

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA

MARIBOR

REMONT IN REKONSTRUKCIJA LIVARSKE TALILNE PEČI T4

Kandidat: Damir Vogrinec

Vrsta študija: študent izrednega študija

Študijski program: gradbeništvo

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

Mentorica v podjetju: Natalija Vindiš, univ. dipl. gosp. inž. grad.

Lektorica: mag. Nataša Koražija, prof. slov.

Maribor, 2022

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Damir Vogrinec sem avtor diplomskega dela z naslovom Remont in rekonstrukcija livarske talilne peči T4, ki sem ga napisal pod mentorstvom Vladimirja Dragorajaca, 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 plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli, kot moje lastne kaznivo po Zakonu o avtorski in sorodnih pravicah (Uradni list RS, št. 16/07 – uradno prečiščeno besedilo, 68/08, 110/13, 56/15 in 63/16 – ZKUASP); prekršek pa podleže tudi ukrepom Višje strokovne šole Academia Maribor skladno z njenimi pravili,
- skladno z 32. a-členom ZASP dovoljujem Višji strokovni šoli Academia Maribor objavo diplomskega dela na spletnem portalu šole.

Maribor, junij 2022

Podpis študenta:

ZAHVALA

Zahvalil bi se mentorjema Vladimirju Dragorajcu in Nataliji Vindiš za vso pomoč in nasvete pri pisanju diplomskega dela. Zahvala gre tudi vsem sodelavcem z gradbenega vzdrževanja za dobro sodelovanje.

Zahvalil bi se tudi vsem bližnjim, ki so me spodbujali pri pisanju diplomskega dela.

POVZETEK

V podjetju, kjer sem zaposlen, se že desetletja ukvarjamo s proizvodnjo aluminija in pretapljanjem odpadnega aluminija. Zato sem želel najti ustrezno temo oziroma projekt, kjer bi se dalo prenoviti pristop in organizacijo dela ter to ustrezno opisati in predstaviti. Ker so v planu dela predvideni različni remont in obnove talilnih peči, sem se odločil, da v diplomskem delu predstavim obnovo talilne peči. Po raziskavi vseh peči v podjetju sem se odločil, da predstavim obnovo talilne peči T4, saj je bila predvidena menjava obeh tal vključno z menjavo materiala v delovnem sloju glavne komore in šamotne obzidave v betonska polja z ognjeodpornim betonom. V sklopu diplomskega dela sem želel dokazati, da lahko pravilen pristop organizacije dela privede do hitrejši in rentabilnejši izvedbi del oziroma remonta, da je nova izvedba delovnega sloja ugodnejša in lažja za vzdrževanje ob naslednjih obnovah. Diplomskega dela sem se lotil tako, da sem pridobil potrebno gradivo o talilni peči in materialih, ki so vanjo vgrajeni. Na voljo sem imel tudi podatke, kako se je delovni sloj glavne komore izvajal do zdaj. Opisal sem postopek izvedbe delovnega sloja v glavni komori s šamotno opeko ter postopek izdelave delovnega sloja z betonskimi polji in naštel prednosti in slabosti. Izračunal sem stroške materiala in stroške dela za izdelavo delovnega sloja glavne komore s šamotno opeko in za izdelavo z betonskimi polji. Te stroške sem navedel v tabeli, jih primerjal in analiziral. Naredil sem tudi izračune za število stikov za izdelavo komore s šamotno opeko in za izvedbo delovnega sloja z betonskimi polji iz ognjeodpornega betona. Po dokončanih izračunih sem v tabeli obe izvedbi primerjal in utemeljil. Pri betoniranju betonskih polj se je betonska mešanica pred vgradnjo zaradi lažjega vgrajevanja hladila. Ker sem hotel raziskati, če hlajenje vpliva neposredno na tlačno trdnost in ne samo na lažje vgrajevanje betona, sem med remontom izdelal betonske kocke (vzorci), na katerih sem kasneje s pomočjo hidravlične stiskalnice preverjal tlačno trdnost. Podatke sem nato vnesel v tabelo in jih analiziral. Lotil sem se tudi izdelave dveh organizacij dela, in sicer ene v enoizmenskem in druge v dvoizmenskem delavniku. To sem naredil tako, da sem s pomočjo programa Excel za vsako organizacijo pripravil tabelo, v kateri sem prikazal, koliko delavcev in koliko časa je potrebno za določeno delo in celoten remont. Za vsak dan posebej sem zapisal načrtovan obseg dela. Oba delavnika sem primerjal in se glede na kriterije, ki so bili na razpolago, odločil za pravilno organizacijo dela.

Ključne besede: šamotna opeka, ognjeodporni beton, stroški, organizacija, stik, delovni sloj.

ZUSAMMENFASSUNG

Sanierung und Umbau des Schmelzofens der Gießerei T4

Mein Unternehmen ist seit Jahrzehnten in der Aluminiumproduktion und im Umschmelzen von Aluminiumschrott tätig. Daher wollte ich ein geeignetes Thema oder Projekt innerhalb des Unternehmens finden, bei dem der Ansatz und die Organisation der Arbeit erneuert und angemessen beschrieben und dargestellt werden können.

Da der Arbeitsplan verschiedene Überholungen und Sanierungen der Schmelzöfen vorsah, beschloss ich, die Sanierung des Schmelzofens in meiner Diplomarbeit darzustellen. Nachdem ich alle Öfen des Unternehmens untersucht hatte, beschloss ich, die Sanierung des Schmelzofens T4 vorzustellen, denn es war geplant, beide Böden auszutauschen, einschließlich des Materialwechsels in der Arbeitsschicht der Hauptkammer von Schamotte zu Betonfeldern mit feuerfestem Beton. Im Rahmen meiner Diplomarbeit wollte ich zeigen, dass die richtige Arbeitsorganisation zu einer schnelleren und kostengünstigeren Durchführung der Arbeiten bzw. der Überholung führen kann und dass die neue Gestaltung der Arbeitsschicht bei späteren Überholungen günstiger und leichter zu pflegen ist. Für meine Diplomarbeit habe ich mir das nötige Material über den Schmelzofen selbst und die darin verbauten Materialien besorgt. Ich hatte auch Informationen darüber, wie die Arbeitsschicht der Hauptkammer bisher ausgeführt worden ist. Ich habe das Verfahren zur Herstellung der Arbeitsschicht in der Hauptkammer mit Schamottesteinen und das Verfahren zur Herstellung der Arbeitsschicht mit Betonfeldern beschrieben und die Vor- und Nachteile aufgeführt. Ich habe die Material- und Arbeitskosten für den Bau der Arbeitsschicht der Hauptkammer mit Schamottesteinen und für den Bau mit Betonfeldern berechnet. Ich habe diese Kosten tabellarisch erfasst, verglichen und analysiert. Ich habe auch Berechnungen für die Anzahl der Fugen für den Bau der Kammer mit Schamottesteinen und für die Ausführung der Arbeitsschicht mit Betonfeldern aus feuerfestem Beton durchgeführt. Nach Abschluss der Berechnungen habe ich die beiden Entwürfe in einer Tabelle verglichen und begründet. Bei den Betonfeldern wurde die Betonmischung vor dem Einbau gekühlt, um den Einbau zu erleichtern. Da ich untersuchen wollte, ob sich die Abkühlung direkt auf die Druckfestigkeit und nicht nur auf die Einbaubarkeit des Betons selbst auswirkt, habe ich während der Renovierung Betonwürfel (Proben) hergestellt, die ich später mit einer hydraulischen Presse auf ihre Druckfestigkeit geprüft habe.

