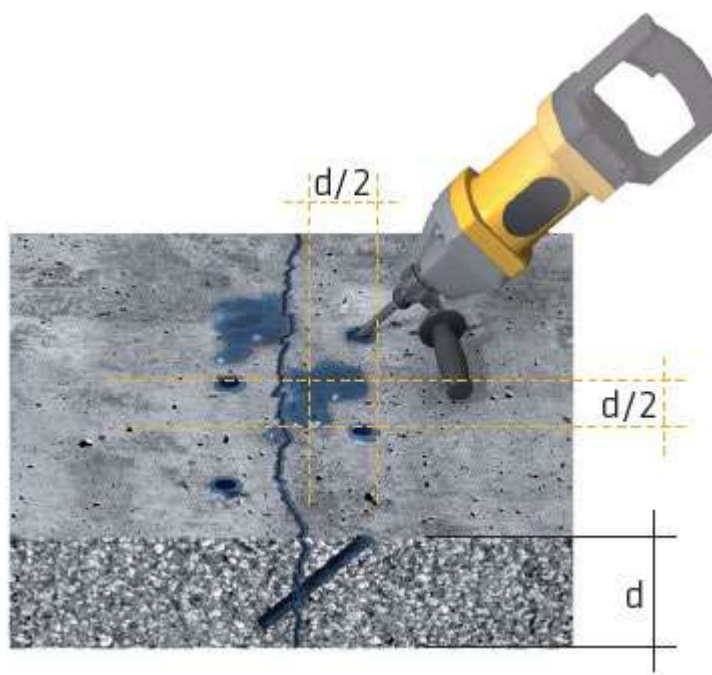
Postopek injektiranja vključuje vnos specializiranih materialov, kot so epoksi smole, poliuretanske smole ali cementne suspenzije, ki se vbrizgajo neposredno v razpoke ali votline v betonu. Ti materiali imajo različne lastnosti, ki omogočajo prilagoditev postopka glede na potrebe sanacije. Epoksi smole so denimo izjemno primerne za krepitev razpok, saj zagotavljajo visoko trdnost in trdno vezavo z betonom. So nizko viskozne, kar omogoča, da se popolnoma zapolnijo tudi najmanjše razpoke, kar pomaga obnoviti strukturno trdnost poškodovanega betona. Poliuretanske smole so primerne za zapiranje razpok, kjer prihaja do vdora vode, saj v stiku z vodo tvorijo peno, ki učinkovito zatesni razpoko. Cementne suspenzije pa se večinoma uporabljajo za zapolnjevanje večjih praznin in votlin ter tako dodatno stabilizirajo beton.

S pomočjo injektiranja ne dosežemo le funkcionalne sanacije razpok, temveč celovito zaščito pred nadaljnjim poslabšanjem betonske strukture. Injektiranje učinkovito preprečuje širjenje razpok in podaljša življenjsko dobo betonskega elementa, saj izboljša njegovo odpornost na vremenske vplive, kemikalije in vlago. Na ta način je možno preprečiti draga popravila v prihodnosti in zagotoviti varnost konstrukcije.

Ta postopek se pogosto izvaja na pomembnih infrastrukturnih objektih, kot so mostovi, jezovi, predori in stavbe, saj je stabilnost takšnih objektov ključnega pomena. Injektiranje betona je torej izjemno pomembna tehnika v gradbeništvu, saj omogoča, da ohranimo in zaščitimo betonske konstrukcije ter zagotovimo njihovo trajno vzdržljivost in varnost.

V našem primeru je bila za mikrorazpoke primerna Sika-52.

V betonsko podlago pod 45-stopinjskim kotom izvrtamo luknje za nastavek, kot je prikazano na spodnji sliki: $\varnothing$ izvrtane luknje = $\varnothing$ nastavka + 2 mm (Slika 13).



Slika 13: Vrtanje lukenj pred sanacijo betona

Vir: (Sika, d. o. o., n. d.)

Namestimo mehanske nastavke. Mehanske nastavke privijemo tako, da bodo vzdržala najvišji tlak injektiranja.



Slika 14: Pritrditev nepovratnega ventila

Vir: (Sika, d. o. o., n. d.)

Ko začne med postopkom injektiranja material iztekati iz drugega nastavka, nanj čim hitreje namestimo nepovratni ventil. Zaključimo z injektiranjem pri prvem nastavku in nadaljujemo pri drugem. Postopek ponovimo za vsak nastavek. Po potrebi, npr. po injektiranju raztezajočih poliuretanskih smol, moramo izvesti še sekundarni postopek injektiranja in zagotoviti, da je razpoka popolnoma napolnjena in zatesnjena s trajno elastičnim poliuretanskim materialom.



Slika 15: Prikaz injektiranja

Vir: (Sika, d. o. o., n. d.)

