

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

**SANACIJA BETONSKEGA TLAKA IN IZVEDBA
EPOKSI PROTIZDRSNEGA SISTEMA NA
PRIMERU ACB HRUŠICA**

Kandidat: Uroš Belšak

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: GRADBENIŠTVO

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

Mentor v podjetju: Dušan Babič

Lektorica: Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov.

Maribor, 2021

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Uroš Belšak sem avtor diplomskega dela z naslovom »Sanacija betonskega tlaka in izvedba epoksi protizdrsne sistema na primeru ACB Hrušica«, ki sem ga napisal pod mentorstvom Vladimirja Dragorajca, univ. dipl. inž. grad.

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 plagatorstvo – 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, julij 2021

Podpis študenta:

ZAHVALA

Za vso podporo, usmerjanje in pomoč pri pisanju diplomskega dela se zahvaljujem svojemu mentorju g. Vladimirju Dragorajcu, univ. dipl. inž. grad.

Posebna zahvala velja partnerki Doroteji in hčerki Eli, ki sta me ob pisanju diplomskega dela bodrili in mi nudili čustveno oporo.

Za podporo in pomoč se zahvaljujem tudi staršem, predvsem očetu, ki mi je med pisanjem diplomskega dela pomagal pri strokovnih vprašanjih in zbiranju materiala.

Na koncu se zahvaljujem še Višji strokovni šoli Academia za pridobljeno znanje in nudeno podporo med študijem.

POVZETEK

Protizdrsni sistemi tlakov so ena izmed posebnih vrst talnih oblog, ki so namenjene točno določeni potrebi uporabnika. Poleg kakovostne talne obloge je pomembna tudi izvedba ustrezne priprave podlage, ki zagotavlja ustrezen oprijem, nosilnost, abrazivno odpornost in zatesnjenost. Različni protizdrsni sistemi in nejasni normativi med uporabniki večkrat povzročajo zmedo. Ta se največkrat navezuje na samo grobost podlage in nujnost pripravljalnih del.

V diplomskem delu skladno z opisano problematiko poskušam predstaviti tlakarska dela kot panogo v sklopu zaključnih gradbenih del, ki zaradi svoje široke uporabnosti ponuja mnogo več, kot je poznano povprečnemu uporabniku. V prvem delu se tako posvečam talnim sistemom in njihovi osnovi – smolam. Epoksi, poliuretanske, metil metakrilatne ali poliestrske smole so temelj vsakega tlaka in na podlagi njihovih lastnosti in možnosti modifikacij se odločamo glede uporabnosti v določenem okolju. Na objektu se mnogokrat srečamo s problemom napačnega podajanja informacij. Uporabniki se v pričakovanju kakovostne talne obloge premalokrat zavedajo pomembnosti stanja betonske podlage. V diplomskem delu del pozornosti namenim sami pripravi podlage, izvedbi nujno potrebnih predhodnih sanacij in zaključkov, pozornost pa namenim tudi normiranim sistemom kontrole, s katerimi preverjamo kakovost opravljenih del. Pozornost tako namenim merjenju prisotnosti vlage v betonski konstrukciji in zraku, oprijemnem testu (angl. Pull off test) in različnim metodologijam merjenja protizdrsnosti. Kot predstavitev kakovostno izvedenega protizdrsnega sistema v nadaljevanju predstavim izvedbo protizdrsnega sistema na objektu DARS – ACB Hrušica, kjer je bil v garažah in delavnicah izveden epoksi protizdrsni sistem po sistemu Multilayer.

V osrednjem delu diplomskega dela predstavim različne sisteme protizdrsnih tlakov, zakonodajo in metodologijo meritev ter na podlagi angleške študije opravim primerjavo različnih protizdrsnih sistemov na suhi in mokri podlagi. Izsledki opravljene študije so pokazali, da je protizdrsni sistem s posipi kremenčevega peska še vedno najboljša rešitev v zahtevnih pogojih, kjer se izmenjujeta režima suhe in mokre podlage. Protizdrsni sistemi z uporabo aditivov, kosmičev ali modificiranih poliuretanskih premazov pa so se pokazali kot rešitev za protizdrsnost nezahtevne objekte, ki niso konstantno izpostavljeni prisotnosti vode ali nečistoč.

Ključne besede: protizdrsnost, sanacija, nihalo, epoksi, kremenčev pesek.

ABSTRACT

RESTORING OF CONCRETE FLOOR IN THE IMPLEMENTATION OF EPOXY ANTI-SLIP SYSTEM ON EXAMPLE OF ACB HRUŠICA

Anti-slip flooring systems are a special type of flooring, adapted to the exact needs of the user. Besides the quality of the flooring, the right preparation of the surface is important to ensure the right grip, load capacity, abrasive resistance and tightness. Different anti-slip systems and unclear norms often cause confusion regarding the roughness of the surface and the necessity of the preparation work.

In the diploma work I try to describe the flooring works regarding the mentioned problematic as a part of finishing construction works, which can offer a lot more than the average consumers are aware of. In the first part of the paper I discuss floor system and their basic materials – resins. Epoxy, PU, MMA or polyester resins are a base of every flooring. We choose the appropriate resin for a specific environment depending on their properties and possible modifications. In field work we are often faced with inaccurate presentation of information about the base surface. The users are often unaware how important the condition of concrete base is on the end result of the flooring. In the paper we emphasize the importance of the flooring preparation and the execution of the necessary remediation and finishes. We also discuss the standardized quality control systems which are used to assess the finished work: measurement of humidity in concrete and air, pull off test and different methodologies of anti-slip measurements. As an example of an accordingly implemented anti-slip system we present the work on a DARS – ABC Hrušica site, where the epoxy anti-slip system by the Multilayer system was applied.

Under the umbrella theme of the diploma work we discuss different systems of the anti-slip flooring, the legislation and methodology of the measurements. On the basis of an English study we compare different anti-slip system on dry and wet surface. The conclusions of mentioned study show that the anti-slip system with quartz sand coating is the best solution in cases where there are changes between wet and dry conditions. Anti-slip systems with the use of additives, flakes or modified PU coatings are a good solution for sites with less demanding conditions, which are not constantly exposed to water or impurities.

Key words: Anti-slip, remediation, pendulum, epoxy, quartz sand.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	6
1.1	OPIS PODROČJA IN OPREDELITEV PROBLEMA	6
1.2	NAMEN, CILJI IN OSNOVNE TRDITVE	6
1.3	PREDPOSTAVKE IN OMEJITVE	7
1.4	UPORABLJENE RAZISKOVALNE METODE	7
2	DELO V SKUPINI	8
3	SISTEMI TLAKOV	11
3.1	POLIMERNI TLAKI	11
3.1.1	<i>Epoksi tlaki</i>	11
3.1.2	<i>Poliuretanski tlaki</i>	13
3.1.3	<i>Metil metakrilatni tlaki (MMA)</i>	14
3.1.4	<i>Poliestrski tlaki</i>	15
3.2	IZVEDBA TLAKARSKIH DEL	16
3.2.1	<i>Priprava podlage</i>	16
3.2.2	<i>Sanacija dilatacij</i>	18
3.2.3	<i>Sanacija stika kanaleta–končni tlak</i>	19
3.2.4	<i>Sanacija razpok</i>	20
3.2.5	<i>Armiranje podlage</i>	21
3.2.6	<i>Sanacija poškodb v tlaku</i>	22
3.2.7	<i>Izvedba zaokrožnic</i>	22
3.2.8	<i>Izvedba epoksi končnega tlaka in uporabljeni materiali</i>	23
3.2.9	<i>Načini kontrole kakovosti izvedbe tlaka</i>	23
4	ACB HRUŠICA	32
4.1	OPIS OBJEKTA	33
4.2	OPIS PROBLEMA	34
4.3	PREDSTAVITEV PREDLAGANE REŠITVE KONČNEGA TLAKA	35
4.4	OPIS IZVEDBE DEL	36
4.4.1	<i>Izvedena pripravljalna dela</i>	37
4.4.2	<i>Izvedba izbranega protizdrsne sistema</i>	38
4.4.3	<i>Izsledki vmesnih postopkov kontrole izvedbe</i>	39
5	PRIMERJAVA RAZLIČNIH PROTIZDRSNIH SISTEMOV	41

5.1	ZAKONODAJA IN METODOLOGIJA MERITEV	41
5.2	SISTEMI PROTIZDRSNIH TLAKOV	42
5.2.1	<i>Protizdrsni sistemi s posipi</i>	43
5.2.2	<i>Protizdrsni sistemi z aditivi</i>	45
5.2.3	<i>Tiksotropirani ali strukturni sistemi</i>	46
5.2.4	<i>Hibridni sistem – PU-cement</i>	47
5.3	PRIMERJAVA PROTIZDRSNOSTI TESTIRANIH TALNIH SISTEMOV	48
5.3.1	<i>Testiranje vzorcev</i>	49
6	UGOTOVITVE	55
7	SKLEP	56
8	VIRI IN LITERATURA	58

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	ACB HRUŠICA – TLORIS OBJEKTA GARAŽE B (VIR: PROJEKT, D. O. O., 2020)	9
SLIKA 2:	ACB HRUŠICA – STANJE TLAKOV PRED SANACIJO (BELŠAK, 2020)	9
SLIKA 3:	ŠIVANJE RAZPOK (BELŠAK, 2020)	21
SLIKA 4:	GANN HYDROMETER E80 (BELŠAK, 2020)	25
SLIKA 5:	PULL OFF TESTER (GILSON COMPANY, BREZ DATUMA)	26
SLIKA 6:	NIHALO (SLIPTTEST)	28
SLIKA 7:	TEST S KLANČINO (SOTLER, 2019)	30
SLIKA 8:	ODSEK ACB HRUŠICA (DARS)	32
SLIKA 9:	POSTAVITEV OBJEKTOV ACB HRUŠICA (VIR: PROJEKT, D. O. O., 2020)	33
SLIKA 10:	KANALETA (BELŠAK, 2020)	38
SLIKA 11:	AGRETATI ZA IZVEDBO PROTIZDRSNOSTI (AGSCO, 2021)	45
SLIKA 12:	ADITIV ZA PROTIZDRSNOST (ANGLODIRECT, 2012)	46
SLIKA 13:	TIKSOTROPIRAN PREMAZ (RHINO FLOORING, 2021)	47
SLIKA 14:	PU-CEMENT (BIM OBJECT, 2018)	48

KAZALO TABEL

TABELA 1: KLASIFIKACIJA ZDRSNOSTI MERJENJA Z NIHALOM	28
TABELA 2: KLASIFIKACIJA MERITEV PROTIZDRSNOSTI NA RAMPI Z OBUVALOM	29
TABELA 3: KLASIFIKACIJA MERITEV PROTIZDRSNOSTI NA RAMPI Z BOSOM NOGO	29
TABELA 4: PRIMERJAVA MERITEV VLAŽNOSTI Z DVEMA RAZČLILNIMA APARATURAMA.....	39
TABELA 5: MERITVE PULL OFF TESTA	40
TABELA 6: TESTIRANJE VZORCEV S PREIZKUŠANJEM HRAPAVOSTI.....	49
TABELA 7: PRIKAZ NEVARNOSTI ZDRSA GLEDE NA DOLOČENE VREDNOSTI	50
TABELA 8: TESTIRANJE VZORCEV Z NIHALOM	52

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Tlakarska dela so ena izmed pomembnejših področij zaključnih gradbenih del. V panogi industrijskih tlakov, kjer deluje naše podjetje, se ukvarjamo predvsem s polimernimi tlaki, saj so slednji eni izmed najpogostejše uporabljenih materialov. V proizvodnjah se srečujemo z različnimi potrebami naročnikov, najpogostejše se slednje dotikajo skrajnih mej zmožnosti posameznih materialov. V želji zagotoviti najbolj optimalno talno oblogo smo tako v podjetju primorani spremljati nove smernice in razvoj v tehnologiji polimernih materialov. Pri raziskovanju največkrat naletimo na »zaprta vrata«, saj so proizvajalci informacije o posameznih materialih le redko v popolnosti pripravljeni deliti s posredniki in izvajalci. S strani proizvajalcev smo tako v večini deležni zgolj informacij komercialne narave, tehnoloških pa le v omejenem obsegu in pod nadzorom proizvajalčevih tehnologov. Zanimivo je tudi, da je področje polimernih talnih oblog, kljub veliki prodaji surovin in polimernih materialov, premalo zanimivo v znanstvenih krogih. Na svetovnem spletu je namreč zelo težko najti kakšno znanstveno delo, ki bi raziskovalo možnost modifikacije materiala posameznega talnega sistema. Z raziskovanjem posameznih tehnologij in talnih sistemov želim izboljšati znanje in morebiti pridobiti kakšne nove stike z dobavitelji materialov in strojev. V današnjem obdobju prostega dostopa do informacij je izjemnega pomena pridobiti ekskluzivni dostop do posameznih informacij, saj lahko to za določeno obdobje predstavlja konkurenčno prednost na področju na katerem deluješ. Kvalitetne informacije o posameznih tehnologijah so v panogi industrijskih tlakov izjemnega pomena, saj lahko predstavljajo razliko med uspehom in neuspehom. Nekvalitetno izveden tlaka namreč ne zagotavlja naslednjih naročil. Po mojem razmišljanju bi bilo potrebno ustvariti nekakšno komunikacijsko linijo od raziskovalcev, proizvajalcev materialov, posrednikov in vse do uporabnikov materialov oz. izvajalcev tlakarskih del in nazaj. Kvalitetna komunikacijska linija je edino zagotovilo uspešnih raziskav in posledično kvalitetnih materialov s katerimi bodo izvajalci lahko naročniku ponudili najbolj optimalno talno oblogo za njegovo namembnost

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Namen diplomskega dela je predstaviti čim več možnih tehnologij protizdrsni sistemov tlakov in njihovih izvedb na objektu. Poleg tega je namen najti najbolj optimalen protizdrski sistem

tlakov, ki bo pokrival čim širši spekter potreb naročnika. V praksi se v večini primerov pojavi težava pri izvedbi tlaka, saj večina protizdrsnih sistemov dosega protizdrsnost s posipi agregatov različnih granulacij. Izvedba tlakov po omenjeni tehnologiji predstavlja uporabniku težavo pri čiščenju, saj groba površina onemogoča natančno čiščenje. Zaradi omenjenega problema bo moja naloga v tem diplomskem delu proučiti nove in obstoječe tehnologije, ki bi uporabnikom posameznega sistema tlaka omogočile najbolj optimalno uporabo.

Hipoteze diplomskega dela so:

H1: Najboljši protizdrsn sistem je posip s kremenčevim peskom.

H2: Stik med kanaletom in zaključnim tlakom je nemogoče kakovostno sanirati.

H3: Pomanjkljivi pravilniki o protizdrsnosti so eden izmed glavnih razlogov spora med izvajalcem in naročnikom.

1.3 Predpostavke in omejitve

Predvidevam, da se bodo med zbiranjem podatkov in pisanjem diplomskega dela pojavile določene omejitve, ki se nanašajo predvsem na pomanjkanje strokovne literature s področja zaključnih tlakov. Obstoječa literatura v slovenskem jeziku je predvsem komercialne narave, medtem ko se v tuji strokovni literaturi pojavi problem različne standardizacije (v mojem primeru standardi OSHA in DIN). Zaradi pomanjkanja strokovne literature in posledično znanja se na objektih mnogokrat srečamo s pomanjkljivim opisom potrebne sanacije obstoječe betonske podlage in protizdrsnosti, saj večina projektantov ne navede natančnih informacij za posamezen objekt, ki zadevajo stanje podlage in zahtevani razred protizdrsnosti, uporabnik pa želi nek optimalen tlak, ki mu bo omogočal varnost in hkrati uporabnost (lažje čiščenje, manjši stroški pri zamenjavi zaščitne obutve in koles na viličarjih). Poleg pomanjkljive strokovne literature pričakujem omejitve tudi zaradi poslovnih skrivnosti, ki lahko botrujejo omejenemu pridobivanju podatkov s področja modifikacije materialov določenih proizvajalcev (dodatki za protizdrsnost, mešalno razmerje ipd.)