Anschließend habe ich die Daten in eine Tabelle eingegeben und ausgewertet. Ich habe mich auch daran gemacht, zwei Arbeitsorganisationen zu schaffen, eine für einen Einschicht-Arbeitstag und eine für einen Zweischicht-Arbeitstag. Dazu habe ich mit Excel für jede Organisation eine Tabelle erstellt, aus der hervorgeht, wie viele Mitarbeiter und wie viel Zeit für eine bestimmte Aufgabe und die gesamte Überholung benötigt werden. Für jeden Tag habe ich genau aufgeschrieben, was an diesem Tag zu tun ist. Ich verglich die beiden Arbeitstage und entschied mich für die richtige Organisation der Arbeit nach den verfügbaren Kriterien.

Stichworte: *Schamottestein, Feuerfest, Kosten, Organisation, Kontakt, Arbeitsschicht.*

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 PROJEKTNi SKUPINI	8
3	LIVARSKA PEČ T4	11
3.1	NAMEN LIVARSKÉ TALILNE PEČI	11
3.2	OPIS PEČI IN POSTOPEK PRETAPLJANJA ALUMINIJA	12
3.3	MATERIALI, UPORABLJENI PRI OBZIDAVI PEČI.....	14
3.3.1	<i>Preizkušanje ognjevarnih materialov</i>	<i>16</i>
4	IZVEDBA DELOVNEGA SLOJA KOMORE.....	22
4.1	KLASIČNA IZVEDBA POSTOPKA	22
4.1.1	<i>Opis postopka</i>	<i>22</i>
4.1.2	<i>Prednosti in slabosti obzidave s šamotno opeko.....</i>	<i>25</i>
4.2	NOVA IZVEDBA DELOVNEGA SLOJA PEČI Z BETONSKIMI POLJI	25
4.2.1	<i>Opis postopka dela</i>	<i>25</i>
4.2.2	<i>Prednosti in slabosti izvedbe z betonskimi polji</i>	<i>27</i>
4.2.3	<i>Hlajenje betona pred vgradnjo na 12 stopinj Celzija.....</i>	<i>28</i>
4.3	PRIMERJAVA ŠTEVILA STIKOV	30
5	PRIMERJAVA STROŠKOV IZVEDBE DELOVNEGA SLOJA S KLASIČNO OBZIDAVO IN IZVEDBO Z BETONSKIMI POLJI.....	35
5.1	IZRAČUN STROŠKOV IZVEDBE S KLASIČNO OBZIDAVO	35
5.1.1	<i>Stroški materiala.....</i>	<i>35</i>
5.1.2	<i>Stroški dela</i>	<i>38</i>
5.2	IZRAČUN STROŠKOV IZVEDBE Z NOVO METODO BETONIRANJA Z BETONSKIMI POLJI	39
5.2.1	<i>Stroški materiala.....</i>	<i>39</i>
5.2.2	<i>Stroški dela</i>	<i>43</i>
5.3	PRIMERJAVA IZRAČUNA IN UGOTOVITVE	43
6	ORGANIZACIJA IZVEDBE REMONTA.....	44
6.1	ORGANIZACIJA DELA V ENOIZMENSKEM DELAVNIKU PO 10 DELOVNIH UR	46
6.2	ORGANIZACIJA DELA V DVOIZMENSKEM DELAVNIKU PO 8 DELOVNIH UR.....	48

6.3	PRIMERJAVA OBEH ORGANIZACIJ DELA.....	52
7	SKLEP	53
8	VIRI, LITERATURA.....	55
9	PRILOGE.....	56

KAZALO SLIK

SLIKA 1:	TLORIS GLAVNE KOMORE	9
SLIKA 2:	PREREZ GLAVNE KOMORE.....	9
SLIKA 3:	LIVARSKA PEČ T4.....	11
SLIKA 4:	PRIKAZ TALILNE PEČI T4 Z OZNAČENIMI ELEMENTI	12
SLIKA 5:	HEMA PEČI T4.....	13
SLIKA 6:	SERGERJEVE PIRAMIDE	19
SLIKA 7:	OPAŽEVANJE IN BETONIRANJE NAKLONKEGA IZOLACIJSKEGA BETONA	23
SLIKA 8:	OPAŽEVANJE IN BETONIRANJE DELOVNEGA SLOJA	26
SLIKA 9:	KONČANA KOMORA PREMAZANA Z ZAŠČITNIM PREMAZOM	27
SLIKA 10:	KRIVULJA SUŠENJA BETONSKIH KOCK	29
SLIKA 11:	VZORCI BETONA	29

KAZALO TABEL

TABELA 1:	DOVOLJENO ODPSTOPANJE OD DIMENZIJ	17
TABELA 2:	REZULTATI PREDHODNO HLAJENE MASE	30
TABELA 3:	REZULTATI MASE PRI SOBNI TEMPERATURI	30
TABELA 4:	PRIKAZ STIKOV.....	34
TABELA 5:	PRIKAZ STROŠKOV MATERIALA	37
TABELA 6:	PRIKAZ STROŠKOV DELA	38
TABELA 7:	PRIKAZ STROŠKOV MATERIALA	42
TABELA 8:	PRIKAZ STROŠKOV DELA	43
TABELA 9:	POPIS DEL	44

1 UVOD

1.1 Opis področja in opredelitev problema

Tema mojega dela izvira in metalurgije, natančneje iz proizvodnje pretapljanja odpadnega aluminija. Pri procesu pretapljanja aluminija ima veliki pomen sama obzidava peči, najbolj pa delovni sloj peči, ki je v neposrednem stiku s talino. Metoda obzidavanja je dokaj zastarana in zamudna, zato sem iskal boljše rešitve za izvedbo delovnega sloja komore.

Diplomsko delo je napisano v okviru krovne teme poklicna etika v gradbeništvu. Za to temo diplomske naloge sem se odločil, ker želim svojemu podjetju prikazati nove načine oziroma metode za izboljšanje kakovosti gradbenih projektov.

Menim, da je dobra organizacija dela ključnega pomena za uspešno izvedbo katerega koli projekta. Z dobro organizacijo lahko dosežemo, da se projekt izvede hitreje kakovostno in rentabilno. Pravilna izbira delovnega sloja pripomore k daljši uporabi talilne peči, lažji izvedbi vseh prihodnjih remontov, kar zmanjša stroške izvedbe.

1.2 Namen, cilji in osnovne trditve

Nameni in cilji diplomskega dela:

- pridobiti čim več znanja o ognjeodpornih betonih oziroma na splošno o ognjeodpornih materialih in o njihovi pravilni rabi in vgradnji;
- s pridobljenim znanjem v prihodnjih obnovah in prenovah peči prispevati k hitrejšim in kakovostnejšim izvedbam dela;
- preučiti razlike v vgradnji ognjeodpornega betona in šamotne opeke ter raziskati, kaj je bolj rentabilno in se na dolgi rok bolj izplača.

Hipoteze:

- **H1:** Betoniranje po poljih je za 10 % finančno bolj ugodno kot zidanje s šamotno opeko.
- **H2:** Hlajenje betona pred vgradnjo na 12 stopinj Celzija pripomore k večji trdnosti in lažjemu vgrajevanju betona.
- **H3:** Betoniranje po poljih prenese manj stikov in posledično lažje vzdrževanje peči.
- **H4:** Dobra organizacija dela prinese hitrejšo in rentabilno izvedbo remonta.