6 ČASOVNA IZVEDBA HIDROIZOLACIJ

6.1 Časovna izvedba hidroizolacije Xypex

Tabela 1: Normativna poraba časa za izvedbo hidroizolacije po sistemu Xypex, betona in armature

Št.	Opis [hidroizolacija Xypex]	Material		Delo	
		XYPEX [kg]	Čiščenje [m ¹]	KV [ur]	
1	Izvedba horizontalne in vertikalne hidroizolacije s sistemom XYPEX Admix C1000 Obračun po m ³	0,8		0,025	
2	Čiščenje stikov med fazami betonaže plošč Obračun po m ¹		1	0,02	
Št.	Opis [beton]	Material		Delo	
		BETON [m ³]	Letev [m ¹]	KV [ur]	
GNG 2.361	Strojno vgrajevanje betona s tlačenjem s pervibratorjem na električni pogon. Nearmirana konstrukcija (podbeton)	1,00		0,5	
GNG 2.361	Strojno vgrajevanje podbetona s tlačenjem s pervibratorjem na električni pogon. Nearmirana konstrukcija	1,03		1,00	
Št.	Opis [armature]	Material		Delo	Delo
		ARMATURA [kg]	ŽICA [kg]	KV [ur]	PK [ur]
GNG 2.212	Ročno rezanje, krivljenje in polaganje srednje komplicirane armature fi 4–12 mm	1030,00	3,50	35,00	35,00
GNG 2.215	Ročno rezanje, krivljenje in polaganje srednje komplicirane armature fi 14 mm in debelejšje	1050,00	4,00	12,00	12,00
GNG 2.251	Polaganje že izdelanih mrež za armiranobetonske plošče	1000,00	0,40	8,00	8,00

Vir: (GNG Gradbene norme, 1979)

Tabela 2: Časovna izvedba za izvedbo hidroizolacije po sistemu Xypex, betona in armature

Št.	Opis [hidroizolacija Xypex]	Enota mere	Količina [em]	Delo [ur/em]	SKUPAJ Delo × količina [ur]	Delež [%]
1	Izvedba horizontalne in vertikalne hidroizolacije s sistemom XYPEX Admix C1000 Obračun po m ³	m ³	311,06	0,025	7,78	0,54
2	Čiščenje stikov med fazami betonaže plošč Obračun po m ¹	m ¹	74,00	0,020	1,48	0,10
GNG 2.361	Strojno vgrajevanje betona s tlačanjem s pervibratorjem na električni pogon. Nearmirana konstrukcija (podbeton)	m ³	77,77	0,500	38,88	2,72
GNG 2.361	Vgradnja betona v armiranobetonsko konstrukcijo prereza od 0,12 do 0,20 m ³ /m ² , m ¹	m ³	311,06	0,500	155,53	10,90
GNG 2.212	Ročno rezanje, krivljenje in polaganje srednje komplicirane armature f _i 4–12 mm	kg	12.812,62	0,068	867,81	60,81
GNG 2.215	Ročno rezanje, krivljenje in polaganje srednje komplicirane armature f _i 14 mm in debelejše	kg	2002,26	0,023	45,59	3,19
GNG 2.251	Polaganje že izdelanih mrež za armiranobetonske plošče	kg	19.383,80	0,016	310,02	21,72
SKUPAJ					1.427,09	100

Vir: (GNG Gradbene norme, 1979)

Iz tabele 2 je razvidno, da porabimo za izvedbo armature 1.223,42 ur oz. 85,73 % časa, kar pomeni, da porabimo za armaturo največ časa. Vsa preostala dela opravimo v 203,67 urah oz. porabimo 14,27 % časa.

6.2 Časovna izvedba hidroizolacije z bitumenski trakovi

Tabela 3: Normativna poraba časa izvedbe hidroizolacije z bitumenskimi trakovi za m²

Št.	Opis [bitumenska hidroizolacija]	Material		Delo
		Beton [m ³]	lepenka [m ²]	KV [ur]
GNG 2.358	Izdelava in strojno vgrajevanje podložnega betona in zašite hidroizolacije; beton preseka 0,04–0,08 m ³ /m ² , m ¹ Obračun po m ³	1,00		3,4
SCT norme	Izdelava cementne prevleke kot podlaga hidroizolaciji Obračun po m ²			0,500
OZS	Izdelava horizontalne hidroizolacije v sestavi: hladni bitumenski premaz 1-krat in polaganje bitumenskih varilnih trakov 3-krat Obračun po m ²		1,10	0,690

Vir: (GNG Gradbene norme, 1979)

Vir: (Obrtna zbornice Slovenije, n. d.)