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri raziskovanju izbrane teme za diplomsko delo bom uporabil metodo primerjave različnih tehnologij sanacije betonske podlage in protizdrsnih sistemov tlakov. Na podlagi pridobljenih podatkov bom ugotovitve z metodo opisovanja vključil v diplomsko delo.

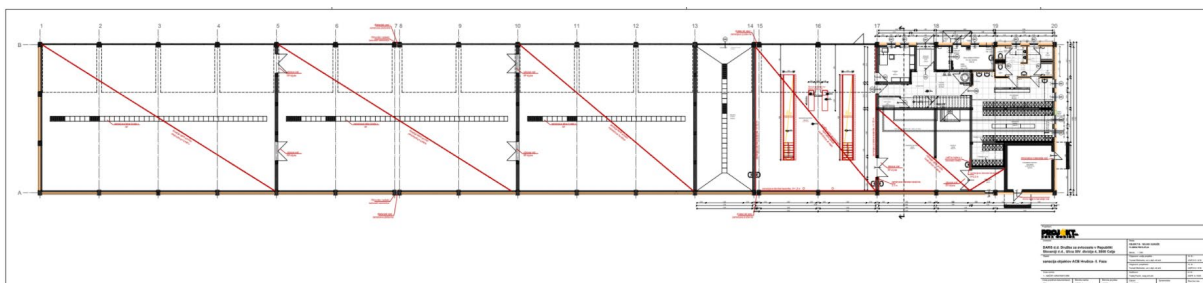
2 DELO V SKUPINI

Prihodnji diplomanti višje šole Academia smo se pred začetkom pisanja diplomskega dela udeležili pripravljalnih srečanj, ki so bila organizirana s strani šole in katerih namen je pridobiti vse informacije glede izdelave diplomskega dela. V okviru teh srečanj smo rešili tudi dva testa, in sicer Belbinov test tima in Myers-Briggsov test osebnosti, na osnovi katerih smo dobili vlogo v našem delu. Kot zapisano, smo se na osnovi rešenih testov razdelili v projektne skupine, v katerih smo kasneje na skupnih srečanjih reševali probleme tem naših diplomskih del. Naša projektna skupina je bila sestavljena iz tehnologa/vodje del, kalkulanta in komercialista. V naši projektni skupini sem opravljal vlogo tehnologa/vodje del, saj so rezultati rešenih testov pokazali mojo usmerjenost k ustvarjanju novih izdelkov, načrtovanju in hkrati previdnosti. Moja vloga v timu je tako bila iskanje tehnoloških rešitev in nadzorovanje njihove izpeljave v praksi.

Na uvodnem srečanju s člani naše projektne skupine sem vsem članom predstavil problem neustreznih tlakov na objektu ACB Hrušica in jim glede na zahteve naročnika in tehnološke možnosti podal osnovne smernice poteka razvoja izvedbe projekta. Težava investitorja DARS, d. d., je bila, da se je na svoji avtocestni bazi Hrušica v objektih garaž soočal z neustreznimi tlaki, ki niso ustrezali varnostnim in okoljskim zahtevam. Zaradi prisotnosti soli, motornega olja in ostalih agresivnih snovi obstoječi betonski tlaki niso zagotavljali ustrezne protizdrsnosti in nevpojnosti.

Članom projektne skupine sem tako predložil nekaj tehnoloških rešitev, ki so predvidele različne vrste materialov, posipov in kitov za zatesnitev stikov in dilatacij. Ker epoksi smole za splošno uporabo niso odporne na višje koncentracije agresivnih snovi, je bilo treba razmisliti tudi o modificiranih epoksi materialih, ki bi zajeli čim širši spekter uporabe. Z ostalimi člani skupine smo tako navezali stike z najvidnejšimi evropskimi dobavitelji epoksi materialov, se pogovorili z njihovimi tehnologi, ki so nam predstavili možnosti modifikacije določenih epoksi smol, in podali smernice vgradnje in vzdrževanja končnega tlaka. Pri znanem dobavitelju tesnilnih mas smo proučevali možnost uporabe poliuretana (PU) ali alkidnih tesnilnih mas, saj je zaradi prisotnosti agresivnih snovi tudi stike treba zatesniti z ustrezno tesnilno maso. Po razrešitvi tehnoloških vprašanj smo s strani dobaviteljev pridobili ustrezne cenike in čas dobave materiala. Ker se dobavitelji materialov nahajajo na Švedskem in v Nemčiji, je bilo treba organizirati ustrezen prevoz, saj evropski sporazum za prevoz nevarnih snovi od voznikov zahteva poseben certifikat ADR.

Na osnovi pridobljenih informacij s strani tehnologov dobaviteljev materiala in pogovora z glavnim izvajalcem gradbenih del in investitorjem smo se odločili za sistem tlakov, ki uporabniku v celoti omogoča zadovoljitev okoljskih in varnostnih standardov. Izbrani sistem epoksi samorazlivni tlak z izvedbo vmesnih posipov kremenčevega peska uporabniku tako omogoča ustrezno protizdrsnost, nevpojnost motornih olj in ostalih snovi. Z upoštevanjem vseh tehnoloških izzivov, stroškovne analize in časovne komponente smo naročniku del izdelali zavezujočo ponudbo, ki je vključena v diplomsko delo v četrtem poglavju. Po pogovoru z naročnikom del in ostalimi deležniki tega projekta smo za izvedbo tlakarskih del izdelali terminski plan z gantogramom, v katerem smo upoštevali potrebno delovno silo za izvedbo posamezne faze del in porabljen čas.



Slika 1: ACB HRUŠICA: tloris objekta B – garaže

Vir: PROJEKT, d. o. o., 2020



Slika 2: ACB Hrušica – stanje tlakov pred sanacijo

Vir: (lastni vir, 2020)

Delo v naši projektni skupini lahko označim kot uspešno. Da določen projekt zaključiš uspešno, potrebuješ sposobne in ciljno usmerjene posameznike, ki so sposobni timskega dela in lačni uspeha. Naša projektna skupina je praktični primer uspešnega delovanja take skupine. Pred izvedbo projekta smo jasno zastavili vloge vsakega posameznika v timu, na rednih srečanjih smo uskladili naša razmišljanja in sproti reševali nastale probleme. Projekti, ki od posameznikov zahtevajo širok nabor znanja, spretnosti in ogromno medsebojne komunikacije, so jasen pokazatelj nujnosti sodelovanja posameznikov različnih znanj in sposobnosti, katerim sta skupni želja po dokazovanju ter sposobnost jasne in odkrite komunikacije. Uspešno delo naše projektne skupine je najbolj vidno v osrednji temi mojega diplomskega dela, kjer predstavim rešitev sanacije tlakov na objektu DARS, d. d. – ACB Hrušica.

3 SISTEMI TLAKOV

3.1 Polimerni tlaki

Polimerni talni sistemi že od svojega začetka predstavljajo enega izmed najzanesljivejših sistemov za zaščito tal. Polimeri nam dajejo možnost različnih modifikacij, kar pomeni prilagoditev sistema točno za določen namen. Z različnimi modifikacijami tako lahko ustvarimo polimer, ki nam zagotavlja različne stopnje kemijske in mikrobne odpornosti ter tudi odpornost na vlago. Pred izbiro polimernega talnega sistema je tako nujno treba poznati namembnost objekta, izpostavljenost medijem in njihovo koncentracijo, prisotnost hidroizolacije ipd. Le na tak način namreč lahko izberemo sistem, ki bo nudil najbolj optimalno rešitev. Med polimerne talne sisteme tako štejemo različne materiale, ki s svojimi lastnostmi in širino uporabe ponujajo različne tehnične rešitve. V nadaljevanju predstavljam nekaj teh sistemov:

- epoksi sistemi – najbolj razširjeni talni sistemi,
- PU-sistemi – mehansko odporen in izjemno prilagodljiv talni sistem,
- metil metakrilatni (MMA) sistemi – hitro sušeci in izjemno odporni talni sistemi,
- poliestrski in vinilestrski sistemi – sistemi za izjemno zahtevna okolja (visoka kemična odpornost).

V zadnjih dvajsetih letih se je na tržišču pojavil nov talni sistem, in sicer poliaspartični sistem. Ta je najbolj poznan pod komercialnim imenom Polyurhea. Gre za izjemno prilagodljiv material, saj ima zelo širok temperaturni razpon uporabe in vgradnje, odporen je proti vlažnemu okolju ter ima kemično odpornost in fleksibilnost.

3.1.1 Epoksi tlaki

Epoksi tlaki so iz sintetičnih smol sestavljeni talni sistemi, katerih namembnost je zaščita obstoječe betonske podlage in tudi dopolnitev estetike v prostoru. Epoksi talni sistemi so lahko sestavljeni iz več plasti termoreaktivnih smol, ki se na osnovno betonsko podlago aplicirajo kot malte, premazi ali samorazlivni sistemi. Ko se reakcija v tlaku zaključi, talni sistem predstavlja trdno in trajno vez med podlago in končnim tlakom, ki deluje kot neprepustna in estetska zaščita betonske podlage. Zaradi odličnih tehničnih karakteristik materiala je epoksi sistem najbolj

razširjen talni sistem na osnovi sintetičnih smol. Možnost modifikacije epoksi smol daje talnim sistemom možnost različne namembnosti, širok spekter barv, stilov in učinkov pa uporabo v prostorih, kjer uporabnost ni na prvem mestu. Večina proizvajalcev tako ponuja ločeno epoksi sisteme za industrijske objekte in komercialne sisteme tlakov. Pri epoksi sistemih, ki so namenjeni za industrijske objekte, je v prvi vrsti uporabnost sistema. V industrijskih objektih se namreč srečujemo z določenimi problemi, ki se od panoge do panoge razlikujejo. V to skupino tako lahko štejemo ESD-sisteme, kislinoodporne sisteme, protizdrsne sisteme, termično odporne sisteme, mehansko odporne sisteme ipd. Vsak izmed naštetih sistemov ima določene prednosti in tudi slabosti, zato je pri projektiranju tlakov treba točno poznati namembnost objekta in tehnične zahteve posamezne panoge. Komercialni epoksi talni sistemi so namenjeni komercialnim objektom, kot so trgovine, trgovski centri, saloni ipd., kjer poleg namembnosti sistema vidno vlogo igra tudi estetika. V ta namen so epoksi talni sistemi za komercialne namene projektirani tako, da z različnimi modifikacijami smol in dodatkov predstavljajo kakovosten in estetsko privlačen talni sistem.

Prednosti epoksi talnih sistemov:

- Izgled: epoksi talni sistemi predstavljajo brezšivno in estetsko dovršeno talno oblogo, ki ponuja široko paleto barvnih odtenkov, različnih nivojev sijaja in prilegajočih se sistemov izgleda (kovinski izgled, izgled marmorja, peščena preproga itd.) in uporabe (ESD, kislinoodporni, antimikrobni in mehansko odporen sistem).
- Enostavno vzdrževanje: epoksi talni sistemi predstavljajo brezšivno talno oblogo, kar pomeni, da uporabniku nudijo nevpojen sistem brez robov, utorov ipd., kjer bi se lahko zadrževale razlite tekočine, plesni in ostale nečistoče. Epoksi sistemi ne zahtevajo veliko vzdrževanja, pozornost pa je treba nameniti uporabljenim čistilnim sredstvom, saj lahko preveč agresivna sredstva razbarvajo pigment v epoksi talnih sistemih, posledica česar so madeži na površini tlaka.
- Varnost: ena od prednosti epoksi talnih sistemov je »nudenje varnosti« uporabniku tlaka. Pod pojmom nudenje varnosti je mišljena sposobnost talnih sistemov, da z različnimi modifikacijami in dodatki lahko spremenimo namembnost talne obloge, tako da ta uporabniku nudi varnost pred zdrsi zaposlenih, varnost pred razlitjem agresivnih snovi in vpliv na konstrukcijske elemente, varnost pred eksplozijami ipd.
-

- Trajnost: prilagodljivost epoksi sistemov in možnost različnih modifikacij epoksi sistemom zagotavljata trajnost in obstojnost. Ne glede na to, ali gre za industrijske objekte, kjer so obremenitve tal neprimerno večje (mehanske poškodbe, prisotnost agresivnih medijev, temperaturni šoki, dinamične obremenitve) kot v komercialnih objektih (pešci, sledi gum itd.), nam prilagoditve nudijo možnost izvesti abrazijsko in kemično odporen tlak, ki zadostuje potrebam večine industrijskih in komercialnih objektov.

3.1.2 Poliuretanski tlaki

PU je sintetična smola, katerega poglavitni sestavini so izocionati in polioli. Je zelo vsestransko uporaben material, ki ga lahko uporabimo za različne namene. PU-talne obloge srečujemo tako v industrijskih kot v komercialnih objektih. Gre za izjemno prilagodljive talne sisteme, ki so v primerjavi z epoksidnimi sistemi veliko manj krhki in izjemno trpežni. Glavne pozitivne značilnosti PU-talnih sistemov so:

- UV-stabilnost,
- protizdrsnost,
- čistost,
- zmanjšan hrup – določeni PU-sistemi,
- elastičnost,
- mehanska odpornost,
- možnost dekorativnih sistemov,
- brezšivni talni sistem.

PU-talni sistemi zaradi svoje široke uporabnosti uporabniku nudijo izjemno veliko možnosti izbire. Na voljo so kot premazi, samorazlivni tlaki, maltni tlaki, PU-cementni sistemi ali kot hibridni sistemi (npr. PUMA). Hibridni sistemi že spadajo v modifikacijo osnovnih sistemov, ki PU-sistem izboljšajo ali prilagodijo določenim potrebam uporabnika. PU-tlake tako lahko prilagodimo kot ESD-sisteme, kislinoodporne sisteme ali protizdrsne sisteme.

Največja hiba PU-sistemov je velika občutljivost na vlago. Za kakovostno izvedbo tlaka so izjemnega pomena optimalni pogoji, saj lahko že rahlo povišana zračna vlažnost pripomore k nekakovostni izvedbi tlaka.

3.1.3 Metil metakrilatni tlaki (MMA)

MMA je tog, prozoren termoplastičen material, ki ga zaradi široke uporabe poznamo pod različnimi imeni. Najpogosteje se pojavlja kot nadomestek stekla, tako da ga največkrat srečujemo v obliki stekel za očala, nadstreškov, kupol ipd. Zaradi svojih lastnosti ima MMA pred ostalimi prozornimi polimeri veliko prednost. Odlikuje ga visoka odpornost na UV-svetlobo in ostale vremenske vplive,

Pri izvedbi talnih sistemov kot osnovo uporabljamo prozorno smolo MMA, pri čemer s pomočjo polimerizacije in Ziegler-Nattovega katalizatorja dobimo trden, trpežen in neprepusten talni sistem MMA. Sistemi MMA se najpogosteje uporabljajo v industrijskih objektih, kjer zaradi zasedenosti ali logističnih težav ne morejo nuditi optimalnih pogojev za izvedbo talnih sistemov. Prednosti talnih sistemov MMA so:

- hitra vgradnja – material je pohoden uro po vgradnji,
- kemična odpornost – optimalna kemična odpornost na zmerne koncentracije,
- širok temperaturni razpon vgradnje,
- temperaturno obstojen,
- nizka vsebnost hlapljivih organskih snovi,
- nevpojen.

Največji slabosti materiala MMA sta visoka cena in agresiven vonj med vgradnjo. Med vgradnjo je zato treba poskrbeti za zračnost prostora. MMA-tlake je mogoče izvesti v različnih variantah. Na voljo so premazi, samorazlivni sistemi in tudi maltni tipi tlaka. Z različnimi modifikacijami in dodatki je tlake mogoče prilagoditi različnim potrebam, kot so ESD-sistemi, kislinoodporni sistemi ali protizdrsni sistemi.