1.3 Predpostavke in omejitve

Omejitve pri diplomskem delu je predstavljalo pomanjkanje literature, saj je bila večina gradiv starejših od 20 let. Tista gradiva, ki sem jih imel na razpolago pri podjetju, so bila omejena zaradi poslovnih skrivnosti.

1.4 Uporabljene raziskovalne metode

Pri pisanju diplomskega dela sem uporabljal naslednje raziskovalne metode:

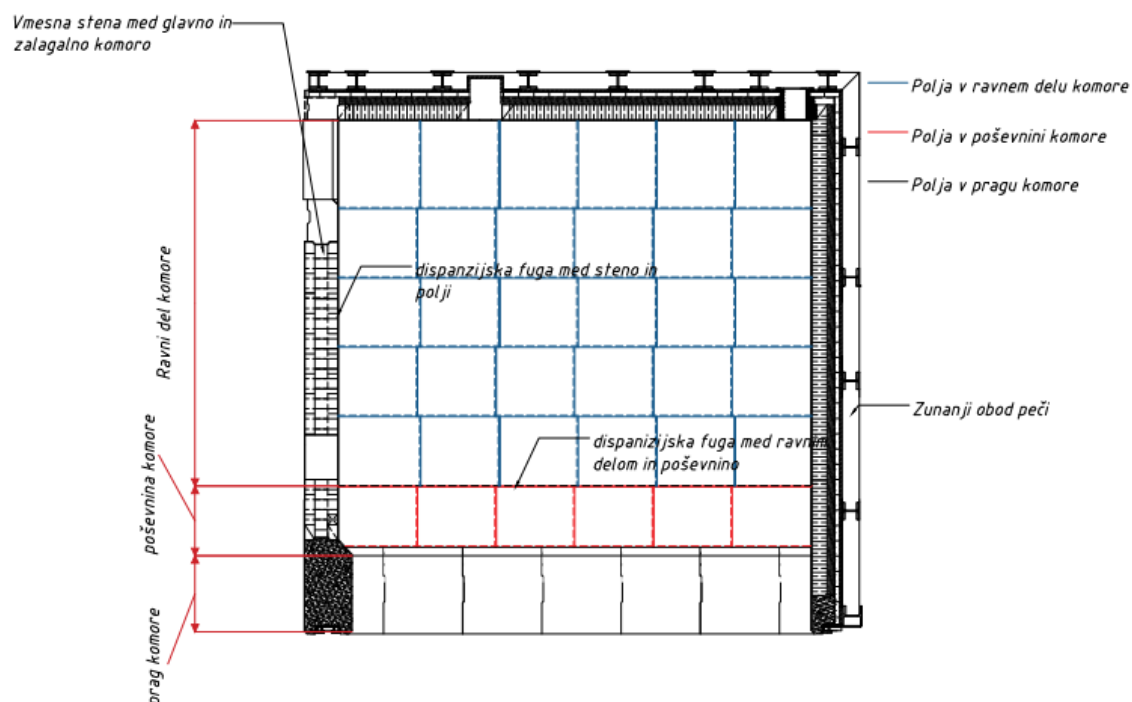
- metodo deskripcije (postopek enotnega opisovanja dejstev, procesov in predmetov v naravi in družbi ter njihovih odnosov in zvez). To metodo sem uporabil pri opisovanju livarske talilne peči in postopkih izvedbe remonta;
- matematično metodo (sistematični postopek, ki vključuje uporabo matematične logike, matematičnih formul, simbolov in operacij). To metodo sem uporabil pri izračunih stikov med šamotno opeko in betonskimi polji pri izračunih boljšega časovnega termina in pri izračunih stroškov;
- eksperimentalno metodo (postopek opazovanja pojava, ki ga raziskujemo pod točno določenimi pogoji, ki dovoljujejo, da spremljamo tok pojava in da se ta vsakokrat pri ponavljanju enakih pogojev ponovno izzove). To metodo sem uporabil pri testiranju betonskih kock. Področje raziskovanja je gradbeništvo.

2 DELO V PROJEKTNi SKUPINI

Ker je delo v projektni skupini zaradi različnih karakterjev in pristopov do dela bolj produktivno in lažje izvedljivo, smo se na Akademii odločili, da bomo opravili delo v projektni skupini. Pred prvim srečanjem smo imeli nalogo rešiti dva osebnostna testa, Belbinov test za ocenjevanje vlog v skupini in Myerssov test osebnosti. Na osnovi rezultatov obeh testov smo se nato na prvem srečanju za pripravo diplomskega dela razdelili v skupine. Testa sta mi namenila vlogo zaključevalca.

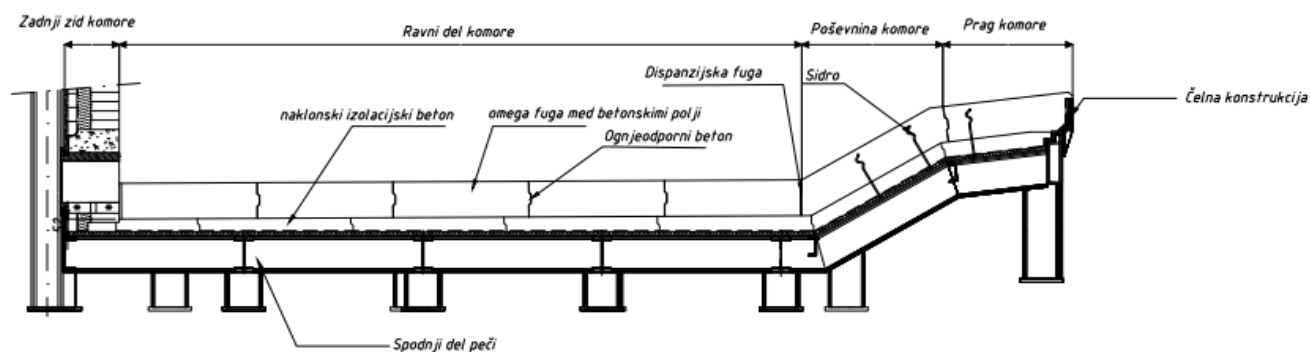
Za zaključevalce je značilno, da imajo veliko pozornost za podrobnosti in sposobnost za končevanje zadev. Redko se lotijo nečesa, česar ne končajo. Motivira jih notranja tesnoba, čeprav lahko na zunaj delujejo umirjeno. Običajno gre za introvertirance, ki ne potrebujejo mnogo spodbud od zunaj. Zaključevalci ne marajo brezbržnosti in so nestrpni do ljudi s preveč sproščenim odnosom do dela. Zaključevalci so neprecenljivi, kjer naloge zahtevajo tesno koncentracijo in visoko stopnjo natančnosti. V ekipi spodbujajo občutek nujnosti in so dobri pri izpolnjevanju rokov. Kot vodje se odlikujejo po visokih standardih, h katerim se zavezujejo, njihovi skrbi za natančnost, pozornosti do podrobnosti in sposobnosti, da zaključijo zadeve. Njihova moč je možnost, da izpolnijo svoje obljube in delovanje v skladu z najvišjimi standardi.

Kot omenjeno smo se na podlagi teh testov razdelili v skupine. Na srečanjih smo v teh skupinah delali v na temo svojih diplomskih nalog kot skupen projekt. V skupini smo delovali 4 študentje z različnimi vlogami. Moja vloga kot zaključevalca je bila, da izvajam naloge, za katere smo se vnaprej dogovorili. Za namene diplomskega dela sem izdelal dva pogleda nove izvedbe delovnega sloja glavne komore z betonskimi polji. Pogleda zajemata tloris (slika 1) in stranski pogled glavne komore (slika 2), v kateri so označeni pomembnejši deli. Obod talilne peči je narejen iz jekla, ki je obzidan in obdelan z ognjeodpornimi materiali, ki so primerni za taljenje aluminija.