Tabela 4: Časovna izvedba hidroizolacije z bitumenskimi trakovi

Št.	Opis [bitumenska hidroizolacija]	Enota mere	Količina [em]	Delo [ur/em]	SKUPAJ Delo × količina [ur]	Delež [%]
1	Izdelava in strojno vgrajevanje podložnega betona in zašite hidroizolacije; beton preseka 0,04–0,08 m ³ /m ² , m ¹ Obračun po m ³	m ³	155,53	3,400	578,00	22,22
2	Izdelava cementne prevleke kot podlaga hidroizolaciji Obračun po m ²	m ²	1555,31	0,500	909,06	32,68
3	Izdelava horizontalne hidroizolacije v sestavi: hladni bitumenski premaz 1-krat ter polaganje bitumenskih varilnih trakov 3-krat Obračun po m ²	m ²	1555,31	0,690	1.254,50	45,10
SKUPAJ					2.379,62	100

Iz tabele 4 je razvidno, da porabimo za predpripravo površine za izvedbo hidroizolacije 1.306,46 ur oz. 54,9 % časa. Za izvedbo hidroizolacije pa porabimo 1.245,50 ur oz. 45,10 % časa.

7 STROŠEK IZVEDBE BITUMENSKE IZOLACIJE IN DODATKA XYPEX

7.1 Strošek izvedbe hidroizolacije z dodatkom Xypex

Tabela 5: Strošek izvedbe hidroizolacije z dodatkom Xypex

Št.	Opis [hidroizolacija Xypex]	Enota mere	Količina [em]	Cena na enoto [€]	Skupaj [€]	Delež [€]
1	Izvedba horizontalne in vertikalne hidroizolacije s sistemom XYPEX Admix C1000 Obračun po m ³	m ³	170,00	30,00	9.331,80	10,9
2	Čiščenje stikov med fazami betonaže plošč Obračun po m ¹	m ¹	74,00	1,00	7,4	0,09
GNG 2.361	Strojno vgrajevanje betona s tlačanjem s pervibratorjem na električni pogon. Nearmirana konstrukcija (podbeton)	m ³	77,77	106,00	8.243,14	9,63
GNG 2.361	Vgradnja betona v armiranobetonsko konstrukcijo prereza od 0,12 do 0,20 m ³ /m ² , m ¹	m ³	311,06	108,50	33.750,01	39,43
GNG 2.212	Ročno rezanje, krivljenje in polaganje srednje komplicirane armature fi 4–12 mm	kg	12.812,62	1,0	12.812,62	14,97
GNG 2.215	Ročno rezanje, krivljenje in polaganje srednje kompliciranje armature fi 14 mm in debelejše	kg	2002,26	1,0	2.002,26	2,34
GNG 2.251	Polaganje že izdelanih mrež za armiranobetonske plošče	kg	19.383,80	1,0	19.383,80	22,65
SKUPAJ					85.597,63	100

Vir: (GNG Gradbene norme, 1979)

Iz tabele 5 je razvidno, da sta največji strošek nabava in vgradnja armature, ki predstavlja kar 39,95 % stroška oz. 34.198,68 €.

7.2 Strošek izvedbe z bitumensko hidroizolacijo

Tabela 6: Strošek izvedbe z bitumensko hidroizolacijo

Št.	Opis [bitumenska hidroizolacija]	Enota mere	Količina [em]	Cena na enoto [€]	Skupaj [€]	Delež [%]
1	Izdelava in strojno vgrajevanje podložnega betona in zašite hidroizolacije; beton preseka 0,04–0,08 m ³ /m ² , m ¹ Obračun po m ³	m ³	155,53	106,00	16.486,18	35,81
2	Izdelava cementne prevleke kot podlaga hidroizolaciji Obračun po m ²	m ²	1555,31	5,00	7.776,55	16,89
3	Izdelava horizontalne hidroizolacije v sestavi: hladni bitumenski premaz 1-krat ter polaganje bitumenskih varilnih trakov Obračun po m ²	m ²	1555,31	14,00	21.774,34	47,30
SKUPAJ					46.037,07	100

Iz tabele 6 je razvidno, da sta največji strošek nabava in vgradnja bitumenske izolacija, ki predstavljata kar 47,30 % stroška oz. 21.774,34 €.

8 UMETNA INTELIGENCA IN NOVE TEHNOLOGIJE

Umetna inteligenca ima izjemen potencial za izboljšanje učinkovitosti, kakovosti in trajnosti gradbenih projektov, še posebej v kontekstu tehnologij, kot so hidroizolacija in spremembe talnih plošč. S kombiniranjem podatkovne analitike, strojnega učenja in naprednih simulacijskih tehnik lahko umetna inteligenca postane ključno orodje za podporo pri odločanju, optimizaciji stroškov, trajnostnem načrtovanju in obvladovanju tveganj. V nadaljevanju je podrobnejši pregled, kako lahko umetna inteligenca prispeva k temu diplomskemu delu, in sicer glede uporabe inovativnih hidroizolacijskih rešitev, kot je sistem Xypex, in vpliva sprememb tehnologij talne plošče.