3.1.4 Poliestrski tlaki

Poliestri in drugi premazi, ki temeljijo na vinil estrih, so znani po njihovi odpornosti na topila in druge kemikalije. Odpornost na kisline je glavna prednost teh talnih sistemov. Estri so produkt reakcije med organsko kislino in alkoholom. Polimeri, uporabljeni pri tem tipu materialov, so nenasičeni in nastanejo z reakcijo nenasičenih dvobaznih kislin in dialkoholov. Stiren ali podoben vinilni polimer se uporabi za navzkrižno zamreževanje in tvorbo filma. Polimerizacije se začne z uporabo katalizatorja z reakcijo adicije prostega radikala, ki je edinstven mehanizem reakcije za ta tip premazov.

Prednosti poliestrov in vinil estrov: te smole imajo običajno nizko viskoznost in se hitro strjujejo pri sobni temperaturi. Imajo dober oprijem in so zelo odporni. So kemijsko odporni, čeprav je večina bolj odporna na kisle kot na bazične pogoje (bazične raztopine razgrajujejo estrske vezi do ponovnega nastanka poliolov in soli karboksilnih kislin). Prav tako so odporni na organske snovi in topila. Temperaturno so odporni do 100 stopinj v tekočini in 177 stopinj na suhem. Uporaba vključuje premaze rezervoarjev, talne premaze in premaze v gradbeništvu za jeklo, stene in strope.

Omejitve poliestrov in vinil estrov: smole se pri strjevanju zelo krčijo in oddajajo toploto. Zaradi tega pride v materialu do prednapetosti, ki lahko privede do pokanja ali odstopanja, še posebej pri zelo nizkih temperaturah. Če niso dodatno ojačani, so materiali krhki. Z dodajanjem polnil ali ojačitev se običajno zmanjša kemijska in temperaturna odpornost. Ker imajo smole visok koeficient temperaturnega raztezka, je ojačitev nujna.

Kisik v zraku običajno inhibira reakcijo, zato se zgornja plast ne zamreži v celoti, kar pomembno zmanjša kemijsko odpornost. Pri debelejših premazih to nima pomembnejšega vpliva, pri tanjših (manj kot 1 mm) pa lahko zelo vpliva na kemijsko odpornost. Pogosto se na vrhu premaza uporabljajo parafinski dodatki, ki ustvarijo film na površini premaza za preprečitev izpostavljenosti kisiku.

Vrste vinilestrskih talnih sistemov:

- Antistatični ESD-sistemi: kot večina obstoječih talnih sistemov tudi poliestrski talni sistemi nudijo ESD-talne sisteme, ki kot modificirani sistemi delujejo v zelo zahtevnih pogojih proizvodnje. Poliestrski ESD-sistemi so na voljo kot samorazlivni tlaki in kot premazi.

- Premazi: poliestrski premazi so namenjeni predvsem kemični zaščiti betonskih in drugih površin. Premazi se nanašajo z valčki ali pa jih nanašamo s sprejem.
- Samorazlivni tlaki: poliestrski samorazlivni sistemi so namenjeni za najzahtevnejša okolja, kjer pridejo do izraza njihove glavne lastnosti. Samorazlivni sistemi so največkrat ojačani s steklenimi vlakni, kar daje sistemu dobro mehanično odpornost, modifikacije smol pa nudijo dobro termično in kemično odpornost.
- Maltni sistemi: poliestrski maltni sistemi se izvajajo v debelini do 15 mm in so primerni za zahtevna okolja, kjer je potrebna odlična mehanska in kemična odpornost

Zaradi specifičnosti materialov se ti posledično uporabljajo v najzahtevnejših okoljih, in sicer v farmacevtski industriji, pri obdelavi odpadnih voda, kemični proizvodnji, jedrskih elektrarnah ipd.

3.2 Izvedba tlakarskih del

Pod pojmom »izvedba tlakarskih del« ne smemo razumeti zgolj izvedbe končnega tlaka, ki je sicer najbolj izpostavljen in mora zadostiti estetskimi in uporabnim kriterijem. Za izvedbo talne obloge ali tlaka je potrebnih mnogo faz dela, vsaka od njih pa je izjemno pomembna za kakovosten končni izdelek. V nadaljevanju želim predstaviti vsako fazo posebej.

3.2.1 Priprava podlage

Zaključne talne obloge so namenjene zaščiti obstoječe, največkrat betonske podlage, da so te vodoodbojne, ne vpijajo olj ali maščob, nudijo protizdrsno ipd. Če želimo, da je zaključna talna obloga izvedena kakovostno, moramo med osnovno podlago in talno oblogo zagotoviti dober oprijem. Slednjega dosežemo le, če osnovno podlago ustrezno pripravimo. Ob predpostavki, da osnovna betonska podlaga zadovoljuje vse mehanske in fizikalne pogoje, je s površine treba odstraniti vse nečistoče v obliki ostankov cementnega mleka, lepil ali izravnalnih mas. Z odstranitvijo cementnega mleka, ostankov lepil ali nekakovostno izvedenih izravnjav poskrbimo, da odstranimo mehansko šibko plast, ki lahko pri izvedbi zaključnega sloja povzroči razslojevanje med posameznimi plastmi nanosov. Pri izvedbi talnih oblog je treba veliko mero pozornosti nameniti prav pripravi podlage, saj nam lahko kasneje slaba priprava

zaradi neakovostne izvedbe povzroči ogromno stroškov. Kakovostno pripravljena podlaga je takšna, ki ima enakomerno strukturo po celotni površini, brez ostankov lokalnih poroznih mest, cementnega mleka in ostalih nečistoč. Z mehansko obdelavo odpremo kapilarni sistem betona, kar nam ob nizki viskoznosti osnovnega nanosa omogoča kakovostnejšo penetracijo materiala v podlago in posledično boljše oprijemne trdnosti med podlago in zaključnim tlakom. Za boljšo oprijemno trdnost med osnovno podlago in zaključnim tlakom poskrbimo tudi z večjo hrapavostjo površine, ki jo dosežemo z različnimi metodami obdelave, predvsem mehanske. V primeru prisotnosti olj, kislin ali drugih agresivnih snovi v betonski podlagi je te treba odstraniti ali izolirati s kombinacijo mehanske obdelave in kemijskih pripravkov (kislina, lugi, topila ipd.), katerih sestava je odvisna od sestave samih agresivnih snovi.

3.2.1.1 Rezkanje podlage

Z rezkanjem pripravljamo podlago takrat, kadar imamo opravka z zelo kontaminirano podlago (npr. motorna olja, barve itd.) ali z zelo dotrajano podlago, ki se kaže z razslojevanjem obstoječih nanosov izravnjav ali zaključnih tlakov. Za izvedbo rezkanja se uporabljajo rotacijski rezkalni stroji, ki z bobni (zvezdičasti ali sekači) odstranijo vse slabo sprijete dele tlaka in odstranijo vse nečistoče. Rezkana površina je groba in nudi odlično oprijemljivost za nadgradnjo obstoječega tlaka.

3.2.1.2 Diamantno brušenje podlage

Diamantno brušenje je postopek mehanske obdelave, s katerim iz obstoječe betonske podlage odstranimo cementno mleko, ostanke dotrajanih tlakov ali izravnjav. Diamantno brušenje lahko izvedemo z rotacijskim strojem z diamantnimi glavami ali ročno diamantno brusilko. Zaradi nastajanja prahu sta stroj ali ročna brusilka priklopljena na sesalec, kar omogoča sprotno odsesavanje nastalega prahu. Z diamantnim brušenjem odpremo kapilarni sistem betona in naredimo površino hrapavo do te mere, da dosežemo ustrezno oprijemno trdnost med betonsko podlago in končnim tlakom.

3.2.1.3 Peskanje podlage

Peskanje spada med najučinkovitejše načine odstranjevanja cementnega mleka, nečistoč ali ostankov izravnjav ali dotrajanih tlakov na betonski podlagi. Peskanje v osnovi pomeni postopek, s katerim s pomočjo kinetične energije izstrelimo uporabljeni material na obdelovalno površino. Peskanje se danes najpogosteje uporablja v gradbeništvu in kovinski industriji kot priprava za nadaljnjo obdelavo. Za peskanje lahko uporabljamo različne materiale. Uporaba teh je odvisna od trdnosti površine in prisotnih nečistoč. Za peskanje tako lahko

uporabljamo vodo, kremenčev pesek, jeklene kroglice, pa tudi led, koruzo ipd. V gradbeništvu so v uporabi peskanja z jeklenimi krogli, peskanje z vodnim curkom in peskanje s kremenčevim peskom. Pri pripravi podlage za izvedbo talnih oblog se uporablja turbinsko peskanje z zaprtim brezprašnim sistemom. Z obliko in granulometrično porazdelitvijo peskalnega medija določimo kakovost peskanja in strukturo obdelane površine.

3.2.2 Sanacija dilatacij

Dilatacije so zelo pomemben element betonske konstrukcije, ki slednji omogočajo, da se ob raztezanju in krčenju lahko giblje in posledično ne ustvarja razpok v betonski konstrukciji. Za uporabnika industrijskega objekta dilatacije predstavljajo občutljivo točko tlaka, saj konstrukcija ne deluje povsod enako in posledično nastanejo različno široki stiki, v najslabšem primeru tudi na različnih višinah. Vzrok tega je v vihanju konstrukcije, ki je posledica napačnega projektiranja betonske konstrukcije (nepredvideno mozničenje). Poškodovane ali razširjene dilatacije se kot težava pokažejo predvsem v visokoregalnih skladiščih, ki zaradi narave dela zahtevajo zelo ravno podlago. Ročni transporterji z majhnimi kolesi v večini primerov nasedejo v razširjene dilatacije in povzročajo nadaljnje krušenje robov ter nevarnost poškodbe zaposlenih in tovora. S težavo poškodovanih dilatacij se srečujejo tudi vozniki viličarjev, ki jim ob delu na višini vsak tresljaj pomeni nevarnost razsutja tovora in poškodbe. Sanacije se večkrat izvajajo napačno, saj dilatacije zapolnijo s trdimi nefleksibilnimi materiali. Glavno vodilo pri sanaciji poškodovanih dilatacij je, da je treba izvesti sanacijo na način, da bo konstrukcija lahko normalno delovala. V nasprotnem primeru se bodo pojavile razpoke, vgrajen material pa se bo začel lomiti in krušiti iz dilatacij. Sanacije dilatacij se je najbolje lotiti tako, da predhodno opravimo pregled dilatacij celotnega objekta. Na ta način bomo lahko določili neko povprečno stanje vseh dilatacij in delovanje konstrukcije. Slednje nam bo kasneje pomagalo pri določanju širine dilatacij. Po pregledu objekta poškodovane dilatacije v 20 cm širokem pasu diamantno pobrusimo ali rezkamo, odkrušene robove pa konusno odbijemo, da pridemo do zdrave in trdne podlage. Dilatacije premažemo z zelo viskoznim predpremazom in zapolnimo z epoksi malto. Ponovno rezanje dilatacij izvedemo v širini, ki bo betonski konstrukciji dala dovolj prostora za optimalno delovanje, uporabniku pa povzročala čim manj nevšečnosti. V dilatacije se na koncu vstavi fleksibilen vložek, vrh pa se zapolni s trajno elastičnim kitom. V primeru velikih pomikov betonske konstrukcije in večje frekventnosti se

priporoča vgradnja dilatacijskih profilov, ki dovoljujejo pomike tudi do 40 mm (npr. Migua FSL104).

3.2.3 Sanacija stika kanaleta–končni tlak

Stik med kanaletjo in talno oblogo je eden izmed najobčutljivejših elementov tlaka. Med seboj se stikata dva materiala z različnimi raztezki, kar pomeni, da med njima nastane razpoka, zaradi česar pride do kršenja roba, zamakanja vode, vdora nečistoč ipd. Posledica tega je, da pride do nadaljnjega kršenja robov in odstopanja talne obloge. Večina talnih oblog na osnovi sintetičnih smol je namreč zelo občutljiva na prisotnost vlage. Če želimo imeti izveden kakovosten stik, se moramo najprej posvetiti ustrezni izbiri kanalete. Poskrbeti moramo, da je kanaleta iz ustreznega materiala (npr. debelejša pločevina) in opremljena z ustreznimi sidri za kakovostno izvedeno vgradnjo. Neprimerni materiali in neustrezna vgradnja kanalete se ob uporabi začne zvijati in majati. To se največkrat zgodi pri kanaletah v industrijskih objektih, kjer so prisotne večje dinamične obremenitve. Stik med kanaletjo in talno oblogo je pereča tema med proizvajalci talnih oblog in tudi proizvajalci odvodnjavanja. Do pred nekaj let nazaj ni obstajala nobena študija, ki bi proučevala določene talne sisteme in izvedbo kakovostnih stikov. Kakovostno izveden stik se vedno začne s kakovostno izvedeno pripravo. Z mehansko obdelavo površine okrog stika in v stiku samem odstranimo vse nečistoče in labilne dele obstoječega tlaka ter aktiviramo površino za boljši oprijem. Stik med kanaletjo in tlakom konusno zabrusimo v smeri kanalete. V ta utor bomo sidrali talno oblogo. Stik med kanaletjo in betonsko podlago ter pripravljen utor premažemo z zelo viskoznim prednamazom, ki nam omogoča najbolj optimalen oprijem. V stik med kanaletjo in tlakom namestimo vložek, ki se ob stiku z vodo razširi in prepreči nadaljnje zatekanje vode. Po nameščenem vložku izvedemo talno oblogo (npr. samorazlivni tlak) in ga sidramo v prej pripravljen utor. Stik med tlakom in kanaletjo na koncu dodatno zatesnimo s trajno elastičnim kitom. Pri sanaciji stikov obstaja več ustreznih tehničnih rešitev, saj je nemogoče z eno rešitvijo rešiti težave stikov na tlakih, ki so podvrženi različnim razmeram, kot so temperaturni šoki, kemično agresivno okolje, mehansko obremenjeno okolje ipd. Vsaka izmed naštetih situacij zahteva primeren material in primerno rešitev, ki jo je treba rešiti individualno.

3.2.4 Sanacija razpok

Beton je zelo tog material. Različne obremenitve in sprememba temperatura povzročajo, da se na betonski konstrukciji pojavijo razpoke. Razpoke, ki so posledica skrčkov, so ob kakovostni izvedbi projekta betona in statičnem izračunu predvidene in nimajo vpliva na kakovost betonske konstrukcije. Razpoke, ki so posledica obremenitev, pa v večini primerov kažejo na napačno izvedeno projektiranje betonske konstrukcije ali spremembo namembnosti objekta. V vsakem primeru gre za razpoke, ki so konstrukcijsko nevarne in ki jim je treba posvetiti vso pozornost. V nadaljevanju predstavljam dva načina sanacije razpok, in sicer sanacijo z armiranjem z jeklenimi palicami in klasično izvedbo sanacije razpok.

3.2.4.1 Šivanje razpok

Preden izvedemo zaključno prevleko tlaka, je treba izvesti vse potrebne sanacije obstoječih razpok v osnovni betonski podlagi. Večje razpoke večinoma šivamo z jeklenimi palicami ali karbonskimi trakovi. Postopek sanacije predvideva stabilizacijo podlago, s katero želimo preprečiti nadaljnje širjenje razpok in posledično prenašanje razpoke na končni sloj talne obloge. Sanacija se izvede na način, da obstoječo razpoko razširimo in očistimo. Za armiranje oz. šivanje razpok imamo na razpolago več rešitev:

- Armiranje lahko izvedemo z armaturnimi palicami poljubnih debelin. Debelina palic je odvisna od širine razpoke, v praksi se najpogosteje uporabljajo armaturne palice debeline 4–8 mm. Pri izvedbi šivanja razpok z jeklenimi armaturnimi palicami lahko sledimo različnim načinom armiranja. Najpogosteje uporabljena načina šivanja razpok z armaturnimi palicami sta z izrezanimi režami v beton pravokotno na potek razpoke in vstavljenimi sidri, drugi najpogosteje uporabljen način sanacije pa je šivanje z armaturnimi palicami v obliki črke »U«, ki jih vstavimo v izrezane reže oblike »U« po dolžini razpoke. Razpoke zalijemo z nizkoviskoznim epoksi materialom in tako preprečimo nadaljnje širjenje razpok.
- Armiranje s karbonskimi trakovi: karbonski trakovi so od jekla močnejši, ne rjavijo in za izvedbo sanacije je potrebnih manj posegov v betonska tla. Reže za karbonske trakove se izrežejo pravokotno na razpoko v razdalji približno 10 cm narazen, odstranimo prisotnost prahu in ostalih nečistoč ter reže zapolnimo z epoksi materialom z nizko viskoznostjo. V reže nato vstavimo perforirane karbonske trakove. Vstavljeni

perforirani karbonski trakovi se nato zlepijo na stene pravokotno izrezane reže in preprečujejo nadaljnje širjenje razpoke.