Slika 1: Tloris glavne komore

Vir: (lasten vir)



Slika 2: Prerez glavne komore

Vir: (lasten vir)

V skupini sem navedel, da je sta ravninski del in poševnina lavne komore zazidana is šamotne opeke, prag pa je narejen iz betonskih polj iz ognjeodpornega betona. Ker pa je v bil v planu remont talilne peči in bi izvedba celotnega delovnega sloja pomenila novi način izvedbe, smo v skupini sklenili, da je najbolj smotrno preračunati, katera izvedba je cenejša in hitrejše

izvedljiva. Dela v projektni skupini smo se lotili sistematično. Najprej smo si pridobili vse potrebne informacije o ognjeodpornih materialih (ceno, kakovost, lastnosti in dimenzije). Nato smo s pomočjo programa Excel naredili popis vseh del, ki jih je treba izvesti, izračunali količino materiala in naredili terminski plan, koliko dni oziroma koliko delavcev bi potrebovali vsak dan oziroma za vsako delo. Na podlagi izračunov smo potem primerjali izvedbo delovnega sloja s šamotno opeko in izvedbo z betonskimi polji z ognjeodpornim betonom primerjali in se odločili za najprimernejšo izvedbo.

Delo v projektni skupini je potekalo uspešno in dobro koordinirano, tako da je vsak član ekipe vedel, kaj mora storiti za uspešno izvedbo. Čeprav so bile naloge enakomerno razporejene po članih ekipe, smo se nastalih problemom lotili skupaj in tako prišli do zelene rešitve. Ugotovili smo, da dobra organizacija dela in timsko delo pripomoreta k hitrejšim rešitvam, kot pa če bi se projekta lotili posamezno.

3 LIVARSKA PEČ T4

3.1 Namen livarske talilne peči

Dvokomorna talilna peč z jaškom je namenjena pretapljanju odpadnega aluminija. Ta je lahko površinsko onesnažen z olji, barvo in plastiko, delež teh premesi lahko znaša v povprečju največ 5 % (posamezne šarže do največ 7 %). S primesmi dovedena energija se porabi v procesu gorenja, tako da iz premesi nastali plini zgorijo pred glavnim gorilnikom peči. Postopek taljenja je avtomatiziran, nadzorni del peči sistem peči skrbi za ustrezno dinamiko polnjenja peči. Hkrati pa usklajuje talilno moč z vnosom energije preko gorilnikov. Dimni plini, ki nastanejo med taljenjem, se preko čistilne naprave nevtralizirajo zdravju in okolju škodljive substance, ki se nato izpustijo v ozračje (Rebernišek, 2021).

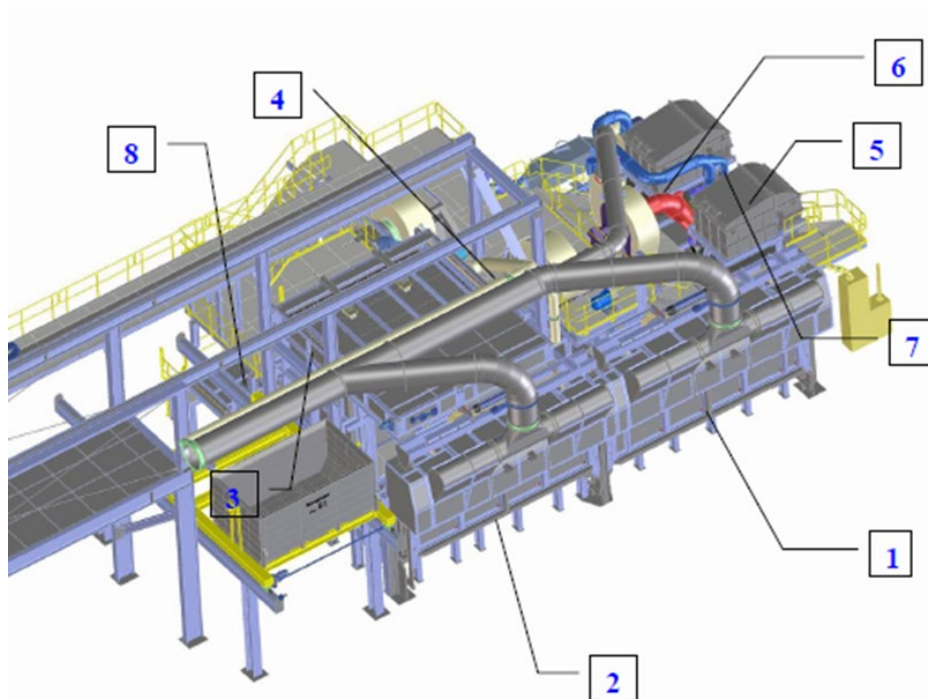


Slika 3: Livarska peč T4

Vir: (lasten vir)

3.2 Opis peči in postopek pretapljanja aluminija

Talilna peč se sestoji iz glavne komore (1), kjer poteka gretje taline in talilne komore (2), kjer se založeni trdni material predgreva in tali. Del talilne komore, kjer se založeni material predgreva ter sproščajo organske komponente oz. primesi (barve, laki, olja), predstavlja jašek (3). Velika površina glavne komore (1) in zelo zmogljivi regenerativni gorilci (5, 6) omogočajo veliko talilno moč te peči. Gorilnik na hladen zrak (7), ki je prav tako montiran na glavno komoro, je namenjen ogrevanju peči po ustavitvah in v primerih, ko temperatura zraka v peči pade pod 780 stopinj C. Na stropu talilne komore je montiran gorilnik na hladen zrak (4) z majhno močjo, ki služi za sproščanje plinov iz (primesi) odpadnega aluminija, posebno med šaržiranjem. Energija za pretalitev odpadnega aluminija se odvzame vročemu tekoči talini iz glavne komore. Dve elektromagnetni črpalki (8) skrbita za stalen pretok taline med obema komorama. (prav tam)



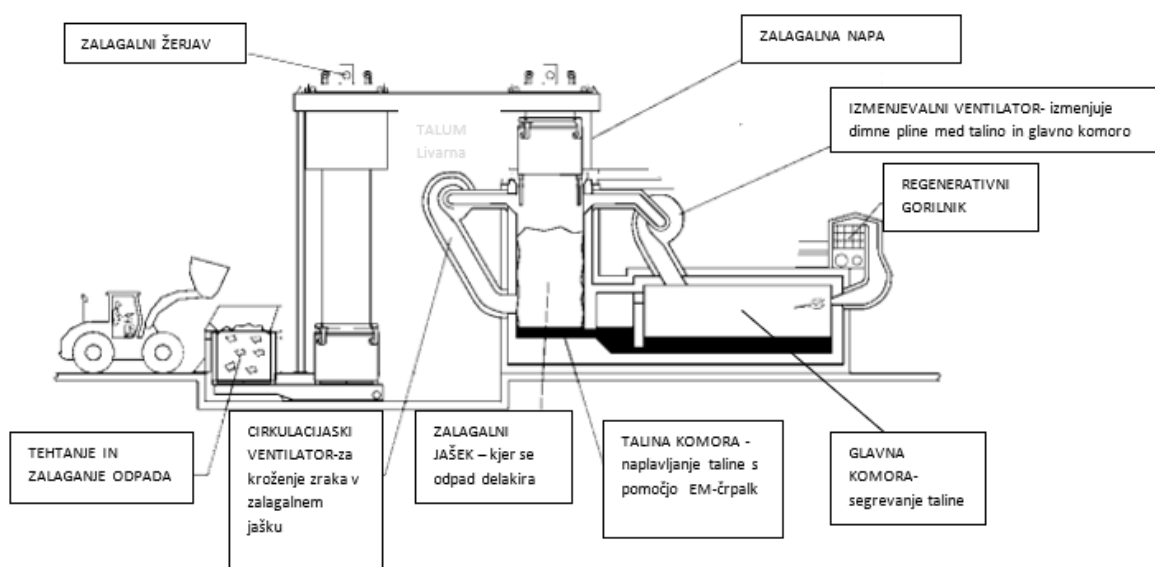
Slika 4: Prikaz talilne peči T4 z označenimi elementi