8.1 Simulacija in modeliranje materialov ter metod

Ena ključnih prednosti umetne inteligence v gradbeništvu je zmožnost izvajanja obsežnih simulacij, ki omogočajo preverjanje učinkov različnih tehnologij in materialov še pred začetkom fizične izvedbe. V primeru hidroizolacijskih rešitev, kot sta sistem Xypex in bitumenska membrana, bi lahko umetna inteligenca izvajala simulacije, ki bi primerjale njihove zmogljivosti pod različnimi pogoji. Na primer: simulacije, ki bi prikazale, kako sistem Xypex reagira na nihanja vlage, ekstremne temperature in različne obremenitve, bi omogočile hitrejše in natančnejše ugotavljanje, katera metoda je učinkovitejša za določene pogoje.

Dodatno lahko umetna inteligenca napoveduje življenjsko dobo hidroizolacijskih materialov na podlagi preteklih podatkov in dejanskih primerov. Z analizo uporabe materiala Xypex v podobnih projektih lahko umetna inteligenca na podlagi zgodovinskih podatkov oceni njegovo odpornost na vremenske vplive, vlago, kemikalije in druge vplive iz okolja. S temi informacijami bi bilo mogoče učinkoviteje načrtovati, kakšno vzdrževanje bo potrebno, kar omogoča bolj premišljeno izbiro in izboljšanje trajnosti konstrukcije.

8.2 Analiza zgodovinskih podatkov

Umetna inteligenca ima izjemen potencial pri analizi velikih zbirk zgodovinskih podatkov, kar lahko pomaga prepoznati trende in najboljše prakse. S preučitvijo preteklih gradbenih projektov, kjer so bile uporabljene različne hidroizolacijske rešitve, lahko umetna inteligenca analizira uspešnost teh metod in tako identificira najboljše prakse. Na podlagi teh podatkov bi

diplomsko delo lahko vsebovalo praktične smernice, ki bi olajšale odločanje glede izbire tehnologije.

Poleg tega lahko umetna inteligenca preuči podatke o vzdržljivosti različnih metod in tako določi, kateri materiali in tehnologije omogočajo daljšo življenjsko dobo in boljšo zaščito pred vdorom vode. Na primer: umetna inteligenca bi lahko analizirala, koliko časa zdržijo različne vrste hidroizolacij brez potrebe po obnovi ali popravilu. Tako bi umetna inteligenca omogočila oceno vzdržljivosti materialov, ki prispevajo k zmanjšanju poškodb zaradi vlage in s tem povezanih stroškov vzdrževanja. Te informacije bi bile zelo uporabne za argumentacijo izbire materiala Xypex kot boljše dolgoročne rešitve.

8.3 Optimizacija stroškov in časovnega načrtovanja

Umetna inteligenca lahko prispeva k optimizaciji stroškov in časovnega načrtovanja v gradbenih projektih. S pomočjo podatkov o cenah materialov, delovnih urah in potrebnem vzdrževanju lahko umetna inteligenca modelira stroške projektov, kar omogoča primerjavo različnih rešitev z vidika stroškovne učinkovitosti. Na ta način je mogoče optimizirati projektni načrt, ki se prilagaja omejitvam proračuna, kar zmanjšuje nepotrebne stroške in omogoča bolj racionalno uporabo sredstev.

Na podlagi preteklih projektov, kjer so bile uporabljene hidroizolacije, kot je material Xypex, lahko umetna inteligenca napove tudi čas, potreben za izvedbo tovrstnih del, in s tem omogoča natančnejše načrtovanje. Tako bi bilo mogoče načrtovati projekt v fazah in zmanjšati tveganje za zamude ali zaplete, ki bi nastali zaradi napačnih predvidevanj.

8.4 Ocenjevanje vpliva na trajnost konstrukcije

Trajnost v gradbeništvu postaja vse pomembnejša, saj se vse več poudarka daje uporabi trajnostnih materialov in tehnologij. S pomočjo umetne inteligence je mogoče oceniti okoljski vpliv različnih hidroizolacijskih materialov, vključno z materialom Xypex. Ta analiza lahko prispeva k trajnostnemu načrtovanju, saj omogoča izbiro materialov, ki zmanjšujejo ogljični odtis in vpliv na okolje. Na primer: umetna inteligenca lahko oceni, ali je uporaba materiala Xypex bolj trajnostna v primerjavi z bitumenskimi membranami ter kako vpliva na porabo energije in življenjsko dobo konstrukcije.

Poleg tega lahko umetna inteligenca analizira trende degradacije različnih materialov, kar omogoča oceno dolgoročne stabilnosti konstrukcije, če bi izbrali sistem Xypex kot glavni

hidroizolacijski material. To pomaga pri izbiri tehnologije, ki je odporna na dejavnike iz okolja in s tem zmanjšuje potrebo po ponavljajočem vzdrževanju.