Slika 3: Šivanje razpok

Vir: (lastni vir, 2020)

3.2.4.2 Klasična sanacija

Uporabljena tehnologija sanacija obstoječih razpok v betonskih ploščah je odvisna predvsem od širine razpok. Konstrukcijske razpoke je nujno reševati z armaturnimi palicami, medtem ko lahko razpoke, ki so posledica krčenja in ostalih vplivov, saniramo na klasičen način. Sanacije razpok se med seboj razlikujejo glede na širino razpok. Tanjše razpoke saniramo tako, da jih razširimo, očistimo in zalijemo z epoksi smolo. Širše razpoke saniramo z obojestranskim zarezovanjem, konusno odstranitvijo labilnih delov tlaka in očistimo.

3.2.5 Armiranje podlage

V primeru, da je površina osnovne betonske podlage preprejena s tanjšimi površinskimi razpokami, se lahko izvede t. i. armiranje podlage. To se izvede z armaturnimi mrežicami iz steklenega ovala ali karbonskimi tkaninami. Namen tega armiranja je strukturna ojačitev podlage, preprečitev prenosa škodljivih krčnih in napetostnih razpok s podlage na talno oblogo, lahko pa jo uporabimo kot del parozapornega sistema oz. parozaporne membrane (v kombinaciji z ustrezno smolo). Armiranje podlage izvedemo tako, da slednjo potopimo v čisto

epoksi smolo, ki smo jo predhodno nanесли na razpokano površino betonske podlage. Mrežico nato z gladilko pravilno namestimo in zalepimo na podlago. Preden izvedemo končni tlak, se izvede še dodatno glajenje površine z epoksi smolo in dodano kvarčno moko. Tako dobimo zaščitni in nosilni sloj, ki preprečuje vpliv krčenja in napetosti na končni tlak, hkrati pa nam nudi odlično osnovo za kakovostno izvedbo končnega tlaka

3.2.6 Sanacija poškodb v tlaku

Poškodbe tlaka so v industrijskih objektih nekaj normalnega. V zelo mehansko obremenjenih okoljih smo priča ogromnim dinamičnim in statičnim obremenitvam, ki kaj kmalu pustijo vidne posledice na tlaku. Nastale poškodbe je zato treba čim prej sanirati, saj poškodovana podlaga ni v skladu z normativi varstva pri delu, hkrati pa nam poškodbe v tlaku na daljši rok povzročajo višje stroške v obliki višjih stroškov za popravila viličarjev, razsutega tovora, višjih stroškov dela ipd. Popravila lahko izvedemo na več načinov, sam način izvedbe pa je odvisen od velikosti poškodbe in logističnih možnosti uporabnika objekta. Za sanacijo lahko uporabimo cementno vezane, epoksi, PU- in MMA-materiale ali hibride naštetih. Za kakovostno sanacijo poškodbe moramo poskrbeti, da odstranimo vse labilne dele tlaka, morebitne odkruške ipd. ter očistimo nečistoče (masti, olja). Manjše poškodbe lahko z zgoraj naštetimi materiali zgolj zalijemo, medtem ko je pri večjih poškodbah treba dodati agregat, s katerim dobimo trden in korozijsko odporen kompozit. V primeru zahtevnega okolja (kemična industrija) lahko sanirano območje nadgradimo s kemično odpornim talnim sistemom.

3.2.7 Izvedba zaokrožnic

Zaokrožnica je zaključni detajl izvedene talne obloge, ki preprečuje nabiranje prahu in umazanije v skritih kotičkih med steno in tlemi. Izdelujemo jih na dva načina, in sicer kot polmer kroga, zaključen na steno, ali kot 45-stopinjski nadvišek tlaka. Zaokrožnice se praviloma izdelajo iz epoksi, PU- ali MMA-malte, seveda pa lahko zaokrožnice izvedemo tudi iz PU-cementne mase. Zaokrožnice uporabnikom olajšajo vzdrževanje čistoče, sploh v prostorih, katerih namembnost zahteva visoko mero čistoče. Zaradi monolitne izvedbe tlaka in zaokrožnice sistem ne vsebuje skritih kotičkov in reg, kjer bi se lahko nabirale razne bakterije. Prehrambna in farmacevtska industrija sta panogi, kjer veljajo najstrožja pravila glede čistoče. Zaokrožnice so tudi zelo učinkovit detajl pri zaščiti zidov pred poškodbo s kolesi vozičkov,

paletami ali ostalo opremo. Končno lahko zaokrožnico jemljemo kot nek zaključen detajl talne obloge, ki prostoru daje privlačen in dodelan videz.

3.2.8 Izvedba epoksi končnega tlaka in uporabljeni materiali

Izvedba končnega tlaka je odvisna predvsem od izbranega sistema in uporabljenega materiala. Najpogosteje se izvajajo naslednji sistemi končnih tlakov:

- Premazi: najpogosteje se nanašajo v dveh ali treh slojih v debelini 300–600 µm.
- Multilayer sistemi: multilayer sistemi so talni sistemi z več tankoslojnimi premazi, ki jih je mogoče ojačati z različnimi polnili. Multilayer sistemi se izvajajo v debelini 800–1000 µm.
- Samorazlivni sistemi: samorazlivni sistemi so talne obloge v debelini 2–3 mm, ki jih nanašamo v enem sloju. Poznamo epoksi, PU-, MMA- in hibridne samorazlivne sisteme.
- Maltni tlaki: Maltni tlaki so talni sistemi za mehansko bolj obremenjena okolja, saj so polnjeni s kremenčevim in korund peskom različnih granulacij. Izvajajo se v debelini 3–4 mm. Izvajajo se lahko na klasični sistem ali po sistemu s posipi. Izvesti jih je mogoče z epoksi, PU- ali MMA-materiali.
- Hibridni sistemi: hibridni sistemi so talni sistemi, ki združujejo dva različna materiala. Najbolj poznana hibridna sistema sta PU- in epoksi cement. Zaradi izjemnih karakteristik se izvajata v zahtevnih okoljih proizvodnje.

3.2.9 Načini kontrole kakovosti izvedbe tlaka

3.2.9.1 Merjenje vlažnosti

Za kakovostno izvedbo talne obloge je nujno treba zagotoviti optimalno vlažnost v osnovni betonski podlagi in tudi optimalno relativno zračno vlažnost. Polimerni tlaki so zelo občutljivi na prisotnost vlage v zraku, zato se je pred izvedbo tlakov treba držati navodil proizvajalca materiala in vrednosti, ki so predpisane v standardih. Za izvedbo kakovostnih talnih oblog moramo biti pozorni predvsem na naslednje standarde:

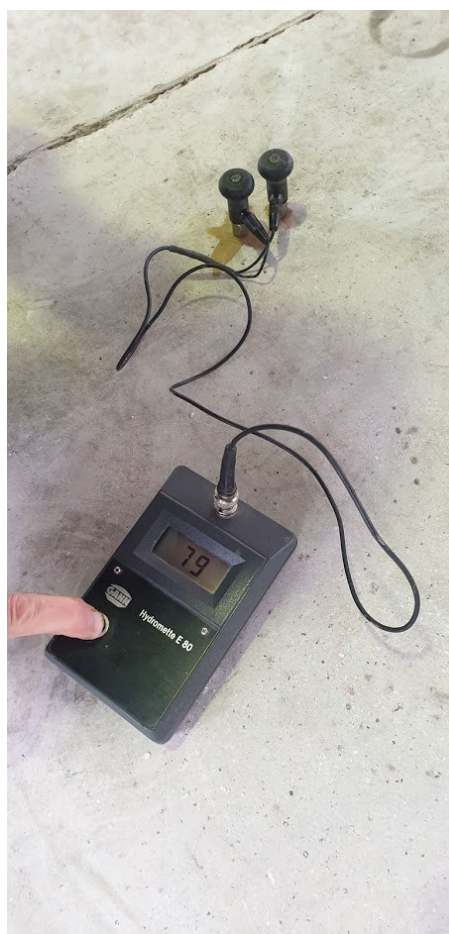
- ASTM D2216-19: standard določa, da se za kakovostno izvedbo talnih oblog maksimalna dovoljena vrednost vlage v betonu giblje med 2,5 in 4,5 %.
- ASTM E1907-06a: standard predpisuje največje dovoljene vrednosti relativne zračne vlažnosti (75 %) in največjo dovoljeno vrednost emisije vodne pare ($170 \mu/\text{sm}^2$).

Za določanje vlažnosti v betonu ali zračne vlažnosti se uporabljajo različne metode:

- CM-metoda,
- gravimetrična metoda,
- merjenje vlažnosti betona z metodo električne upornosti betona,
- merjenje relativne zračne vlažnosti,
- merjenje vlažnosti z elektronskim merilcem,
- test vlažnosti podlage s folijo.

Merjenje vlažnosti z elektronskim merilcem in test vlažnosti s folijo služita zgolj kot pokazatelja stanja, natančne meritve in stanja pa se ugotavljajo z metodami, ki so umerjene in pregledane v skladu s predpisanimi standardi. V gradbeništvu se v praksi največ uporabljajo naslednje metode:

- Za merjenje vlage v betonu: CM-metoda, gravimetrična metoda, metoda merjenja vlažnosti z metodo električne upornosti betona. Za najnatančnejši metodi veljata gravimetrična in CM-metoda.
- Za merjenje relativne zračne vlažnosti in merjenje temperature rosišča se uporabljajo elektronski ali analogni merilci, s katerimi ugotavljamo ustreznost okolja za kakovostno izvedbo tlakov. Največja dovoljena zračna vlažnost se giblje med 75 in 80 %, medtem ko temperatura zraka ne sme biti manj kot 3 °C nad rosiščem.



Slika 4: Gann Hydrometer E80

Vir: (lastni vir, 2020)

3.2.9.2 *Pull off test*

Pull off test je preprost in priljubljen test natezne napetosti materiala in oprijemnih lastnosti na terenu in tudi v laboratoriju. *Pull off test* velja za razmeroma zanesljivega, vendar je pri testu treba upoštevati tudi nekatere dejavnike, ki lahko pomembno vplivajo na rezultate testa. Najpogosteje se srečujemo z naslednjimi dejavniki: debelina testnega vzorca, kakovost betona ter kakovost in debelina epoksida kot veznega sloja. Zraven glavnih dejavnikov je treba sem prišteti tudi temperaturo zraka, relativno zračno vlago in čas, ki ga namenimo za testiranje. Zadnji trije dejavniki vplivajo predvsem na kakovost epoksidnega veziva, predvsem na vezanje in strjevanje slednjega. Za izvedbo *Pull off testa* obstaja več različnih pripomočkov in metod, vendar je pri izvedbi testa ključno, da sledimo smernicam, ki so podane v standardih (ASTM D4541). Smernice za pravilno izvedbo testa tako podajajo naslednje smernice:

- Lokacija in priprava: preden se lotimo izvedbe *Pull off testa*, je treba določiti točno lokacijo vseh predvidenih testnih polj. Pri tem je treba upoštevati primerno razdaljo od robov betonske konstrukcije in primerno razdaljo med samimi testnimi polji.
- Za lepljenje testnega diska na podlago je treba uporabiti epoksi smolo: pri pripravi testnega diska je potrebna precejšnja previdnost, saj je testno ploščico treba prilepiti na očiščeno podlago z enakomernim nanosom epoksi materiala po celotni površini. Pri tem ne smemo pozabiti na vplive okolja, tako da je pred izvedbo testa treba načrtovati potreben čas, da se vezivo primerno strdi po celotni površini testnega diska in betonske podlage. Najbolj optimalen čas vezanja epoksi materiala je 24 ur, seveda pa je pri tem treba upoštevati kakovost veznega materiala in temperaturo okolja.
- Pritrjevanje testnih ploščic na tester: testne ploščice je treba previdno in natančno vpeti v tester. V testne ploščice tako privijemo vijak, ki ga na zgornjem delu vpnemo v »klešče« testerja.
- Izvlek diska (angl. Pull off): s pomočjo ročice ali hidravlične naprave počasi povečujemo silo izvleka in hkrati opazujemo zaslon, kjer se prikazuje naraščajoča sila v MPa. Postopek izvajamo tako dolgo, dokler se testna ploščica ne loči od podlage. Natezna sila, ki je prikazana pred ločitvijo testne ploščice od podlage, nam daje rezultat natezne sile betona oz. oprijema določenega materiala na podlago.



Slika 5: Pull off tester

Vir: <https://www.globalgilson.com/pull-off-adhesion-tester>

3.2.9.3 Meritve protizdrsnosti

Načeloma imajo vse talne obloge določene protizdrsnostne karakteristike, ki so posledica zakonskih predpisov, ki predpisujejo varno delovno okolje za vse zaposlene. Potreba glede stopnje protizdrsnosti se razlikuje od panoge do panoge, v kateri določeno podjetje deluje. V osnovi so različne stopnje protizdrsnosti odvisne predvsem od hrapavosti površine. Hrapavost površine določajo količina in granulacija uporabljenega agregata (kvarčni pesek, steklene kroglice ipd.) ter debelina zaključnega sloja tlaka. Poleg že omenjenih želj in potreb naročnika je pri stopnji protizdrsnosti treba slediti standardom in normativom, ki so v uporabi v Evropski uniji (EU) in po svetu:

- SIST EN 4508:2009 (Evropa),
- DIN 51097 (Evropa),
- DIN 51130 (Evropa),
- ASTM D2047 (ZDA),
- OSHA standardi (ZDA in Kanada).

Za izvajanje meritev protizdrsnosti uporabljamo različne metode in naprave, ki so umerjene in klasificirane v skladu z zapisanimi standardi. Uradno veljavne meritve lahko izvajajo zgolj s strani države pooblašene institucije (IGMAT, ZRMK). Za meritve tako uporabljamo naslednje instrumente:

- a) **Nihalo:** nihalo je naprava, ki se v evropskem prostoru najpogosteje uporablja za merjenje vrednosti torne lastnosti in protizdrsnih karakteristik posameznih materialov talnih oblog. Nihalo lahko uporabljamo kot laboratorijski in tudi terenski pripomoček. S pomočjo nihala merimo kinematični koeficient trenja na način, da zabeležimo izgubo kinetične energije v trenutku kontakta nihala in testirane podloge oz. tlaka. Nihalo ob stiku s podlago sicer izgubi določeno kinematično energijo, vendar kljub temu nadaljuje gibanje. Ko se nihalo ustavi, se iz vrednostne lestvice odčita vrednost SRV (angl. Slip resistance Value). Na osnovi vrednosti SRV se oceni možnost zdrsosti na posamezni talni oblogi. V nadaljevanju predstavljam standardizirane vrednosti verjetnosti zdrsosti z merjenjem talne obloge z nihalom:

Tabela 1: Klasifikacija zdrsnosti merjenja z nihalom

VERJETNOST ZDRSA	VREDNOST SRV
Velika verjetnost zdrsa	0–24
Srednja verjetnost zdrsa	25–35
Mala verjetnost zdrsa	≥36

Vir: <http://www.zbornica-vzd.si/media/6-Protizdrsna%20zascita%20tal%20in%20meritve.pdf>

Testiranja protizdrsnosti oblog z nihalom so pokazala, da gre za zelo natančen in zanesljiv postopek meritev, ki se v večini držav uporablja kot standardna metoda za merjenje protizdrsnosti v različnih pogojih dela (laboratorij ali teren).