Vir: (Arhiv Talum)

Talilno peč T4 je mogoče polniti na tri načine, odvisno od oblike in agregatnega stanja materiala. Dela se lahko s trdim ali tekočim vložkom, možna pa je tudi kombinacija obeh. V večini primerov je pravilna izbira trdi vložek, ki se zalaga skozi jašek na talilni komori. Le v primeru večjih motenj in rednih vzdrževalnih del se peč zalaga s tekočim aluminijem. Med

normalnim delovanjem peči (zadostna količina taline v peči) se peč zalaga preko šaržirnega sistema v jašek talilne komore. Za začetek avtomatskega taljenja se mora doseči določena višina sekundarnega aluminija v jašku. (Gajser, 2017)

Povprečen talilni cikel v peči T4 traja 6 ur; v tem času založimo in pretopimo 30 ton odpadnega aluminija. Delež organskih snovi med posameznimi vrstami odpada zelo variira, vendar s primerno kombinacijo čistih in onesnaženih materialov dosegamo povprečno vrednost med 5 in 6 % organskih snovi. (Rebernišek, 2021)



Slika 5: Shema peči T4

Vir: (Arhiv Talum)

Odpadni material se preko šaržine naprave zalaga v jašek, kjer se material de-lakira. V zalagalnem jašku vroči plini s pomočjo recirkulacijskega ventilatorja krožijo od spodaj navzgor, medtem ko izmenjevalni ventilator sesa nastale pirolizne pline iz taline komore, ki se sproščajo pri delakiranju, v glavno komoro, kjer s pomočjo regenerativnih gorilnikov in zemeljskega plina zgorevajo ter se porabljajo kot gorivo. Tako se zgorevanje nastalih plinov in segrevanje taline izvajata v glavni komori. Talina v glavni komori je potem s pomočjo elektromagnetnih črpalk vodena v talino komoro, kjer postopoma in kontrolirano naplavlja odpadni material, ki je do takrat, ko pride v stik s talino, že delakiran (brezorganskih nečistoč in primesi). Ohlajena talina nato potuje nazaj (zaradi višinske razlike) v glavno komoro, kjer se ponovno segreje.

3.3 Materiali, uporabljeni pri obzidavi peči

Pri obzidavi talilne peči T4 so uporabljeni materiali, ki zdržijo napetosti, nastale zaradi visokih temperatur, ki nastajajo v peči. Materiale lahko delimo na izolacijske materiale, ki zagotavljajo, da so toplotne izgube peči čim manjše, in ognjeodporne materiale, ki so namenjeni za direkten in indirekten stik s talino.

V industriji, kjer se za dobivanje in predelavo kovin za proizvodnjo cementa, apna in stekla, za izdelavo potrebujejo peči in druge slične konstrukcije, v katerih se razvijajo visoke temperature in kjer vladajo posebni pogoji; tam se lahko uporabljajo samo težko topljivi materiali visoke odpornosti in trajnosti. (Tufegdžić, 1983)

Materiali za take konstrukcije so izpostavljeni neugodnim in težkim razmeram, zato se od njih zahteva:

- da imajo visoko točko taljenja,
- da imajo velike mehanske trdnosti pri normalnih in visokih temperaturah,
- da nimajo velikih raztezков zaradi vpliva temperature in male poroznosti,
- da so obstojni proti agresivnim vplivom okolja (talina, topljeno steklo, plini)

Materiali, ki izpolnjujejo te pogoje oziroma zahteve, se imenujejo ognjevarni (ognjeodporni) materiali. (prav tam)

Ognjeodporni materiali so tisti, pri katerih je tališče oziroma zmehčišče (temperatura, pri kateri se začne material mehčati) ne sme biti pod 1580 stopinj Celzija. Pod ognjeodporne materiale spadajo materiali, ki pod določenimi pogoji učinkovanja visokotemperaturnih sprememb, vplivu raztaljenega aluminija in žlindre, vročih plinov in prahu čim dalj med uporabi ohrani svoje osnovne lastnosti in obliko. (Potokar, 1986)

Pri procesu pretapljanja aluminija morajo ognjeodporni materiali pod pogoji, ki vladajo v talilni peči, ustrezati določenim pogojem:

- se ne mehčajo ali celo talijo,
- se ne krušijo ali pokajo,

- širjenje in krčenje mora biti minimalno,
- čim manjša prevodnost toplote,
- odpornost proti mehanski obrabi,
- ne reagirajo s kovinami in žlindro. (prav tam)

Ognjeodporni materiali se lahko delijo na več načinov, a običajno se delijo na:

- ognjeodporne surovine,
- ognjevarne proizvode.

Ognjeodporne surovine so vse naravne in umetne surovine, ki so namenjene izdelavi ognjeodpornih proizvodov. Kot osnovni naravni surovini se pojavljata glina in kaolin. To so plastične gline, ki se v stiku z vodo postanejo mastne.

Gline se glede na mejo taljenja delijo na tri osnovne skupine:

- **netopljive ali ognjevarne materiale**, kjer je meja taljenja pri temperaturi nad 1580 stopinj Celzija,
- **težko topljive materiale**, katerih meja taljenja je pri temperaturi med 1350 in 1580 stopinj Celzija,
- **lahko topljive materiale**, katerih meja taljenja je pri temperaturi pod 1350 stopinj Celzija.

Za ognjevarne gline se uporabljajo samo tiste gline, pri katerih je meja taljenja nad 1580 stopinj Celzija, saj te gline kot surovina ne vsebujejo sljude, živca (ortoklaza) in luga. Lahko pa se jih, kot ognjeodpornim surovinam za izdelavo ognjeodpornih proizvodov dodajo drugi ognjeodporni materiali (kremen ali kremenčkov pesek, magnezit, žgana ognjeodporna glina, magnezij).

Ognjeodporne materiale še delimo na:

- kisle, kamor spadajo materiali, ki vsebujejo velik delež silicija,
- bazične, ki vsebujejo apno, magnezij in boksit, in
- nevtralne, ki vsebujejo krom, grafit in karborundo.

Glede na različne zahteve dela in meje taljenja delimo ognjevarne materiale še po temperaturah taljenja na:

- navadne ognjeodporne materiale z mejo taljenja od 1580 do 1770 stopinj Celzija,

- visoko ognjevarne materiale z mejo taljenja od 1770 do 2000 stopinj Celzija,
- specialne ognjevarne materiale z mejo taljenja nad 2000 stopinj Celzija.