8.5 Podpora pri oblikovanju hipotez in analizi tveganj

Umetna inteligenca lahko na podlagi podatkov predlaga dodatne hipoteze ali opozori na možna tveganja, povezana z novo hidroizolacijsko metodo. V diplomskem delu bi lahko uporabil umetno inteligenco za prepoznavanje potencialnih tveganj, kot so nezadostna prilagodljivost materiala Xypex v določenih okoljih, ali pri morebitnih vprašanjih glede kompatibilnosti s posebnimi materiali. Poleg tega umetna inteligenca omogoča bolj natančno analizo tveganj in pripravo na morebitne težave pri dolgoročnem vzdrževanju ali izvedbi, kar zmanjšuje negotovost pri uporabi novih tehnologij hidroizolacije.

8.6 Ustvarjanje poročil in vizualizacij

Avtomatizacija poročil je še ena prednost uporabe umetne inteligence pri gradbenih projektih. Z njeno pomočjo je mogoče avtomatizirati pripravo poročil, ki povzemajo rezultate analiz primerjave različnih hidroizolacijskih rešitev, ocene stroškov in časovnih okvirjev izvedbe. To olajša dokumentiranje, saj lahko sistem umetne inteligence hitro in učinkovito pripravi vizualne prikaze, ki poudarijo ključne podatke, kar izboljša interpretacijo rezultatov.

Umetna inteligenca lahko s strojno podprtimi algoritmi vizualizira dolgoročne scenarije, ki prikazujejo, kako bi sistem Xypex deloval v primerjavi s klasičnimi materiali skozi čas. Tako lahko projektna ekipa hitro pregleda in oceni, katera rešitev ponuja največjo vrednost v določenem časovnem obdobju.

8.7 Povzetek

Umetna inteligenca ponuja številne prednosti za optimizacijo, analizo in odločanje pri gradbenih projektih. Z njeno uporabo je mogoče bolje utemeljiti prednosti uporabe materiala Xypex, predvsem v primerjavi z drugimi hidroizolacijskimi rešitvami. Prav tako omogoča vpogled v to, kako nova tehnologija vpliva na stroške, trajnost in vzdrževanje konstrukcij, kar pomembno prispeva k uspešni izvedbi in dolgoročnemu varstvu objekta.

9 HIPOTEZE

9.1 H1: Uporaba dodatka Xypex pospeši izvedbo hidroizolacije in gradnje v primerjavi s klasično hidroizolacijo (bitumenska hidroizolacija) za vsaj 90 %.

Na podlagi podatkov o delovnih urah za izvedbo obeh hidroizolacijskih sistemov je bilo ugotovljeno:

- bitumenska hidroizolacija: 2379,62 delovne ure,
- hidroizolacija Xypex: 1427,09 delovne ure,
- izračun prihranka delovnega časa: $(2379,62 - 1427,09) / 2379,62 \times 100 = 40,02 \%$.

To pomeni, da uporaba sistema Xypex zmanjša čas izvedbe hidroizolacije in pripadajočih del za približno 40,02 % v primerjavi z bitumensko hidroizolacijo.

Ker dejanska razlika v času izvedbe znaša 40,02 % in ne 90 %, hipoteza ni potrjena. Čeprav sistem Xypex omogoča hitrejšo izvedbo v primerjavi z bitumensko hidroizolacijo, prihranek časa ni tako velik, kot je bilo predvideno v hipotezi.

Vendar pa lahko na podlagi teh rezultatov zaključimo, da je sistem Xypex kljub temu učinkovitejša metoda hidroizolacije, saj omogoča znatno skrajšanje gradbenega procesa in zmanjšanje potrebnega delovnega časa.

9.2 H2: Dodatek Xypex predstavlja 20 % prihranka za investitorja

Na podlagi podatkov o strošku za izvedbo obeh hidroizolacijskih sistemov je bilo ugotovljeno:

- strošek hidroizolacije Xypex = 85.597,63 €,
- strošek bitumenske hidroizolacije = 46.037,07 €,
- izračun stroška: $(85.597,63 - 46.037,07) / 85.597,63 \times 100 = 46,20 \%$.

To pomeni, da je bitumenska hidroizolacija za 46,2 % cenejša od hidroizolacije Xypex in ne predstavlja 20 % prihranka za investitorja, temveč nasprotno: sistem Xypex je dražji za približno 46,2 %.

Ker je dejanski stroškovni prihranek negativen, hipoteza ni potrjena. Uporaba dodatka Xypex ne prinaša 20 % prihranka, temveč povečuje strošek hidroizolacije v primerjavi s klasično bitumensko hidroizolacijo.

Vendar pa je treba pri odločitvi upoštevati tudi druge dejavnike, kot so:

- daljša življenjska doba sistema Xypex, ki lahko zmanjša stroške vzdrževanja v prihodnosti,
- hitrejša izvedba, ki lahko posredno vpliva na prihranek pri stroških dela in pospeši zaključek gradnje,
- boljša trajnost in odpornost proti vlagi, kar lahko zmanjša možnost poškodb in dodatnih sanacij.