Slika 6: Nihalo

Vir: <https://www.sliptest.info/services/pendulum-slip-testing>

- b) **Testiranje na rampi:** testiranje na rampi spada med laboratorijske teste protizdrsnosti. Test se izvaja s pomočjo rampe, kamor se položi vzorec testirane talne obloge in ki je premazan z oljem ali milnico. Pri testiranju s pomočjo rampe poznamo dve metodi:
- Test z obuvalom (talna obloga je premazana z oljem): test z obuvalom poteka tako, da z oljem premazano testirano talno oblogo izpostavimo trenju med obuvalom »sprehajalca« in testirano talno oblogo. Z nagibanjem rampe določimo razred odpornosti proti zdrsu posamezne talne obloge. Višji je naklon rampe in oprijem »sprehajalca«, višji odpornostni razred doseže posamezna talna obloga

Tabela 2: Klasifikacija meritev protizdrsnosti na rampi z obuvalom

RAZRED ODPORNOSTI (R)	NAKLON RAMPE V °
R9	6–10°
R10	10–19°
R11	19–27°
R12	27–35°
R13	Nad 35°

Vir: <http://www.zbornica-vzd.si/media/6-Protizdrсна%20zascita%20tal%20in%20meritve.pdf>

- Test z boso nogo (talna obloga je premazana z milnico): test z boso nogo poteka tako, da se testiran vzorec talne obloge položi na rampo, navlaži in premaže z milnico. Pri tej vrsti testa se »sprehajalec« z boso nogo giblje naprej in nazaj. Med njegovim gibanjem se spreminja nagib klančine, ki nam na koncu pove, v katero klasifikacijsko skupino spada testirana talna obloga.

Tabela 3: Klasifikacija meritev protizdrsnosti na rampi z boso nogo

KLASIFIKACIJSKA SKUPINA	NAJMANJŠI NAGIBNI KOT KLANČINE
A	12°
B	18°
C	24°

Vir: <http://www.zbornica-vzd.si/media/6-Protizdrсна%20zascita%20tal%20in%20meritve.pdf>

Pri izvajanju laboratorijskih testov je v mislih treba imeti dejstvo, da gre za testiranje v nadzorovanem okolju, kjer ni vplivov zunanjih dejavnikov. Rezultati testov v laboratoriju se namreč lahko zelo razlikujejo od rezultatov, pridobljenih s terenskimi testi, ki so izpostavljeni vsem vplivom v določenem okolju.



Slika 7: Test s klančino

Vir: <https://safetydirectamerica.com/germanys-din-51130-slip-test-whats-it-good-for/>

- c) **Tribometer:** tribometer je naprava, ki meri tribometrične lastnosti testirane podlage, kot so trenje in obraba. Tribometer se je prvič pojavil v 18. stoletju. Prvotni namen je bil uporaba tribometra v industriji, vendar se je z razvojem naprave razširila tudi njena uporabnost. Danes jo tako uporabljamo tudi za merjenje protizdrsnosti talnih oblog. V uporabi je več vrst tribometrov, ki uporabljajo različne tehnike merjenja protizdrsnosti:
- Tortus: je tribometrična naprava na lastni pogon, ki za merjenje protizdrsnosti uporablja tehniko merjenja odpora proti zdrs. Meritev poteka tako, da se naprava po tlaku giblje z enakomerno hitrostjo, guma na spodnji strani naprave pa ustvarja upor na talno oblogo. Napravo lahko uporabljamo na suhih in mokrih podlagah. Naprava med merjenjem avtomatsko izračunava povprečen koeficient trenja, po katerem lahko določimo, ali izvedena talna obloga ustreza predpisanim standardom ali ne.
 - Naprava »Slipalert«: naprava Slipalert je sestavljena iz majhnega vozička in pripadajoče rampe, po kateri voziček spustimo. Zaradi svoje velikosti je primeren za testiranje podlag na terenu. Kot sem že omenil, merjenje protizdrsnosti poteka na način, da voziček spustimo po rampi, dolžina izmerjene poti vozička in odčitek na digitalnem zaslonu pa nam povesta, ali je testirana podlaga spolzka ali nedrsna. Tudi to napravo lahko uporabljamo na mokri ali suhi podlagi.

- Vodoravni dinamometer: vodoravni dinamometer je naprava, ki meri koeficient trenja keramičnih ploščic in drugih talnih oblog. Njena pomanjkljivost je, da ni primerna za podajanje ocene možnosti zdrsa. Čeprav je naprava v skladu s standardom ASTM C 1028-07, je ne priporočajo za merjenje zdrsa površin za pešce. Zaradi njenih pomanjkljivosti jo tako najpogosteje uporabljamo za testiranje oblog v laboratoriju, kjer lahko izključimo vse zunanje vplive.

3.2.9.4 Meritve odvajanja statične elektrike

Pri izvedbi določenih tipov talnih sistemov je pred in med uporabo treba redno izvajati kontrole ustreznosti sistema. Slednje za vsak posamezni tlak predpisuje tudi ustrezna zakonodaja. V primeru klasičnih antistatičnih ali ESD-sistemov sta na območju EU pristojna dva zakona, in sicer SIST EN14041 in SIST EN 1081. SIST EN 14041 je krovni zakon, ki v celoto povezuje tudi ostale zakone (npr. SIST EN 1081), ki določajo potrebno kakovost, način izvedbe in kontrolo izvedenih antistatičnih ali ESD-tal. Meritve tal se izvedejo po zaključku del in kot del kontrolnih pregledov, da se zagotovi varnost zaposlenih in izdelkov. Uradno veljavne meritve lahko izvajajo zgolj s strani države pristojne institucije, ki poleg opravljenih meritev izdajo tudi končno poročilo, ki nam služi kot uradno veljaven dokument ob obisku pristojnega inšpekcijskega organa. Pri izvedbi meritev upora poznamo tri sisteme:

- Vertikalna upornost: ta način meritev je primeren predvsem za gumene talne obloge, saj se upor meri med zgornjo in spodnjo površino antistatičnega sistema. Ta sistem meritev se uporablja za oceno zmožnosti talne obloge, da iz površinske oz. obrabne plasti elektrostatični naboj čim hitreje odvede pod površino.
- Zemeljska upornost: merimo jo tako, da izmerimo upornost med površino materiala in ozemljitvijo.
- Površinska upornost: površinsko talno upornost merimo za že vgrajene talne obloge. S tem sistemom merimo električno upornost obloge med dvema elektrodama, ki nam kaže vrednosti prečne prevodnosti med sloji vgrajenega tlaka in njegove značilnosti odvajanja elektrostatičnih nabojev.

4 ACB HRUŠICA

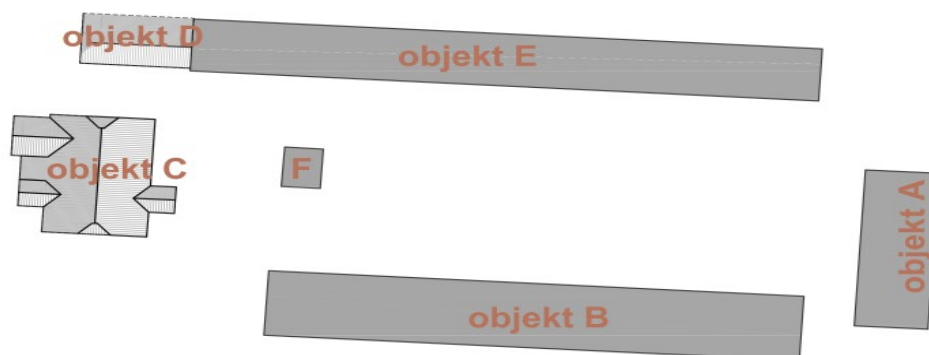
Avtocestna baza Hrušica (v nadaljevanju ACB Hrušica) je del omrežja devetih vzdrževalnih baz na slovenskem avtocestnem križu. Vsaka izmed devetih vzdrževalnih baz ima določen svoj odsek avtocestne mreže, na katerem izvajajo vsa vzdrževalna dela, zimsko službo in pomoč pri nesrečah. ACB Hrušica je zadolžena za odsek od priključka Vodice do avstrijske meje, vključno s predorom Karavanke. Na tem odseku skrbijo za 54,38 km avtocestnih odsekov, 16,62 km avtocestnih priključkov in 3,88 km predorov



Slika 8: Odsek ACB Hrušica

Vir: <https://www.dars.si/Vzdrzevanje>

V sklopu ACB Hrušica je pet glavnih objektov in ena nadstrešnica oz. podaljšek objekta »E«, t. i. malih garaž, in sicer:



Slika 9: Postavitev objektov ACB Hrušica

Vir: PROJEKT, d. o. o., 2020

- Objekt A: upravna stavba,
- Objekt B: velike garaže z mehaničnima delavnicama,
- Objekt C: skladišče soli,
- Objekt D: podaljšek objekta E – skladišče prometnih znakov,
- Objekt E: male garaže,
- Objekt F: bencinska črpalka.

4.1 Opis objekta

V letu 2020 je bila z glavnim izvajalcem gradbenih del VG5, d. o. o., iz Ljubljane podpisana pogodba za sanacijo vseh petih objektov. Sanacija je zajemala gradbena, inštalacijska in obrtniška dela. Kot izvajalec sanacijskih tlakarskih del je bilo izbrano naše podjetje FINGRA, d. o. o., ki je sklopu obrtniških del izvajalo sanacijo obstoječih tlakov na objektu »B« – velike garaže z mehaničnima delavnicama in objektu »E« – male garaže v skupni izmeri 2.251,99 m². Namembnost objektov B in E je predvsem zaščita in hranjenje mehanizacije za vzdrževalna dela družbe DARS, d. o. o., skladiščenje potrebnih rezervnih delov, soli in potrošnega materiala.

V sklopu objekta B, t. i. velikih garaž, se nahajata že omenjeni mehanični delavnici, kjer potekajo vzdrževalna dela vozil in potrebne mehanizacije.

4.2 Opis problema

V ACB Hrušica, natančneje na objektih B in E, se je vodstvo in zaposleni srečalo s težavo dotrajanega tlaka, ki ni zadostoval varnostnemu, okoljskemu in gospodarnemu kriteriju. Obstoječe stanje na omenjenih objektih je betonska talna plošča z zaključnim slojem betonskega tlaka TAL-M-KVARC. Gre za površinsko gladek industrijski tlak, ki utrdi površino in le pogojno preprečuje vpojnost različnih tekočin v betonsko podlago. Skozi leta so se na objektih dogajale spremembe v obliki spremembe namembnosti, dograjevanja objekta, lokalnih popravil itd. Zaradi navedenih razlogov je v betonski podlagi ogromno poškodb, stikov, konstrukcijskih razpok, ki so posledica napačnega ali pomanjkljivega projektiranja in različne kakovosti betona. Po določenih letih uporabe so se na objektih začeli kazati znaki dotrajanosti, po katerih ti niso več zadostovali osnovnim kriterijem »dobrega gospodarja«. Glede namembnosti objekta in dejanskega stanja v spodnjih alinejah navajam tri pomembne kriterije:

- Varnostni kriterij: podlaga je zaradi dolgoletne prisotnosti motornih olj, soli in ostalih nečistoč postala drseča in nevarna za zaposlene. Ker je po zakonu ZVD-1 delodajalec svojim zaposlenim dolžan zagotoviti varno delovno mesto, ob drseči talni oblogi obstaja realna nevarnost različnih pravnih posledic.
- Okoljski kriterij: obstoječa talna plošča z nevpojno površino, prisotnimi mehanskimi poškodbami tlaka, konstrukcijskimi razpokami, dotrajanimi stiki in dilatacijami predstavlja »rešeto«, skozi katerega okolju nevarne snovi pronikajo v podlago in predstavljajo potencialno nevarnost onesnaževanja okolja.
- Kriterij gospodarnosti: po vzoru dobrega gospodarja je potrebno sprotno vzdrževanje objektov, saj v nasprotnem primeru na daljši rok pomeni večji strošek ob popolni rekonstrukciji obstoječega tlaka, na kratek rok pa pomeni dodaten strošek popravila vozil in opreme, nakupa delovnih sredstev, plačila odškodnin zaposlenim ali plačila kazni zaradi onesnaževanja okolja.

4.3 Predstavitev predlagane rešitve končnega tlaka

Ob ogledu objekta in seznanitvi z željami in potrebami naročnika smo sestavili tehnologijo, ki je poleg izvedbe kakovostnega končnega tlaka zajemala tudi popravilo vseh poškodb, razpok in stikov, ki bi lahko kasneje vplivali na kakovost in obstojnost končnega tlaka. Zaradi določene namembnosti objekta smo naročniku predlagali epoksi protizdrsni sistem z vmesnimi posipi kremenčevega peska v določeni granulaciji. Zaradi izostanka natančno določenih tehničnih smernic izvedbe protizdrsnih sistemov se protizdrsnost tlaka v praksi določi na objektu z izvedbo vzorcev s posipi različnih granulacij agregata. Na osnovi teh se namreč naročnik odloči o izvedenem sistemu in grobosti tlaka. Tudi v našem primeru smo naročniku pripravili vzorce s posipi kremenčevega peska različnih granulacij. Po potrditvi izbranega vzorca smo začeli s pripravami in izvedbo del. V nadaljevanju predstavljam izbrano tehnologijo sanacije tlakov na objektih »B« – velike garaže in »E« – male garaže.

TEHNOLOGIJA SANACIJE TLAKOV NA OBJEKTIH »B« – VELIKE GARAŽE IN »E« – MALE GARAŽE:

1.	Diamantno brezprašno brušenje obstoječe podlage, čiščenje in odstranitev materiala na deponijo ob objektu.
2.	Sanacija razpok v obstoječi betonski plošči s šivanjem z jeklenimi šibkami na razdalji 25 cm in z zalivanjem s čisto epoksi smolo.
3.	Sanacija dilatacijskih reg z obojestranskim razrezom, konusno odstranitvijo, čiščenjem in impregnacijo, zapolnitvijo z mikroarmirano epoksi malto.
4.	Sanacija lokalnih poškodb obstoječega tlaka z epoksi malto.

5.	Ponovno rezanje in kitanje dilatacij.
6.	Polaganje polipropilenske mreže kot armature v čisto epoksi smolo (poraba smole od 800 g/m ² do 1000 g/m ²) na gosto razpokane površine obstoječega tlaka.
7.	Dodatno rezanje in kitanje novih dilatacij na osi stebrov, ker v času gradnje nista bila izvedena (posledice so razpoke v betonski plošči).
8.	Izvedba zaokrožnic iz epoksi malte v barvi tlaka višine 5 cm.
9.	Izvedba protizdrsne epoksi samorazlivnega tlaka debeline 2,5 mm po predlagani tehnologiji: – nanos temeljnega epoksidnega premaza, približno 400 g/m², posutega s kremenčevim peskom granulacije 0,2–0,8 mm, – vmesni sloj samorazlivni epoksi 1200 g/m², posut s kremenčevim peskom granulacije 0,2–0,8 mm, – zaključni epoksi premaz – poraba 800 g/m².

4.4 Opis izvedbe del

V nadaljnjih podpoglavjih bom predstavil izvedbo izbranega protizdrsne sistema, vključno z vsemi pripravljalnimi deli, in izvedbo zaključnega tlaka ter opisal postopke izvedenih postopkov kontrole, s katerimi smo se želeli prepričati, da je osnovna podlaga kakovostno pripravljena in da bo končnemu tlaku nudila zadosten oprijem za optimalno uporabo.