Ognjeodporni proizvodi so proizvodi, ki jih z določenim tehnološkim postopkom pridobivamo iz ognjeodpornih surovin. Delimo jih na:

- oblikovane, ki imajo določeno obliko in dimenzije, odvisno od namena oziroma vrste konstrukcije, kjer bo proizvod vgrajen, in
- zrnaste, ki predstavljajo droben material v obliki peska ali prahu in jih v glavnem uporabljamo za izdelavo betonov. (Tufegdžić, 1983)

V času delovanje peči je ognjeodporni material izpostavljen različnim temperaturnim šokom. Tako pride material, ki ima sobno temperaturo, v trenutku v stik s talino ali pa se med uporabo na visokih temperaturah bolj ali manj ohladi zaradi tehnološkega procesa. Eni ognjeodporni materiali ne morejo prenesti niti manjših temperaturnih sprememb in morajo biti od zagona na isti temperaturi (ko se ohladijo, se mora material zaradi poroznosti obnoviti oziroma zamenjati), na drugi strani pa nekateri materiali doživijo po 30 ali več temperaturnih sprememb. Obstočnost na temperaturne spremembe se preizkuša ali z vodo ali zrakom. V obeh primerih vzorec materiala segrejemo na 900 stopinj Celzija in ga nato damo v vodo ali pa ga pustimo, da se ohladi na sobni temperaturi. To se ponavlja tako dolgo, da material razpoka. (Potokar, 1986)

Obloge v pečeh za topljenje sekundarnega aluminija so podvržene procesom erozije in korozije, na nje pa se lahko sprime tudi talina ali žlindra. Rešitev nastalih zapletov je usmerjena na izboljševanje odpornosti ognjeodpornih materialov s ciljem zmanjšanja prodiranja in reagiranja s talino Al. (Raić, Rudolf, & Anžel, 2008)

3.3.1 Preizkušanje ognjevarnih materialov

Ognjeodporni materiali so izpostavljeni zahtevnim pogojem, zato je treba slediti zahtevanim pogojem. V pečeh so najbolj kritična točka stiki, zato se jim posveti veliko pozornosti. To dosežemo z upoštevanjem predpisov pri izdelavi ognjeodpornih izdelkov.

Ti morajo slediti naslednjim zahtevam:

- Izdelki morajo imeti dimenzije, ki bistveno ne odstopajo od predpisanih

Tabela 1: Dovoljeno odstopanje od dimenzij

Mera	Dovoljeno odstopanje
Do 50 mm	± 1 mm
Od 50 mm do 100 mm	± 2 mm
Nad 100 mm	± 2 %

Vir: (Tufegdžić, 1983)

- Imeti morajo pravilno obliko, ravne, čiste in nepoškodovane robove.
- Imeti morajo ravne in čiste površine, brez luknjic in razpok. (Tufegdžić, 1983)

Prostorninska masa

Prostorninska masa ognjeodpornih proizvodov je relativno velika, razen pri lahkih izolacijskih, težko topljivih materialih, katerih prostorninska masa ne presega $1,0 \text{ g/m}^3$. Določiti se mora teža (G_0) suhega vzorca, katerega prostornina ne sme biti manjša od 100 cm^3 , in njegovo prostornino (V) vključno s porami in votlimi delci (prav tam):

$$\gamma = \frac{G_0}{V}$$

Gostota

Za določanje gostote moramo material zdrobiti do take mere, da pade skozi sito z 900 odprtini/cm², kar pomeni, da ga zdrobimo v prah. (prav tam)

Glede na vodo vpojnost materiala, ki ga preiskujemo, moramo posvetiti pozornost tekočini, ki jo uporabljamo pri preiskavi. (prav tam)

Pri materialih, ki niso vodovpojni, uporabimo destilirano vodo, pri vodovpojnih, kot so magnezitna, krom-magnezitna in dolomitska opeka, pa moremo uporabiti petrolej, ki v stiku s preiskovanim materialom ne bo povzročil kemijske reakcije. (prav tam)

Vpijanje vode in poroznost

Tudi v preiskavi vodovpojnosti se mora upoštevati, ali je vodo vpojni material.

V epruveto prostornine 100 cm^3 vsujejo popolnoma suh vzorec z maso G_0 in dodajo tekočino. Z merjenjem mase dobimo maso G , to je masa prepojenega material, iz česar dobimo odstotek vpijanja (prav tam):

$$H_g = \frac{G - G_0}{G_0} \times \frac{\gamma_s}{\gamma_{st}} \times 100 = \left(\frac{1}{\gamma_{st}} \right) \times \left(\frac{G - G_0}{G_0} \right) \times \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_{st}} \right) \times 100$$

Poroznost materiala določimo s pomočjo enačbe:

$$a = \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma_s} \times 100$$

Kjer sta γ_s in γ gostota in prostorninska masa materiala.

Predvidena poroznost je v razmerju med vpojno količino tekočine ($G - G_0$) na enoto prostornine epruvete V :

$$a_1 = \frac{G - G_0}{v} \times 100$$

Prostorninske spremembe

Spremembe prostornine oziroma prostornine kot trajne posledice segrevanja pri visokih temperaturah se preizkušajo na epruvetah, dolžine $l = 10 \text{ cm}$ (prav tam).

Vzporedne stranice, katerih medsebojna oddaljenost je 10 cm , morajo imeti površino preseka najmanj 10 cm^2 . Segrevanje materiala se izvaja na najmanj dveh epruvetah do temperature, kateri bo ognjeodporni material izpostavljen v konstrukciji (razen če so izpostavljene drugačne zahteve) (prav tam).

Spremembo dolžine v odstotkih izračunamo na osnovi stalnih raztezanj in krčenj. Za prikaz prostorninskih sprememb vzamemo epruveto s prostornino najmanj 250 cm^3 . Z volumetrom določimo prostornino pred in po segrevanju ter hlajenjem do sobne temperature. Stalna sprememba prostornine je, ko nastopi širitev ali skrčenje. (prav tam)

Ognjeodpornost je definirana s temperaturo, pri kateri se zarobljena piramida predpisane oblike in velikosti, izdelana iz materiala, ki ga preiskujemo, s segrevanjem zmehča in se s svojim upognjenim vrhom dotakne podstavka (prav tam).

Ognjeodpornost določamo z medsebojnim primerjanjem upogibanja epruvet in izbranih Segerjevih piramid, ki jih skupno segrevamo pri visoki temperaturi, pri čemer Segerjeva piramida služi kot merilo (prav tam).