9.3 H3: Izvedba in možne sanacije sistema Xypex so lažje v primerjavi z bitumensko hidroizolacijo

9.3.1 Način sanacije hidroizolacije Xypex

Hidroizolacija Xypex temelji na kristalizacijski tehnologiji, ki omogoča, da beton postane samoceljen v primeru razpok do 0,4 mm.

Metode sanacije sistema Xypex so:

- premaz Xypex Concentrate: nanaša se na poškodovano površino in omogoča dodatno kristalizacijo, ki zapolni razpoke in prepreči vdor vode,
- material Xypex Patch'n Plug: uporablja se za takojšnje tesnjenje večjih poškodb in puščanj, hitro veže vlago in omogoča enostavno aplikacijo,
- injektiranje materialov Xypex: pri večjih razpokah se lahko uporabi specializirano injektiranje, kjer zmes Xypex prodre globoko v beton in zatesni problematična mesta.

Prednosti sistema Xypex so:

- ni potrebe po odstranjevanju stare hidroizolacije,
- možnost nanosa materialov Xypex na že obstoječo konstrukcijo,
- samoceljenje manjših razpok zmanjšuje potrebo po pogostih sanacijah,

- sanacija je hitrejša in zahteva manj delovnega časa.

Slabosti sistema Xypex so:

- pri večjih razpokah ($> 0,4$ mm) sta potrebna injektiranje ali dodatni nanos materiala Xypex.

9.3.2 Način sanacije bitumenske hidroizolacije

Sanacija bitumenske hidroizolacije je veliko bolj kompleksna, saj zahteva več postopkov in priprave. Postopek se izvede po naslednjih korakih:

1. odstranitev poškodovanega sloja: stari sloji bitumna je treba odstraniti, površino pa temeljito očistiti in posušiti;
2. nanos novega bitumenskega premaza: pred nanosom je potreben impregnacijski premaz, ki izboljša oprijem;
3. varjenje novih slojev: nova plast bitumenske membrane se varuje s plinskim gorilnikom, kar zahteva več časa, specializirano ekipo in optimalne vremenske pogoje;
4. tesnjenje spojev: spoji med staro in novo plastjo morajo biti natančno zavarjeni, saj je ravno tu največ možnosti za napake in puščanje.

Prednosti bitumenske hidroizolacije so:

- učinkovita zaščita, če je pravilno izvedena,
- primerna za zelo zahtevne pogoje (npr. podtalnico).

Slabosti bitumenske hidroizolacije so:

- odstranjevanje stare hidroizolacije je zamudno in drago,
- postopek zahteva suho vreme, saj vlaga poslabša oprijem,
- višji stroški dela zaradi večfazne sanacije,
- daljši čas sanacije v primerjavi s sistemom Xypex.

9.3.3 Ugotovitve

Na podlagi analize lahko hipotezo potrdimo, saj je sanacija hidroizolacije Xypex lažja, hitrejša in cenejša v primerjavi s sanacijo bitumenske hidroizolacije.

Sistem Xypex ne zahteva odstranitve starega sloja, saj deluje z dodajanjem aktivnih kristalizacijskih materialov.

Poraba delovnega časa je manjša, saj se sanacija pogosto izvaja brez večjih posegov v strukturo, bitumenska hidroizolacija pa zahteva več postopkov, specializirano delo in ugodne vremenske pogoje, kar povečuje stroške in čas izvedbe.

9.4 H4: Uporaba umetne inteligence za simulacijo in modeliranje različnih hidroizolacijskih scenarijev vodi k boljšim odločitvam glede izbire materialov in tehnologij

V sodobnem gradbeništvu igra umetna inteligenca ključno vlogo pri optimizaciji hidroizolacijskih sistemov, saj omogoča natančno simulacijo različnih scenarijev in analiziranje dolgoročnih vplivov različnih materialov in tehnologij. Tradicionalni pristopi k izbiri hidroizolacijskih rešitev so temeljili na izkušnjah in ročnih analizah, kar je bilo pogosto časovno potratno in omejeno na dostopne podatke. Uporaba umetne inteligence omogoča bistveno izboljšano napovedovanje učinkovitosti hidroizolacijskih sistemov, saj lahko obdeluje velike količine podatkov v realnem času, uporablja metode strojnega učenja in upošteva različne spremenljivke, kot so podnebni vplivi, kemijska sestava materialov in specifične zahteve gradbišča.

Z umetno inteligenco je mogoče modelirati odpornost hidroizolacijskih materialov proti vodi, mehanskim poškodbam in temperaturnim spremembam ter oceniti njihovo dolgoročno obstojnost. Prav tako lahko umetna inteligenca pomaga pri izbiri optimalnega sistema glede na specifične geografske razmere in zahteve gradbenega projekta. S pomočjo algoritmov strojnega učenja je mogoče napovedati življenjsko dobo hidroizolacije in identificirati morebitne šibke točke v konstrukciji, še preden pride do poškodb ali degradacije materialov.