4.4.1 Izvedena pripravljala dela

Pred izvedbo končnega tlaka je treba kakovostno pripraviti podlago. Kakovostno pripravljena podlaga je temelj za izvedbo kakovostnega končnega tlaka. Pod pojmom »priprava podlage« ne razumemo zgolj mehanske obdelave osnovne podlage, ampak tudi vse potrebne sanacije razpok, dilatacij, površinskih poškodb tlaka in izvedbo potrebnih izravnav.

Na objektih »B« in »E« smo se srečali z AB-konstrukcijo, ki je zaradi napačnega projektiranja in optimalnega vzdrževanja potrebovala mnogo več priprave, kot smo pričakovali na začetku:

- a) Mehanska obdelava podlage: po pregledu celotne betonske podlage in odvzetih vzorcih smo se odločili, da diamantno brušenje podlage zagotavlja kakovostno rešitev priprave podlage. S križnim diamantnim brezprašnim brušenjem smo odstranili vse prisotne nečistoče in »odprli« kapilare v betonu, kar nam omogoča vpojnost in sprijemljivost uporabljenih materialov.
- b) Sanacija konstrukcijskih razpok in dilatacij: obstoječe dilatacije zaradi napačnega projektiranja niso imele nobene funkcije, saj niso razbremenile napetosti, kar se je kazalo z dokaj širokimi konstrukcijskimi razpokami na oseh stebrov. Problema konstrukcijskih razpok in dilatacij smo se lotili tako, da smo oboje pravokotno na njihovo linijo »zašili« z vgradnjo jeklenih šibk v utore in te zapolnili z epoksi materialom. Nove dilatacije smo nato izvedli na mestih, kjer so dejansko napetosti največje.
- c) Sanacija razpok: razpoke na površini osnovne betonske podlage se sanirajo glede na njihovo širino in podano oceno morebitnega vpliva na kakovost končnega tlaka. Večje razpoke namreč lahko vplivajo na končni tlak, kar se kaže z vidnimi razpokami na končnem tlaku. V skladu z našo oceno smo tako večje razpoke dodatno armirali s PP - (polipropilensko) armaturno mrežico, ki smo jo položili v čisto epoksi smolo in naknadno čeznjo izvedli glajenje s kvarčno moko polnjenim epoksi materialom.
- d) Sanacija stika kanaleta–betonska plošča in ureditev naklona: vloga kanalet v prostoru je predvsem kontrolirano odvodnjavanje iz prostora. V našem primeru imajo kanalete vlogo pobirati odvečno vodo, ki se pojavi kot posledica dežja ali stopljenega snega, ki pade iz intervencijskih vozil. Pravilni nakloni in kakovostni izvedeni stiki so izjemnega pomena za dolgotrajno uporabnost prostora in tlaka. V primeru nekakovostno izvedenih naklonov in stikov se namreč rado zgodi, da odvečna voda zateka v razširjen stik med kanaletom in končnim tlakom in posledica tega je krušenje stika in odstopanje končnega tlaka (epoksi in

PU-materiali namreč ne prenašajo vlage). V objektu Masle garaže so bile kanalete vgrajene naknadno, kar pomeni, da je bilo treba urediti stik in pravilno zaključiti naklon tlaka. Na osnovi proučitve problematike smo se odločili, da bomo stik med kanaletno in tlakom rešili na način, ki bo zagotovil najbolj optimalno uporabo in obstojnost. Obstoječi stik med kanaletno in betonom smo razširili z zarezovaljem ob kovinskem profilu in beton konusno zabrusili proti kanaleti. S tem smo dobili širok in čist stik, hkrati pa smo poskrbeli za utor, v katerega bomo sidrali epoksi izravnavo oz. speljali naklon tlaka. Razširjen in očiščen stik med kanaletno in betonom smo premazali z epoksi materialom za oprijem, vstavili neoprenski vložek in ga zapolnili s trajno elastičnim kitom. Naklon tlaka smo sanirali z epoksi malto, ki smo jo zaključili na rob kanalete in sidrali v prej pripravljen konusni utor po celotni dolžini kanalete.



Slika 10: Kanaleta

Vir: (lastni vir, 2020)

4.4.2 Izvedba izbranega protizdrsne sistema

Na osnovi izbranega in s strani naročnika potrjenega vzorca smo izvedli končni tlak epoksi večslojnega protizdrsne samorazlivnega tlaka z vmesnimi posipi. Na očiščeno in sanirano osnovno betonsko podlago smo izvedli epoksi osnovni prednamaz, ki smo ga zaradi boljše

adhezije z naslednjim slojem tlaka posuli s kremenčevim peskom. Odvečni del kremenčevega peska, ki se ni sprijel z epoksi prednamazom, smo očistili in pripravili podlago za izvedbo epoksi samorazlivnega tlaka, ki smo ga posuli z dodatnim slojem kremenčevega peska. Zaključni sloj smo izvedli z debeloslojnim epoksi premazom, s katerim smo uravnali s strani naročnika želeno grobost tlaka. Končni izdelek je mehansko odporen protizdrsni sistem tlaka, ki ob optimalni uporabi naročniku nudi dolgotrajno in kakovostno rešitev.

4.4.3 Izsledki vmesnih postopkov kontrole izvedbe

a) Merjenje vlažnosti

Vlažnost podlage smo merili z dvema napravama, in sicer smo uporabili elektronski GANN HYDROMETER COMPACT B in GANN HYDROMETER E80 s sondami. Pri pregledu objekta smo ugotovili, da je bila obstoječa talna konstrukcija večkrat dograjena, spremenjena ali sanirana. Zaradi nezadostnih podatkov glede sestave talne plošče smo se odločili, da bomo izmerili vlažnost tal z dvema napravama na več mestih. Z elektronsko napravo COMPACT B smo dobili vpogled v stanje, z merilcem s sondami pa smo preverili vlažnost plošče tudi v konstrukciji in ne zgolj na površini. Z merjenjem smo prišli do naslednjih rezultatov:

Tabela 4: Primerjava meritev vlažnosti z dvema različnima aparaturama

Število meritev	COMPACT B	HYDROMETER E80
1	0,72	79
2	0,90	85
3	100	76
4	0,79	81
Vrednost vlage v %	3,00–4,00 %	3,20–3,80 %

Vir: (lastni vir)

Meritve z obema metodama so pokazale približno iste vrednosti, in sicer vlažnost 3–4 %, kar pomeni, da je betonska plošča primerna za izvedbo protizdrsnega talnega sistema.

b) *Pull off test*

Z napravo DYNA PROCEQ Z6 smo na več mestih izmerili oprijemne lastnosti pripravljene podlage in celotnega sistema, ki smo ga preverili na predhodno pripravljenih vzorcih na objektu. Pri izvedenih vzorcih smo preverjali oprijem talnega sistema z obstoječo betonsko podlago in oprijem med vmesnimi sloji premazov. Minimalno zahtevan oprijem je $1,15 \text{ kN/mm}^2$. Prišli smo do naslednjih rezultatov:

Tabela 5: Meritve PULL OFF TESTA

Število meritev	DYNA PROCEQ Z6 Vrednost v kN/mm^2
1	3,95
2	4,48
3	4,21
4	3,94

Vir: (lastni vir)

Rezultati izvedenih meritev oprijema so pokazali odlične rezultate, kar pomeni, da je bila priprava podlage izvedena kakovostno in nudi odlično osnovo za nadgradnjo talne obloge.

5 PRIMERJAVA RAZLIČNIH PROTIZDRSNIH SISTEMOV

5.1 *Zakonodaja in metodologija meritev*

Protizdrski sistemi tlakov so izmed vseh že omenjenih sistemov eno izmed najbolj strokovno in zakonsko nejasnih področij v sklopu tlakarskih del. Namreč že v sklopu EU ne obstaja enotna zakonodaja glede določanja protizdrsnosti, kot tudi ne enotni način izvajanja meritev protizdrsnosti. Ob zakonodaji s področja določanja metodologij merjenja je treba upoštevati EU-direktive s področja varnosti pri delu in tudi zakonodajo s področja varstva pri delu posamezne države. V nadaljevanju navajam standarde, ki določajo razrede protizdrsnosti in načine meritev v EU:

- SIST EN 4508:2009 (Evropa),
- DIN 51097 (Evropa),
- DIN 51130 (Evropa),
- Direktiva EU št. 89/654 (varnost na delovnem mestu),
- ZVZD-1 (Slovenija).

Kljub enaki zakonodaji so zapisani standardi ti dopolnjeni z nacionalnim dodatkom posamezne države, ki pa je lahko v določenih primerih pomemben jeziček na tehtnici pri določanju smernic. Eden izmed večjih problemov pri določanju protizdrsnosti je izvajanje meritev. Različne države EU so namreč posvojile različne metodologije in načine testiranja, kar lahko prinese veliko zmedo. V nadaljevanju predstavljam te razlike:

- Nihalo: v Veliki Britaniji je nihalo uradno sprejeta metoda izvajanja meritev protizdrsnosti, ki jo priporočata UKSRG (vodilni svetovni neodvisni organ s področja protizdrsnosti) in HSE (Urad za zdravje in varnost pri delu). Rezultat izvajanja te metode je PTV ali vrednost nihajnega testa (angl. Pendulum Test Value).
- Klančina: klančina je uradno sprejeta metoda merjenja protizdrsnosti v Nemčiji, Avstriji in državah Beneluksa. Dobljene vrednosti se klasificirajo v razrede, ki so poznani po klasifikacijah R9-R13.
- Tribometer Tortus: priljubljena metoda merjenja protizdrsnosti v Italiji. Z izvedbo meritev dobimo koeficient dinamičnega trenja.

V Sloveniji se srečujemo z vsemi tremi različicami meritev protizdrsnosti. Zaradi njihove različne namembnosti se omenjene metode med seboj dobro dopolnjujejo. Nihalo in tribometer sta zaradi prenosljivosti metodi, ki sta najuporabnejši metodi na terenu, klančina pa meri protizdrsnost v laboratoriju s pomočjo simulacije.

Pri vprašanju protizdrsnosti je treba upoštevati tudi zakonodajo s področja varnosti pri delu. V svetovnem merilu predstavljajo lažje ali celo težje poškodbe na delovnem mestu, kjer je glavni razlog zdrs, visok delež bolniškega staleža in vloženih odškodninskih zahtevkov. V EU in Sloveniji pred podobnimi poškodbami zaposlene in obiskovalce industrijskih in komercialnih objektov varuje pristojna zakonodaja:

- ZVZD-1: V 5. in 19. členu zakon delodajalcu natančno in nedvoumno nalaga odgovornost zagotavljanja varnega delovnega okolja, spremljanja morebitnih spreminjajočih se okoliščin, zagotavljanja primerne delovne opreme in vodenja dokumentacije z natančnim podajanjem ocene tveganja za vsako delovno mesto.
- Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih: pravilnik v 37., 56. in 93. členu delodajalcu natančno določa odgovornost urejenosti posameznega delovnega mesta, vključno z varno potjo do delovnega mesta znotraj objekta.

5.2 Sistemi protizdrsnih tlakov

Sistemov protizdrsnih tlakov, katerih osnova so polimerne smole, je več vrst. Med seboj se ločijo glede na uporabljen material in glede na uporabljen agregat ali aditiv, s katerim dosežemo protizdrsnost površine. V nadaljevanju predstavljam podrobnejšo razdelitev protizdrsnosti sistemov.

Najpogosteje uporabljeni protizdrsnosti sistemi so sestavljeni iz naslednjih polimernih smol, ki s svojimi lastnostmi prispevajo h kakovosti talnega sistema:

- Epoksi – epoksi materiali spadajo med najpogosteje uporabljene talne obloge v industrijskih in tudi komercialnih objektih. Njihova prednost sta predvsem cenovna dostopnost in široka uporaba. Poleg omenjenih lastnosti so njihove prednosti visoka mehanska odpornost, dobra kemijska odpornost (do 30 %), brez izrazitega vonja in dobre abrazijske lastnosti. Epoksi material nam omogoča, da izvajamo različne sisteme tlakov, od premazov, samorazlivnih tlakov do maltnih sistemov.

- Poliuretan (PU) – med prednosti PU-smol spadajo visoka prilagodljivost materiala, UV-obstojnost, odpornost proti temperaturnim šokom, nima izrazitega vonja, dobra kemična odpornost, abrazivna odpornost, možnost vgradnje pri nižjih temperaturah.
- Metil metakrilat (MMA, PMMA) – lastnosti akrilatnih smol so predvsem izredno hitro strjevanje, izjemna fleksibilnost, visoka UV-odpornost, široko temperaturno območje vgradnje, protimikrobne lastnosti in odlična kemična odpornost. Opisane lastnosti so glavni atributi, ko se naročnik odloča o vgradnji določenega sistema. Njegovi slabi lastnosti sta močan vonj in visoka cena. Z MMA-materialom lahko izvajamo premaze, samorazlivne sisteme in tudi mehansko odporne tlake. Vse omenjene sisteme je mogoče izvesti v protizdrsni izvedbi.
- Hibridni sistemi – PU-cement: PU-cement je hibridni talni sistem, ki združuje odlike PU in cementa. Tlak je tako trd in mehansko odporen, ker gre za mešanico lastnosti plastike in sintetičnih smol z lastnostmi betona. Tlak se izvaja v dveh variantah, in sicer v debelini do 6 mm in v debelini 9 mm. Sistem je antimikroben, protizdrsen, gladek, odporen na temperaturne šoke, mehansko in kemično odporen ter ima široko temperaturno območje vgradnje

Izkušnje iz prakse govorijo, da je epoksi material še vedno najpogostejše uporabljen material pri izvedbi protizdrsnih sistemov. Z različnimi modifikacijami lahko dobimo talni sistem, ki pokriva širok spekter potreb talnega sistema, ki ga določena panoga zahteva. PU ali MMA se pri izvedbi protizdrsnih sistemov najpogostejše uporabljata v primeru nujnosti odpornosti na temperaturne šoke, fleksibilnosti in časovne omejitve. Treba pa je omeniti, da se PU oz. PU-premazi pogostejše uporabljajo kot protizdrsna modificirana nadgradnja epoksi sistema, kadar je zahtevana protizdrsna in gladka podlaga.

5.2.1 Protizdrsni sistemi s posipi

Kadar govorimo o protizdrsnih sistemih, sploh o sistemih za zahtevna okolja, se ne moremo izogniti omembi različnih vrst agregata, ki poleg epoksi, PU ali MMA-smol tvorijo protizdrsní sistem. Poznamo več vrst agregatov. Med seboj se razlikujejo po granulaciji, trdoti in obliki delcev (lomljeni delci z ostrimi robovi ali delci v obliki kroglic ipd.). Protizdrsni sistem s posipi se izvaja po sistemu MULTILAYER (izvedba tlaka z večslojnimi premazi), kjer izvedemo posip pred izvedbo končnega premaza, s katerim nato določimo končni izgled tlaka – grobost

površine. Pri izvajanju protizdrsnih sistemov s posipi velja, da mora 40–60 % posipanega agregata izstopati iz površine tlaka. V nadaljevanju predstavljam različne vrste posipov, ki se najpogosteje uporabljajo pri izvedbi talnih sistemov:

- Kremenčev pesek: kremenčev pesek spada med najpogosteje uporabljen agregat, ki zagotavlja dober oprijem in je primeren za najzahtevnejša okolja. Najpogosteje ga najdemo v strojnicah, mehaničnih delavnicah, klavnicah ipd. Dobavljiv je kot barvan in naravni agregat različnih granulacij, s katerimi določamo oprijem tlaka. Na trgu je tako mogoče dobiti agregat v debelini od 0,1 mm (blažja protizdrsnost) do 1,6 mm (težja protizdrsnost).
- Aluminijev oksid – kurund: zaradi svoje trdote in ostrih robov je aluminijev oksid agregat, ki se ga uporablja v najzahtevnejših okoljih. Najpogosteje se ga uporablja v klavnicah ali mesnih obratih, kjer so tla mokra ali polna nečistoč. Dobavljiv je v več granulacijah, in sicer od 0,18 mm do 1,6 mm.
- Polipropilenske kroglice: polipropilenske kroglice so namenjene industrijskim ali komercialnim prostorom, kjer je zahtevana dokaj gladka in čista površina. Kot agregat spada med manj odporen material proti zdrsu, zato se ga uporablja v suhih prostorih, kjer je površina obremenjena zgolj s hojo. Posledično se polipropilenske kroglice najpogosteje uporabljajo za premaze pešpoti v farmacevtski industriji, razstavnih salonih, trgovinah ipd.
- Sljud: sljud spada med agregat, ki izvira iz skupine silikatnih mineralov. Talni oblogi dajejo edinstven kovinski sijaj in zagotavljajo protizdrsnost. Z obdelavo osnovnega materiala jo lahko uporabimo kot lomljen agregat, kosmiče ali prah, s čimer tudi določamo grobost površine in namembnost.
- Kosmiči: kosmiči so posebej oblikovani barvni agregati, najpogosteje na akrilatni ali epoksi osnovi, katerih primarni namen je povečanje estetskih lastnosti osnovnemu tlaku. Zaradi manjše odpornosti proti zdrsu in dekorativnih lastnosti se omenjeni agregat najpogosteje uporablja v razstavnih salonih, trgovskih centrih, poslovnih prostorih ipd. Kosmiče uporabljamo pri premazih, samorazlivnih tlakih in tudi maltnih sistemih, le da so pri slednjih zgolj kot nadgradnja obstoječega tlaka.