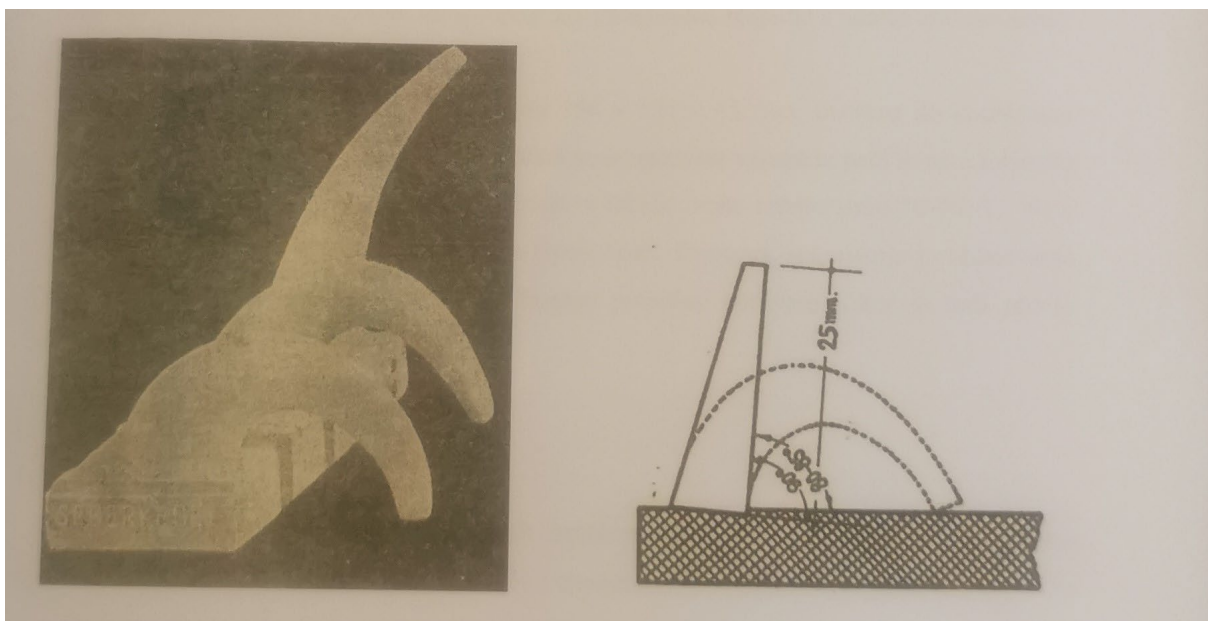
Za preizkušanje ognjeodpornosti izdelamo piramido iz materiala, ki ga preizkušamo, dve epruveti in štiri Segerjeve piramide, ki jih zaporedno oštevilčimo (prav tam).

Iz ognjeodpornega elementa izrežemo epruvete ali pa v kalupe, ki imajo obliko malih Segerjevih piramid, pripravimo maso iz mletega materiala zrnivosti 0–0,20 mm (prav tam).

Izdelane suhe epruvete skupaj s Segerjevimi piramidami postavimo na podstavek iz visoko ognjevarne malte, ki ima izdelane vdolbine za postavitve piramid. Vdolbine so izdelane tako, da so piramide nekoliko nagnjene proti sredini podstavka (prav tam).

Sledi postopno segrevanje, dokler se ena od piramid ne začne mehčati in se s svojim vrhom dotakne zgornje površine podstavka (prav tam).

Merilo ognjeodpornosti materiala je tista številka Segerjeve piramide, ki se hkrati kot preiskovana epruveta dotakne podstavka. Le-to označimo z oznako SK in odgovarjajočo številko Segerjeve piramide z znano temperaturo (prav tam).



Slika 6: Segerjeve piramide

Vir: (Tufegdžić, 1983)

Obstojnost na temperaturne spremembe

Za preučevanje obstojnosti na hitre temperaturne spremembe se posebej pripravljene epruvete ali cele opeke izpostavijo 40-minutnemu segrevanju na 950 stopinj Celzija. Sledi 3-minutno hlajenje v tekoči vodi pri sobni temperaturi ali 10-minutno hlajenje s suhim zrakom sobne temperature pod pritiskom 1,013 bara (prav tam).

Po prvem postopku se 1/3 epruvete velikosti 250 x 124 x 65 mm, osušene do konstantne mase, položi v peč. Po 40-minutnem segrevanju se epruveta vzame iz peči in se z žarjenim delom do globine 50 mm potopi v tekočo vodo temperature 10–20 stopinj Celzija. Nato se epruveta osuši na zraku in se pusti, da izpari voda. Postopek segrevanja in ohlajevanja ponavljamo, dokler ne razpoka 50% žarjene površine epruvete (kar je tudi merilo obstojnosti pri hitrem hlajenju (prav tam)).

Upogibna trdnost

Za določanje upogibne trdnosti (β_s) preizkušance velikosti 250 x 125 x 65 mm oziroma približno take oblike, če jih režemo iz večjih elementov, položimo na valjasta ležišča, ki so v razmiku 200 mm in jih obremenimo s koncentrirano obtežbo (prav tam).

$$\beta_s = \frac{3}{2} \times \frac{Pl}{bd^2}$$

Legenda:

P – sila zloma

b – širina povprečnega prereza preizkušanca

d – višina preizkušanca

l – oddaljenost med valjema

Trdnost na pritisk

Iz elementov iz ognjeodpornega materiala izvrtamo 7 valjastih epruvet premera $d = 50$ mm in višine $h = 45$ mm, pri čemer je ena stran epruvete neobdelana, druga pa zbrušena. Pripravljene epruvete, katerih površina ni obdelana, se izpostavijo pritisku do točke loma (P) (prav tam).

$$\beta_P = \frac{4P}{d^2\pi}$$

Trdnost pri visokih temperaturah

Za določanje trdnosti ognjeodpornih elementov na visoke temperature uporabljamo dva načina preizkušanja:

1. Način

Epruveto določene oblike in dimenzije se segreva do določene temperature in jo izpostavimo pritisku do zloma oziroma drobljenja. Na ta način določimo največjo silo, katere material lahko prenese pri določeni, nespremenjeni temperaturi (prav tam).

2. Način

Ugotovi se največja temperatura, ki ne bo povzročila nedovoljene deformacije pri določeni obremenitvi – gre se o mehčanju pod pritiskom pri visokih temperaturah. Za določanje mehčanja pod pritiskom pri visokih temperaturah (prav tam).

Za določanje mehčanja pod pritiskom pri visokih temperaturah iz ognjeodpornega elementa izvrta cilindrično epruveto, pri kateri je $d = h = 50$ mm, in se s posebnim postopkom obremeni s koncentrirano silo (P) (prav tam).

$$\sigma = \frac{P}{F}$$

Epruveto postopoma segrevamo. V času preizkušanja vsakih 10 minut kontroliramo in beležimo temperaturo, čas in velikost drobljenja, predvsem ko je skrajšanje epruvete 0,3 mm oziroma 20 mm (prav tam).

Temperatura, pri kateri se višina epruvete zmanjša za 0,3 mm, označimo kot začetek mehčanja pod pritiskom. Ko dosežemo temperaturo, pri kateri se epruveta zdrobi za 20 mm, prekinemo preizkus (prav tam).

4 IZVEDBA DELOVNEGA SLOJA KOMORE

4.1 *Klasična izvedba postopka*

4.1.1 Opis postopka

Pred začetkom del delovnega sloja komore se mora najprej izolirati dno komore. Izolacijski del komore sestoji iz dveh delov: izolacijskih plošč in naklonskega izolacijskega betona (naklon mora biti natančno speljan proti izlivu komore).

Izolacijske plošče se na suho (brez lepila) položijo na tla komore. Samo na poševnini in pragu komore se izolacijske plošče pritrdijo s pomočjo visokotemperaturnega lepila. Pred začetkom izdelave opažev za polja izolacijskega betona se izolacijske plošče zaščitijo z zaščitnim premazom proti vpijanju vlage pri vgrajevanju izolacijskega betona.

Zaradi velikosti same komore (7,6 m x 7,2 m) se naklonski beton razdeli na več polj, pri čemer moramo upoštevati, da je med ravnim delom in poševnino ter poševnino in pragom zaradi morebitnih razpok narejena dilatacija. Taka izvedba pri naslednjih remontih omogoča zamenjavo betona do potrebne posamične fuge. Ravni del komore nato razdelimo na enako velika polja (maksimalna širina in dolžina 1–1,2 m). Na stikih med polji izvedemo Z-fugo (dilatacija s polovičnim zamikom pod kotom 45 stopinj).