Analiza kaže, da umetna inteligenca omogoča boljše in hitrejše odločitve pri izbiri hidroizolacijskih sistemov, saj zmanjšuje stroške materialov in časa izvedbe, povečuje natančnost napovedi učinkovitosti hidroizolacije ter optimizira celoten proces odločanja. Na

podlagi teh dejstev lahko hipotezo potrdimo, saj uporaba umetne inteligence v gradbeništvu izboljšuje kakovost hidroizolacijskih rešitev ter prinaša dolgoročne ekonomske in tehnološke prednosti.

10 SKLEP

V diplomskem delu sta preučeni učinkovitost in ekonomska upravičenost uporabe hidroizolacijskega sistema Xypex kot alternative tradicionalni bitumenski hidroizolaciji pri izvedbi temeljnih plošč. Raziskava se je osredotočila na ključne vidike, kot so čas izvedbe, stroški, trajnost in dolgoročno vzdrževanje, pri čemer je bila uporabljena primerjalna analiza obeh sistemov. Ključni cilji so bili preveriti, ali sistem Xypex omogoča hitrejšo izvedbo hidroizolacije, ali je stroškovno ugodnejši, kakšne so prednosti in slabosti njegove sanacije ter kakšno vlogo lahko pri izbiri materialov igra umetna inteligenca.

H1: Uporaba dodatka Xypex pospeši izvedbo hidroizolacije ter gradnje v primerjavi z klasično hidroizolacijo (bitumenska hidroizolacija) za vsaj 90 %. Hipoteza ni bila potrjena. Rezultati so pokazali, da dodatek Xypex resnično omogoča hitrejšo izvedbo, saj zmanjšuje število delovnih ur, potrebnih za hidroizolacijo, vendar znaša dejanski prihranek časa 40,02 %. Čeprav ta vrednost ne dosega predvidenih 90 %, je še vedno pomembna prednost, saj skrajšanje gradbenega procesa vpliva na optimizacijo časovnega načrta projekta in zmanjša potrebo po delovni sili. Krajši čas izvedbe pomeni tudi manjšo izpostavljenost vremenskim vplivom in hitrejši prehod v naslednje faze gradnje, kar lahko v celotnem projektnem procesu prinese dodatne koristi.

H2: Dodatek Xypex predstavlja 20 % prihranka za investitorja. Druga hipoteza, da dodatek Xypex predstavlja 20 % prihranka za investitorja, prav tako ni bila potrjena. Analiza stroškov je pokazala, da je bitumenska hidroizolacija dejansko za 46,2 % cenejša od hidroizolacije Xypex. Kljub temu pa je treba upoštevati dolgoročne finančne koristi, saj sistem Xypex omogoča večjo odpornost na vplive okolja, manjše potrebe po vzdrževanju in zmanjšanje stroškov sanacij v prihodnosti. Investitorji bi tako morali pri izbiri hidroizolacijskega sistema upoštevati ne samo začetne stroške, temveč tudi dolgoročne ekonomske učinke. Poleg tega je treba opozoriti, da lahko življenjska doba hidroizolacije Xypex preseže trajnost bitumenske hidroizolacije, kar pomeni, da lahko sčasoma stroški vzdrževanja in popravil znatno zmanjšajo razliko v začetnih stroških.

H3: Izvedba in možne sanacije sistema Xypex so lažje v primerjavi z bitumensko hidroizolacijo. Tretja hipoteza, da sta izvedba in sanacija hidroizolacije Xypex lažji v primerjavi z bitumensko hidroizolacijo, je bila potrjena. Sistem Xypex omogoča enostavnejše izvajanje sanacijskih del, saj ne zahteva odstranjevanja stare hidroizolacije in omogoča

samoceljenje manjših razpok v betonu. Nasprotno pa bitumenska hidroizolacija zahteva obsežnejše sanacijske postopke, vključno z odstranitvijo poškodovanih slojev, pripravo površine in varjenjem novih slojev membrane, kar pomeni višje stroške in daljši čas sanacije. Poleg tega sistem Xypex omogoča večjo fleksibilnost pri izvajanju del, saj ni omejen na suhe vremenske razmere, medtem ko bitumenski sistemi zahtevajo suho podlago in specifične pogoje za namestitvev. Takšne prednosti so še posebej pomembne pri objektih, ki so na območjih z visoko stopnjo vlage ali v neugodnih podnebni razmerah.