Navedel sem nekaj različnih agregatov, ki jih najpogosteje najdemo v industrijskih in komercialnih objektih. V industrijskih objektih je še vedno v ospredju uporabnost, zato se najpogosteje izvajajo preizkušene metode, ki naročniku dajejo praktično in zakonsko optimalno

rešitev. Več eksperimentiranja se dogaja v komercialnih in zasebnih objektih, kamor se zadnja leta pospešeno širijo talne obloge iz sintetičnih smol.



Slika 11: Agretati za izvedbo protizdrsnosti

Vir: <https://www.agsco.com/anti-slip-aggregates/>

5.2.2 Protizdrski sistemi z aditivi

Protizdrski sistemi z aditivi se najpogosteje uporabljajo na objektih, kjer so podane minimalne zahteve protizdrsnosti, oz. v nezahtevnih objektih, kjer se zahteva gladka in čista podlaga. Aditivi za protizdrsnost nastopajo v različnih agregatnih stanjih. Najpogosteje se uporabljajo aditivi v tekočem in suhem (praškastem) stanju. V praškastem stanju se najpogosteje uporabljajo silicijev dioksid v prahu, aluminijev oksid v prahu, prah iz sljuda ali prah kokosove ali orehove lupine (slednja se uporabljata redkeje). Pri omembi uporabljenih praškastih delcev gre za delce velikosti 10–30 mikronov, s čimer še vedno zagotavljamo razmeroma gladko podlago, ki pa ima boljše protizdrske lastnosti. Pri izvedbi protizdrskih sistemov s praškastimi aditivi slednje umešamo v zaključni sloj materiala in ga nanesemo na podlago. Aditivi v tekočem stanju pa se lahko uporabljajo kot sestavina osnovnega sistema ali kot nadgradnja obstoječega tlaka. Najpogosteje uporabljen tekoči aditiv je modificiran PU, ki se kot protizdrski sistem uporablja po multilayer sistemu, saj predstavlja nadgradnjo obstoječega tlaka. Nanaša se kot premaz ali kot razpršilo. Gre za transparenten material, ki zagotavlja gladko in protizdrsko površino.



Slika 12: Aditiv za protizdrsnost

Vir:

http://www.anglodirect.co.uk/product_info.php?cPath=5&products_id=356&osCsid=f1tkscbnh4r15iq4dv3qt0o0

24

5.2.3 Tiksotropirani ali strukturni sistemi

Tiksotropirani ali strukturni sistemi spadajo med fine protizdrsne sisteme, saj gre za gladko površino, kateri lastnost protizdrsnosti daje pomarančna struktura površine. Tiksotropiran ali strukturiran premaz dobimo tako, da uporabljenemu materialu (MMA, PU, epoksi) z aditivi spremenimo viskoznost. V praksi se za spremembo viskoznosti oz. zgoščevanje uporabljata Aerosil in smukec. Pri Aerosilu gre v bistvu za pirogeni silicijev dioksid, ki ima zaradi svoje strukture zelo močan zgoščevalni učinek. Velikost delcev je med 5 in 50 μm , gostota pa se giblje med 160 in 190 kg/m^3 . Smukec ali magnezijev aluminijev silikat je naravni mineral, ki ga pridobivamo iz rafinirane in prečiščene gline ter se uporablja kot polnilo in zgoščevalec v različne, predvsem kozmetične namene. Gostota magnezijevega aluminijevega silikata se giblje med 2510 in 2700 kg/m^3 . Tiksotropirani ali strukturirani sistem je mogoče izvesti le s tankim končnim slojem premaza. Zaradi lastnosti materiala ga tako lahko izvajamo zgolj kot premaz ali kot končni sloj multilayer talnega sistema. Njegova uporabnost je predvsem v suhih in nekontaminiranih prostorih, kot so kakšni razstavniki, laboratoriji, trgovine ipd., oz. prostorih, kjer niso potrebni zahtevni protizdrsni sistemi.



Slika 13: Tikotopiran premaz

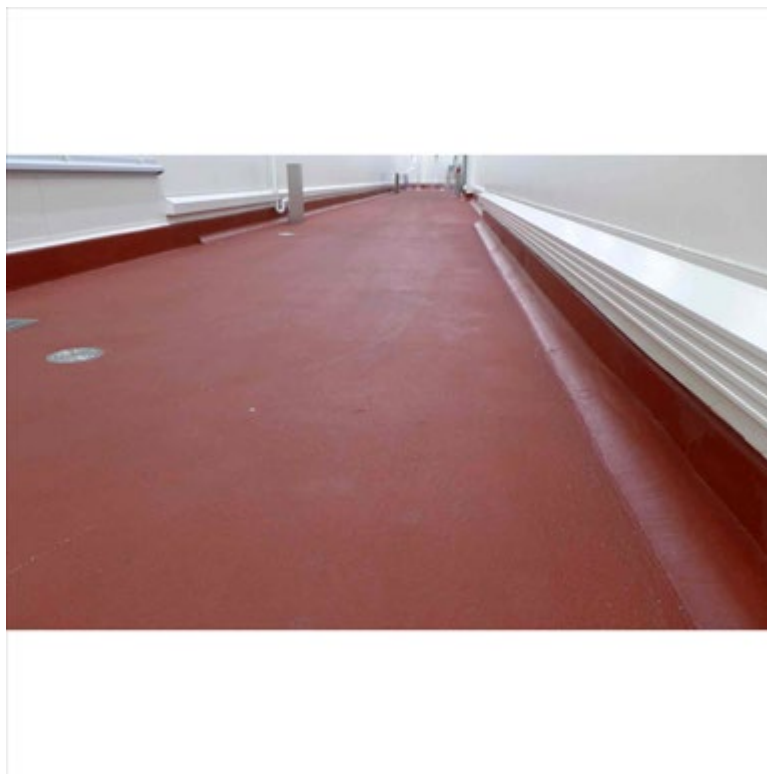
Vir: <https://rhinoflooring.com/rhinocoat-tx/>

5.2.4 Hibridni sistem – PU-cement

PU-cement je hibridni talni sistem, ki združuje lastnosti plastike in sintetične smole z lastnostmi betona. To pomeni, da PU-cement predstavlja trd, mehansko odporen talni sistem, ki uporabniku zagotavlja tudi dobro kemično odpornost in temperaturno obstojnost. Prednosti PU-cementnega tlaka so predvsem:

- hitra izvedba,
- dobra kemična odpornost,
- mehansko odporen,
- odporen na temperaturne šoke (od -40 do 130 °C),
- UV-stabilen,
- antimikroben,
- protizdrsen,
- gladek.

PU-cementni tlaki se izvajajo v dveh variantah, in sicer v debelini 6 mm in v debelini 9 mm. Dobiti ga je mogoče v več barvnih odtenkih. Njegovi največji negativni točki sta višja cena in popolnoma suha podlaga. Kot protizdrsni sistem se izkaže celo bolje kot sistemi s posipi, saj je površina gladka, izjemno protizdrsnost pa zagotavlja tudi ob stoječi vodi na tlaku.



Slika 14: PU-cement

Vir: https://www.bimobject.com/fr-be/sika/product/purcem_hm-20

5.3 Primerjava protizdrsnosti testiranih talnih sistemov

Do sedaj smo se v diplomskem delu na temo protizdrsnosti posvečali predvsem zakonodaji, opisom posameznih osnovnih smol (epoksi, PU, MMA), agregatom in različnim protizdrsnim sistemom končnega tlaka. Kljub za predstavitev problematike pomembnih podatkov pa je do sedaj vse temeljilo na teoretičnih hipotezah in ne toliko na opravljenih testiranjih. Ker pri izvedbi protizdrsnih sistemov ne poznamo točno določenih smernic, se njihova uspešnost izvedbe preverja šele po izvedbi. V nadaljevanju bi rad predstavil podatke laboratorijskega testiranja najpogostejše izvedenih protizdrsnih talnih sistemov, ki temeljijo na dokumentu iz Velike Britanije, kjer je britanski državni organ za zdravje in varnost (HSE) leta 2006 dr. Marianne Loo-Morrey in njeni skupini naročil Študijo zdrsnih/protizdrsnih lastnosti epoksi talnih sistemov. Študija zajema petnajst različnih talnih sistemov na epoksi in PU-osnovi, med

katerimi so tudi klasični »zdrski« sistemi, ki nam podajajo informacijo učinkovitosti posameznega talnega sistema po metodi preizkušanja.

5.3.1 Testiranje vzorcev

Kot sem že omenil, je študija zajemala petnajst vzorcev najpogosteje vgrajenih talnih sistemov. Opravljeni sta bili dve vrsti testiranja, in sicer test s preizkušanjem grobosti površine talnega sistema in test z nihalom. Test z nihalom je zajemal preizkus vzorca s suho in mokro površino. V nadaljevanju predstavljam rezultate obeh opravljenih testiranj.

5.3.1.1 Testiranje vzorcev s preizkušanjem grobosti površine

Tabela 6: Testiranje vzorcev s preizkušanjem hrapavosti

Vzorec	Povprečna grobost površine (μm) – Rz
PU-malta	Neprimerna hrapavost
Epoksi protizdrski sistem s posipom kroglic granulacije 1,25 mm	Neprimerna hrapavost
Epoksi samorazlivni tlak	1,36
Epoksi protizdrski premaz s kosmiči – čipi in zapolnjen s PU-premazom	12,69
Epoksi premaz	0,53
Epoksi premaz z vmesnim posipom agregata v debelini 1,5 mm	3,98
Epoksi premaz z vmesnim posipom agregata v debelini 1,0 mm	6,92
Epoksi malta s končnim PU-premazom	22,29
Epoksi premaz na vodni osnovi	1,30
Epoksi premaz s finim posipom (praškast posip)	16,47

PU-premaz	1,23
PU-protizdrsni sistem s posipom kroglic granulacije 1,25 mm	6,10
PU-premaz z vmesnim posipom agregata v debelini 1,0 mm	6,43
Matiran PU-premaz	12,84
Epoksi premaz na vodni osnovi v mat izvedbi	15,76

Vir: <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr497.pdf>

Rz je ključni kriterij pri določanju protizdrsnosti tal v primeru mokrih tal. Svetovni neodvisni organ za proučevanje protizdrsnosti (UKSRG) podaja smernice potencialno proti zdrs ob občutljivih talnih oblog, ki zajemajo suho-mokra območja z nizko fluktuacijo.

Tabela 7: Prikaz nevarnosti zdrs glede na določene vrednosti

Grobost površine (μm) – Rz	Nevarnost zdrs
Vrednosti pod 10	Visoka možnost zdrs
Vrednosti med 10 in 20	Zmerna možnost zdrs
Vrednosti med 20 in 30	Majhna možnost zdrs
Vrednosti nad 30	Zelo majhna možnost zdrs

Vir: <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr497.pdf>

Rezultati meritev so podali izjemno zanimive rezultate. Nobeden izmed testiranih vzorcev se ni uvrstil v najvišjo skupino, kar pomeni, da so vsi vzorci podvrženi nevarnosti zdrs. Pridobljene podatke pa lahko razvrstimo v naslednje skupine:

- Visoka možnost zdrs: po pričakovanjih so se najslabše odrezali vzorci z gladko in sijajno površino, ne glede na to, ali gre za epoksi ali PU-material. Razočaranje tega testa so predvsem epoksi in PU-protizdrsni sistemi z izvedenimi vmesnimi posipi, saj sem pričakoval uvrstitev v skupino talnih sistemov z majhno možnostjo zdrs.

- Zmerna možnost zdrsa: osebno sem bil presenečen, da matirani epoksi in PU-premazi prinašajo na izmenjujoči mokro–suhi podlagi boljše rezultate od sijajne izvedbe. Bil sem seznanjen, da imajo slednji boljše protizdrsne lastnosti od sijajne izvedbe, vendar takšne razlike nisem pričakoval. V skupino z zmerno zmožnostjo zdrsa se je uvrstil tudi epoksi protizdrsni sistem s kosmiči in zapolnjen s PU-smolo. Ta sistem sem pričakoval v razredu višje, saj sem predvideval, da sta grob posip s kosmiči in PU-premaz optimalna rešitev za nezahtevne objekte.
- Majhna možnost zdrsa: v skupino testiranih talnih oblog z majhno možnostjo zdrsa se je uvrstil zgolj en talni sistem, in sicer epoksi malta, zapolnjena s PU-smolo. Gre za epoksi talni sistem, polnjen s kremenčevim peskom, ki zaradi svojih ostrih robov nudi oprijem tudi v najzahtevnejših pogojih. Z nadzorovanim zapolnjevanjem epoksi sistema s PU-smolo dobimo želeno grobost in brezšivno, za vodo neprepustno oblogo.
- Zelo majhna možnost zdrsa: v skupino talnih oblog z zelo majhno možnostjo zdrsa se ni uvrstila nobena testirana talna obloga.

5.3.1.2 Testiranje vzorcev z nihalom

Tabela 8: Testiranje vzorcev z nihalom

Vzorec	Suha podlaga 3 smeri merjenja (SRV)	Mokra podlaga 3 smeri merjenja (SRV)	Nevarnost zdrsa na mokri podlagi
PU-malta	62/66/65	50/45/48	Majhna
Epoksi protizdrsni sistem s posipom kroglic granulacije 1,25 mm	82/83/91	81/79/86	Majhna
Epoksi samorazlivni tlak	90/79/82	10/12/14	Velika
Epoksi protizdrsni premaz s kosmiči – čipi in zapolnjen s PU- premazom	59/57/58	30/31/34	Zmerna
Epoksi premaz	100/98/101	11/11/11	Velika
Epoksi premaz z vmesnim posipom agregata v debelini 1,5 mm	75/72/72	64/62/56	Majhna
Epoksi premaz z vmesnim posipom agregata v debelini 1,0 mm	67/66/64	50/54/49	Majhna
Epoksi malta s končnim PU- premazom	60/61/61	44/42/44	Majhna
Epoksi premaz na vodni osnovi	87/77/80	14/14/16	Velika
Epoksi premaz s finim posipom (praškast posip)	57/60/59	49/52/47	Majhna
PU-premaz	97/88/84	8/10/11	Velika

PU-protizdrsni sistem s posipom kroglic granulacije 1,25 mm	78/70/67	56/60/61	Majhna	
PU-premaz z vmesnim posipom agregata v debelini 1,0 mm	71/70/70	56/52/56	Majhna	
Matiran PU-premaz	69/70/71	23/25/26	Velika	Zmerna
Epoksi premaz na vodni osnovi v mat izvedbi	70/63/67	61/54/58	Majhna	

Vir: <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr497.pdf>

Pridobljeni rezultati testa z nihalom so predstavili drugačno sliko testiranih vzorcev od izvedbe testa grobosti površine tlaka. Tokrat so se vrednosti testiranih vzorcev razvrstile v naslednje razrede:

- **Majhna možnost nevarnosti zdrsa (zelena):** za razliko od rezultatov testa grobosti površine so se tokrat najboljše odrezali vsi talni sistemi s posipi in aditivi (praški). Najbolje se je odrezal tudi PU-maltni sistem, ki s svojo prilagodljivostjo daje možnost nadzora grobosti površine tlaka. Slednjo lahko z zaključnim PU-slojem zalijemo do želene ali zahtevane grobosti. Kot edini sistem z majhno možnostjo zdrsa z gladko površino se je najboljše odrezal epoksi sistem na vodni osnovi v mat izvedbi. Vrednosti meritev so skoraj identične vrednostim protizdrsnih sistemov s posipi.
- **Zmerna možnost nevarnosti zdrsa (oranžna):** v to skupino sta se uvrstila oba talna sistema s PU-zaključnim slojem. Zanimivo je, da sta v tem primeru oba testa pokazala ranljivost gladkih PU-premazov, saj v obeh testih sistema dosežeta zmerno ali veliko možnost zdrsa.
- **Velika možnost zdrsa (rdeča):** v skupino testiranih vzorcev z veliko možnostjo zdrsa na mokri podlagi so se znašli vsi talni sistemi z gladko površino. Test je pokazal veliko razliko nevarnosti med testiranjem vzorca s suho in mokro podlago. Epoksi in PU-talni sistemi z gladko podlago so na suhi podlagi med boljše ocenjenimi sistemi, medtem ko se na mokri podlagi pokažejo slabe plati gladke površine.