H4: Uporaba umetne inteligence za simulacijo in modeliranje različnih hidroizolacijskih scenarijev vodi k boljšim odločitvam glede izbire materialov in tehnologij. Četrta hipoteza je bila potrjena. Sodobne metode umetne inteligence omogočajo natančnejšo analizo različnih hidroizolacijskih rešitev, kar vodi k boljšemu odločanju pri projektiranju in optimizaciji stroškov. Algoritmi umetne inteligence lahko obdelujejo velike količine podatkov, kar omogoča predvidevanje dolgoročnih učinkov uporabe določenih materialov in zmanjšanje tveganj, povezanih z neustrezno izbiro hidroizolacijskega sistema. Ta pristop omogoča natančnejšo prilagoditev hidroizolacijskih materialov glede na specifične potrebe posameznega objekta, kar je še posebej pomembno pri kompleksnih gradbenih projektih, kjer je izbira ustrezne tehnologije ključna za uspeh.

Na podlagi izvedenih analiz in primerjalnih študij lahko zaključimo, da je hidroizolacija s sistemom Xypex učinkovita alternativa klasični bitumenski hidroizolaciji. Kljub višjim začetnim stroškom in manjšemu prihranku časa, kot je bilo prvotno predvideno, ponuja številne prednosti, kot so enostavnejša sanacija, boljša odpornost na vplive okolja in zmanjšanje potreb po vzdrževanju. Vpeljava umetne inteligence v proces načrtovanja in izbire hidroizolacijskih materialov dodatno izboljšuje učinkovitost in trajnost gradbenih projektov. Poleg tega lahko uporaba sodobnih hidroizolacijskih rešitev pozitivno vpliva na okoljsko trajnost gradbeništva, saj zmanjšuje potrebo po materialih, ki zahtevajo pogoste zamenjave in vzdrževalna dela.

Kar se tiče povečanja stroškov za investitorja, je bila zamenjava podložnega betona s talno ploščo samoumevna odločitev, saj se je izkazalo, da je armiranobetonska plošča za ta objekt bistveno primernejša rešitev. Ta sprememba je bila ključnega pomena za zagotavljanje kakovosti in dolgotrajnosti objekta, kar je prepoznala tudi strokovna ekipa, vključno s projektanti in investitorjem. Kljub višjim stroškom je bila odločitev utemeljena na tehničnih prednostih, ki jih ponuja armiranobetonska plošča v primerjavi s podložnim betonom.

Prav ta pristop je vplival tudi na izbiro hidroizolacijskega sistema, saj smo se odločili za sistem Xypex, ki je prinesel dodatne optimizacije pri stroških projekta. Menjava hidroizolacije je zmanjšala skupne stroške, saj je sistem Xypex odpravil potrebo po dodatnih hidroizolacijskih slojih in poenostavil postopek gradnje. Po mnenju vodstva gradbišča je bil sistem Xypex tudi tehnično primernejša hidroizolacijska rešitev, saj omogoča boljšo zaščito objekta pred vlago in podtalno vodo, hkrati pa poenostavlja proces vgradnje in zmanjšuje potrebo po kasnejšem vzdrževanju.

Končni sklep raziskave je, da uporaba naprednih hidroizolacijskih tehnologij, kot je sistem Xypex, omogoča izboljšanje kakovosti gradbenih objektov in prispeva k bolj trajnostnemu razvoju gradbeništva. Čeprav sistem Xypex ne izpolnjuje vseh postavljenih hipotez v celoti, ponuja pomembne prednosti, ki so lahko ključnega pomena pri načrtovanju in izvedbi gradbenih projektov. Zato je smiselno, da se investitorji in projektanti pri izbiri hidroizolacijskih sistemov ne osredotočajo zgolj na začetne stroške, temveč tudi na dolgoročne koristi, ki jih prinašajo inovativne tehnologije. Nadaljnje raziskave bi lahko preučile dolgoročne učinke uporabe sistema Xypex v različnih podnebnih razmerah in materialnih sestavah, kar bi omogočilo še bolj natančno oceno njegovih prednosti v praksi.

11 VIRI IN LITERATURA

Atrakcija, d. o. o. (2023). Atrakcija, arhitekturni biro. *Projektna dokumentacija za izvedbo gradnje Dso Moravče*.

Fragmat Tim, d. o. o. (2025). *Fragmat – Temelj zaščite*. Pridobljeno iz Fragmat: https://www.fragmat.eu/app/uploads/2024/07/IMG_20240229_140420-scaled.jpg.

GNG Gradbene norme. (1979).

Kartal, S. (2017). *Civil engineering materials*.

Michael S. Mamlouk, J. P. (2018). *Materials for civil and construction engineers*.

Obrtna zbornice Slovenije. (n. d.). Pridobljeno iz Obrtna zbornice Slovenije: www.ozs.si.

Sengost, d. o. o. (n. d.). *Xypex*. Pridobljeno iz Xypex: <https://www.xypex.si/sl/>.

Sengost, d. o. o. (n. d.). *Xypex*. Pridobljeno iz Xypex: <https://www.xypex.si/sl/izdelek/xypex-patch-n-plug-5kg-tesnilniki-in-negovalci>.

Sika, d. o. o. (n. d.). *Sika – Building trust*. Pridobljeno iz Sika: <https://svn.sika.com/>