Primerjava rezultatov izvedenih testov z metodo ugotavljanja povprečne grobosti površine tlaka in testiranja zdrsosti z nihalom dajejo zelo zanimive oz. nasprotujoče si rezultate. Največja razlika se pojavi pri talnih sistemih, za katere bi lahko trdili, da so projektirani kot protizdrsní, saj vsi vsebujejo posipe agregatov večjih frakcij. Seveda je nižje rezultate testa povprečne

grobosti površine mogoče pripisati načinu izvajanja testa in uporabljeni metodi. Test povprečne grobosti površine se je namreč izvajal s prenosno aparaturo na terenu, ki lahko kaj hitro vodi do nenatančnih podatkov. Uporabljen agregat za posipe je namreč razdeljen v različne razrede frakcij, kjer so delci različnih velikosti. Slednji lahko zelo vplivajo na rezultat testa, saj je na terenu nemogoče zajeti vse frakcije posameznega razreda agregata in tako določiti povprečno grobost površine. Za pridobitev natančnih podatkov bi bilo treba izvesti teste v laboratoriju, kjer imajo natančnejše naprave za določanje grobosti površine. Kadar izvajamo teste protizdrsnosti z nihalom in kakšno drugo aparaturo (npr. tribometrom), vedno dajemo prednost rezultatom, ki so pridobljeni z nihalom. Nihalo je široko sprejeta in standardizirana metoda pridobivanja podatkov zdrsnosti posamezne talne obloge.

6 UGOTOVITVE

Pisanja diplomskega dela o protizdrsnih sistemih sem se lotil s pričakovanjem odkritja novih tehnologij, idej in spoznavanja še nepoznanih normativov ali metodologij izvajanja meritev. Protizdrsní sistemi kot osnovo uporabljajo različne materiale (epoksi, PU, MMA, hibridni), slednji pa določajo uporabnost posameznega sistema. Epoksi material se je pokazal kot zelo prilagodljiv in široko uporaben material. Njegova trpežnost, mehanska odpornost, zmerna kemična odpornost in cenovna dostopnost mu dajejo širok spekter uporabe. PU je fleksibilen, kemično odporen, UV-stabilen in temperaturno obstojen material, ki se ga uporablja v pekarnah, farmacevtski industriji ipd. Največje odlike MMA pa so hitra izvedba, kemična in mehanska odpornost. Iz zgoraj naštetih lastnosti določenih materialov ugotovimo, da odločitev, kakšen protizdrsní sistem izbrati, ni odvisna zgolj od uporabljenega agregata ali aditiva, ampak tudi od naših potreb in možnosti. Med proučevanjem različnih tehnologij doseganja protizdrsnosti sem ugotovil, da se med materiali tehnologija doseganja protizdrsnosti v večini primerov ne razlikuje. Razočaralo pa me je dejstvo, da je dostopnost do tehničnih podatkov posameznega materiala ali tehnologije s strani proizvajalcev močno omejena. Pri proučevanju raznih aditivov za protizdrsnost sem namreč ugotovil, da gre v večini primerov za zelo fine frakcije agregatov za posip. Preden sem se lotil pisanja diplomskega dela, sem bil prepričan o spoznavanju novih tehnologij, dodatkov, možnosti modifikacije osnovnih smol ipd., pa vendar sem lahko pridobil podatke o posameznih dodatkih zgolj za komercialno rabo. Kot najbolj vsestransko uporaben protizdrsní sistem se je izkazal hibridni PU-cementni tlak. Zaradi njegove mehanske odpornosti, gladke površine, kemične odpornosti, izjemnih protizdrsnih lastnosti v mokrem režimu in odpornosti na toplotne šoke se je talni sistem izkazal kot najbolj uporaben sistem za zahtevna in manj zahtevna okolja. Kot negativna lastnost sta izpostavljena predvsem cena in suhost podlage. Največje razočaranje pa sem doživel ob spoznanju, da so talni sistemi, protizdrsní ali kateri drugi, popolnoma nezanimivi za znanstveno delo. Med proučevanjem literature je namreč zelo težko najti kakšno znanstveno delo s področja talnih sistemov, še posebej s področja protizdrsnosti. V diplomskem delu sem predstavil študijo na temo protizdrsnosti, ki jo je naročil britanski organ za varstvo in zdravje pri delu. Študija primerja različne talne sisteme in kot najprimernejšega za moker režim izpostavi epoksi ali PU-talni sistem s posipi kremenčevega peska v granulaciji 1,00–1,5 mm. Pri študiji o protizdrsnosti talnih sistemov me je bolj kot sami rezultati meritev presenetilo dejstvo zavedanja neustreznih metodologij izvajanja meritev, katerih rezultati so lahko glede na način izvajanja neustrezni.

7 SKLEP

Tlakarska dela spadajo med zahtevnejše posege v zaključnih gradbenih delih. Uporabnika industrijskega objekta je treba prepričati o dolgoročni smotrnosti kakovostne izvedbe sanacije obstoječega tlaka in mu izpostaviti možnost nastajanja večjih stroškov v prihodnosti, ki bodo posledica obsežnejše sanacije in ustavljanja proizvodnje.

V diplomskem delu sem poskušal zajeti čim večji obseg sanacijskih del, s katerim sem želel prikazati pomembnost opravljanja kakovostne priprave podlage in da pri izvedbi tlakarskih del ne gre zgolj za »polivanje« materiala. V praksi se večkrat srečujemo z nepoznavanjem različnih vrst talnih sistemov in materialov, ki z različnimi lastnostmi uporabniku omogočajo izbiro najbolj optimalne rešitve. V delu sem posebno pozornost namenil načinom kontrole izvedbe tlakarskih del ter omenil normative in pristojno zakonodajo. Če želimo izvesti kakovostni tlak, je nujno treba izvajati vmesne kontrole oprijema, vlažnosti v zraku ali betonski podlagi. Slednje lahko negativno vpliva na končno podobo izvedenega tlaka. Na primeru sanacije betonskega tlaka na objektu ACB Hrušica sem želel prikazati primer kakovostne rešitve dotrajanega in neustreznega tlaka. Razpokana in dotrajana betonska podlaga ni zadostovala uporabniškimi in tudi ne okoljskim kriterijem. V osrednjem delu sem se posvetil proučevanju protizdrsni sistemov in na podlagi britanske študije tudi predstavil najustreznejši protizdrski sistem v mokrem režimu. Pred začetkom pisanja diplomskega dela sem zastavil nekaj hipotez, ki so temeljile na dosedanjih izkušnjah in kančku radovednosti, ali bi bilo mogoče treba razmišljati drugače. Pred pisanjem sem postavil naslednje hipoteze:

Najboljši protizdrski sistem je posip s kremenčevim peskom.

Postavljena hipoteza je temeljila na dosedanjih izkušnjah, saj se je v mokrih in kontaminiranih okoljih izkazala za najbolj optimalno rešitev. Po opravljenem raziskovanju lahko podano hipotezo le delno potrdim. Moji hipotezi je pritrnila tudi britanska študija, ki je z metodologijo merjenja z nihalom ugotovila, da v mokrem režimu protizdrski sistem s kremenčevim peskom nudi najbolj optimalen oprijem. Omenjena študija pa ni zajela hibridnega sistema PU-cement, ki kljub gladki podlagi nudi izjemno protizdrsnost tudi v primeru »poplave«. Zaradi protizdrsnosti in drugih lastnosti je hibridni sistem tlaka najbolj optimalna rešitev široke uporabne vrednosti.

Stik med kanaletu in zaključnim tlakom je nemogoče kakovostno sanirati.

Tudi ta hipoteza je temeljila na določenih lastnih izkušnjah in izkušnjah drugih izvajalcev. Pri proučevanju problematike kakovostne sanacije stika med kanaletu in tlakom sem naletel na raziskavo vidnega proizvajalca materialov talnih sistemov in proizvajalca sistemov za odvodnjavanje. Oba sta se namreč kljub dolgoletnim izkušnjam in znanju soočala z reklamacijami in kratkotrajnimi rešitvami problematike. Rezultat skupnega znanstvenega dela je za izvedbo kakovostne sanacije razumljiv. Univerzalna rešitev ne obstaja. Vsako rešitev je treba projektirati posamezno za vsak objekt. Dejstvo je, da se v industrijskih objektih soočamo z različnimi obremenitvami, kot so mehanske, kemične, toplotne ipd., ki same po sebi zahtevajo posebne vrste materialov in tehnologij, s katerimi lahko izvedemo kakovostno sanacijo. Tudi tej hipotezi lahko le delno pritrdim, vendar z utemeljitvijo individualne obravnave.

Pomanjkljivi pravilniki o protizdrsnosti so eden izmed glavnih razlogov spora med izvajalcem in naročnikom.

Med proučevanje zakonodaje in pravilnikov sem ugotovil, da je področje določanja protizdrsnosti zelo širok pojem. Skupne evropske zakonodaje, ki bi določala normative protizdrsnosti in veljavne metodologije merjenja, še ni na vidiku. Obstajajo sicer določeni skupni standardi DIN, ki pa v vseh državah ne predpisujejo enake metodologije merjenja, hkrati pa so tu še nacionalni zakoni s področja varstva pri delu in nacionalni dodatki. Razlike med evropskimi državami se pojavijo že pri priznavanju določene metodologije merjenja protizdrsnosti. V Veliki Britaniji velja za priznana metodo merjenja protizdrsnosti nihalo, v državah Beneluksa in Nemčije je priznana metodologija merjenja s klančino, v Italiji pa namenljajo veliko pozornost merjenju s tribometrom. V tem primeru se je postavljena hipoteza izkazala za pravilno. Ohlapna zakonodaja, več vrst priznanih metodologij meritev in nepoznavanje slednjih s strani uporabnika lahko privedejo do spora glede grobosti podlage in izgleda samega tlaka.

8 VIRI IN LITERATURA

- AGSCO. (2021). *AGSCO*. Pridobljeno z Antislip aggregates: <https://www.agsco.com/anti-slip-aggregates/>
- ANGLODIRECT. (1. julij 2012). *ANGLODIRECT*. Pridobljeno z antislip additive: http://www.anglodirect.co.uk/product_info.php?cPath=5&products_id=356&osCsid=f1tkscbnh4r15iq4dv3qt0o024
- BECOSAN. (04. Maj 2020). *BECOSAN*. Pridobljeno s PU CONCRETE - What is polyurethane concrete: <https://www.becosan.com/pu-concrete-what-is-polyurethane-concrete/>
- Belšak, U. -l. (2020).
- BIM OBJECT. (25. april 2018). *BIM OBJECT*. Pridobljeno s Purcem 20: https://www.bimobject.com/fr-be/sika/product/purcem_hm-20
- Borštnar, D. (brez datuma). *Zbornica VZD*. Pridobljeno s <http://www.zbornica-vzd.si/media/6-Protizdrsna%20zascita%20tal%20in%20meritve.pdf>
- Bučar, F. (2012). *Rojstvo države*. Ljubljana: Didakta.
- DARS. (brez datuma). *DARS*. Pridobljeno z DARS Vzdrževanje: <https://www.dars.si/Vzdrzevanje>
- DEGAFLOOR. (brez datuma). *DEGAFLOOR*. Pridobljeno z What's the difference between epoxy, PU and MMA: <https://www.degafloor.com/mma-resin-pu-epoxy-flooring/>
- Everaldo Bonaldo, J. O. (2004). *Bond characterization between concrete base and repairing SFRC by pull-off tests*. Guimarães: Universidade de Minho - Departamento de Engenharia Civil.
- Fingra, d. o. o. (2009). *FINGRA, d. o. o.* Pridobljeno s Fingra – Partner: <http://www.fingra.si/partner.php>
- FLOWCRETE. (2021). *FLOWCRETEASIA*. Pridobljeno z The Ultimate Introduction to Epoxy Flooring: <https://www.flowcreteasia.com/technical-zone/the-ultimate-introduction-to-epoxy-flooring/>

- GILSON COMPANY. (brez datuma). *GILSON COMPANY*. Pridobljeno s Pull-Off Adhesion Tester: <https://www.globalgilson.com/pull-off-adhesion-tester>
- KISH COMPANY. (2014). *KISH COMPANY*. Pridobljeno s Specialty Additives: <http://www.kishcompany.com/index.php/specialty-additives>
- Loo-Morrey, D. M. (2006). *HSE - Health and Safety Executive*. Pridobljeno z RR458. A study of the slip characteristics of applied epoxy resin flooring and thin coat epoxy base materials: <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr497.pdf>
- NCC Resin Flooring site. (2020). *NCC Resin Flooring site*. Pridobljeno z Acrylic (MMA/PMMA) Resin Flooring Technologies: <https://www.resinflooringsite.co.uk/technologies/acrylic-resin-flooring.html>
- PLEXI CHEMIE. (25. februar 2014). *PLEXI CHEMIE*. Pridobljeno s Slip resistance 101: <https://plexi-chemie.com/nonslipepoxyfloorcoatings/>
- POLYFLOOR. (2020). *POLYFLOOR*. Pridobljeno z ALUMINO-SILICATE GLASS FIBRE MESH: <https://www.polyflor.com.au/product/alumino-silicate-glass-fibre-mesh/>
- PRIME COAT Coating Systems. (22. december 2016). *PRIMECOAT Coating systems*. Pridobljeno s Polymer Floor Coatings: A Quick Guide for Easy Selection: <https://primecoat.com/polymer-floor-coatings-quick-guide-easy-selection/>
- RHINO FLOORING. (2021). *RHINO FLOORING*. Pridobljeno z RHINOCOAT TX: <https://rhinoflooring.com/rhinocoat-tx/>
- SLIPTEST. (brez datuma). *SLIPTEST*. Pridobljeno s Pendulum slip testing: <https://www.sliptest.info/services/pendulum-slip-testing>
- Sotler, G. (27. junij 2019). *Anti slip coatings - Do it yourself*. Pridobljeno s Safety Direct America: <https://safetydirectamerica.com/germanys-din-51130-slip-test-whats-it-good-for/>
- Turnšek, T. (2002). *Izvedba epoksidnih industrijskih oblog: diplomsko delo visokošolskega strokovnega študija*. Maribor.
- Vir: PROJEKT, d. o. o. (2020). Načrt objekta B – garaže ACB Hrušica. Slovenija.