Opaže za polja naredimo iz predhodno obdelanega mehkega lesa (smreka). Lesene opaže zaradi nastajanja sil pri betoniranju razpremo z železnimi podporniki. Zaradi hitrejše izvedbe del se betonska polja betonirajo izmenično (vsaka druga). Ko se beton v prvih poljih strdi oziroma se na prvih poljih opaži odstranijo, se nalepijo dilatacije, ki se premažejo z zaščitnim slojem in se zaopažijo druga polja. Ta postopek se ponavlja, dokler ni ravni del komore v celoti zabetoniran.



Slika 7: Opaževanje in betoniranje naklonskega izolacijskega betona

Vir: (lasten vir)

Z daljšim mešanjem betona in dodajanjem vode začne beton hitreje vezati. Vezanje betona je odvisno tudi od temperature materiala in temperature okolice v peči. Več kot je že vezanega vgrajenega betona, večja je temperatura v peči in posledično ostali beton hitreje veže. Zato ga je treba hitro vgraditi. Pri daljšem transportu in vgrajevanju betona na enako mesto lahko pride segregacije. Da ne pride do segregacije, se beton nasipava po celi površini enako in se postopoma vibrira z vibracijsko iglo (Göres, 1984).

Izolacijski beton na dnu komore je narejen pod padcem in mora biti lepo obdelan, ker na njem zida s šamotno opeko. Šamotno opeko zidamo s šamotno malto. Stik med steno in dnom peči je ločen z ekspanzijsko fugo glede na velikost dna in na raztezanje vgrajenega tipa šamotne opeke.

Prva vrsta opeke se stiska do ekspanzijske fuge na suho bres šamotne malte. Stiki med dvema šamotnima opekama se natanko namaže s šamotno malto. Ko šamotno opeko stisnemo ob drugo, jo dva- do trikrat zapeljemo gor-dol ob prejšnji, da se šamotna malta prilagodi. Z gumijastim kladivom se udari po šamotni opeki ter se s tem poravna opeka in se izpodrine odvečna šamotna malta. Izpodrinjene šamotna malta se načeloma ne pobira sproti, ker se s tem

opeka umaže. Odvečna malta se pobere, ko se delno osuši (30–60 minut). Če je izolacijski beton hrapav, ga vnaprej izravnamo s šamotno malto. Sam stik med izolacijskim betonom in šamotno opeko mora biti poln in ne predebel (1–2 mm). Naslednjo vrsto šamotne se opeke začne z opeko velikosti širine 1,5 od osnovne opeke. S tem se pridobi polovični zamik. Zadnja opeka v vrsti se prav tako reže iz večje opeke. Zaključek vrste se izvede tako, da se predzadnjo opeko vstavi na suho ter se izmeri zadnja opeka, ki se odreže ter se vgradi pred predzadnjo opeko do ekspanzijske fuge na zidu. Na koncu se vgradi še predzadnja. Paziti moramo, da se odstrani odvečna šamotna malta.

Za ravnino zidanja se uporablja plastična ali gumijasta zidarska vrvica in vodna tehtnica. Vsako vrsto opeko preverjamo, ali je vertikalno ravna. Na vrhu opeke ne smejo nastopati višinski zami (zobi). Zaradi nenehnega udarjanja z gumijastim kladivom po šamotni opeki lahko pride do neželenega pomika kake opeke, po kateri ne udarjamo, zato se vsaka vrsta še dodatno pregleda z aluminijasto lato in se po potrebi poravna z gumijastim kladivom. Po šamotni opeki se ne sme udarjati z železnim kladivom, ker lahko na opeki povzroči nevidne razpoke (lasnice). Tako se postopek ponavlja do zadnje vrste dna. Med zadnjo vrsto dna in poševnino se izvede ekspanzijska fuga glede na raztezke kot med steno in dnom. Pred zidanjem poševnine se naloži opeka na suho, da se vidi, koliko izolacijskega betona bo treba dodati, da se bo zgornja poševnina lepo izpeljana in da ne bo zob. Ko se opeko naloži, se zariše kot zidanja na obeh straneh poševnine. Postopek mazanja opeke poševnine je enak kot pri dnu, vendar se mora pod vsako opeko dodati potrebno količino izolacijskega betona, da se dobi zelena višina. To se naredi tako, da se nasipa zemeljsko vlažen izolacijski beton in se z eno opeko potlači in poravna na višino. Višina betona mora biti milimeter višje zaradi rezerve pri fiksni zidanju. Pri zidanju je treba paziti, da se kot opeke lepo prilega in da ni zob. Ko se zazida zadnja vrsta poševnine, se spet nalepi dispanzijska fuga.

Prag peči se izdelava iz ognjeodpornega betona, razdeljenega v več polj z omega in dispanzijskimi fugami debeline glede na vrsto betona in širjenja le-tega. Pri izvedbi opaža za prag je treba paziti, da pri razpiranju ne pride do premika opeke. Ko je prag končan, se celotno dno očisti, pregleda in po potrebi pobrusi ter premaže z zaščitnim premazom za šamotno opeko.

4.1.2 Prednosti in slabosti obzidave s šamotno opeko

Prednosti:

- hitro sušenje obzidave.

Slabosti:

- občutljivost obzidave pri mehanskih poškodbah,
- zahtevnost gradnje (fuge morajo biti minimalne vendar polne),
- zaradi zahtevnosti je gradnja počasnejša,
- težje naknadno vzdrževanje.

4.2 Nova izvedba delovnega sloja peči z betonskimi polji

4.2.1 Opis postopka dela

Pri izvedbi delovnega sloja z betonskimi polji iz ognjeodpornega betona se podlaga pripravi na enak način kot pri klasični izvedbi z izolacijskimi ploščami in izolacijskim betonom, a z nekaj bistvenimi izjemami. Pri novi izvedbi ni potrebno do milimetra natančno izvesti naklonskega betona, saj lahko padec proti izlivu komore izvedemo tudi z ognjeodpornim delovnim slojem, če je to potrebno. Ker se poševnina izvede iz ognjeodporega betona, se mora na ogrodje peči dodatno ojačati. To uredimo z ognjevarnimi sidri, ki se pred namestitvijo izolacijskih plošč in izolacijskega betona privarijo na ogrodje peči.

Ker je peč velikih dimenzij, moramo delovni sloj razdeliti na več polj. Enako kot pri izolacijskem betonu se mora paziti, da je med ravnim delom komore in poševnino ter poševnino in pragom narejena dilatacija. Ostala polja na ravnini komore se določijo glede na tip betona. Fuge se zamikajo minimalno za 10 cm glede na fuge izolacijskega betona.

Pred prvo izdelavo polj nalepimo dilatacijo na steno komore, da jo fizično ločimo od poda z ekspanzijsko fugo, ki omogoča raztezanje dna in prepreči zatekanje taline. Debelina dispanzijske fuge se izračuna glede na raztezke materiala pri visokih temperaturah. Za tem se začne izdelava opažev.

Lesene opaže razpremo z železnimi podporniki. Za razliko od izolacijskega betona, kjer se uporablja Z-fuga, se pri delovnem sloju zaradi večje debeline in stika s talino uporabi OMEGA fuga. Omega fuga z dvakratnim zamikom prepreči zatekanje taline. Zaradi naklona peči se betonska polja sproti ob vgradnji betona zapirajo z lesenimi opažnimi ploščami (»bosankami«), ki se predhodno tako kot opaž premaže z opažnim oljem za lažje razopaževanje.

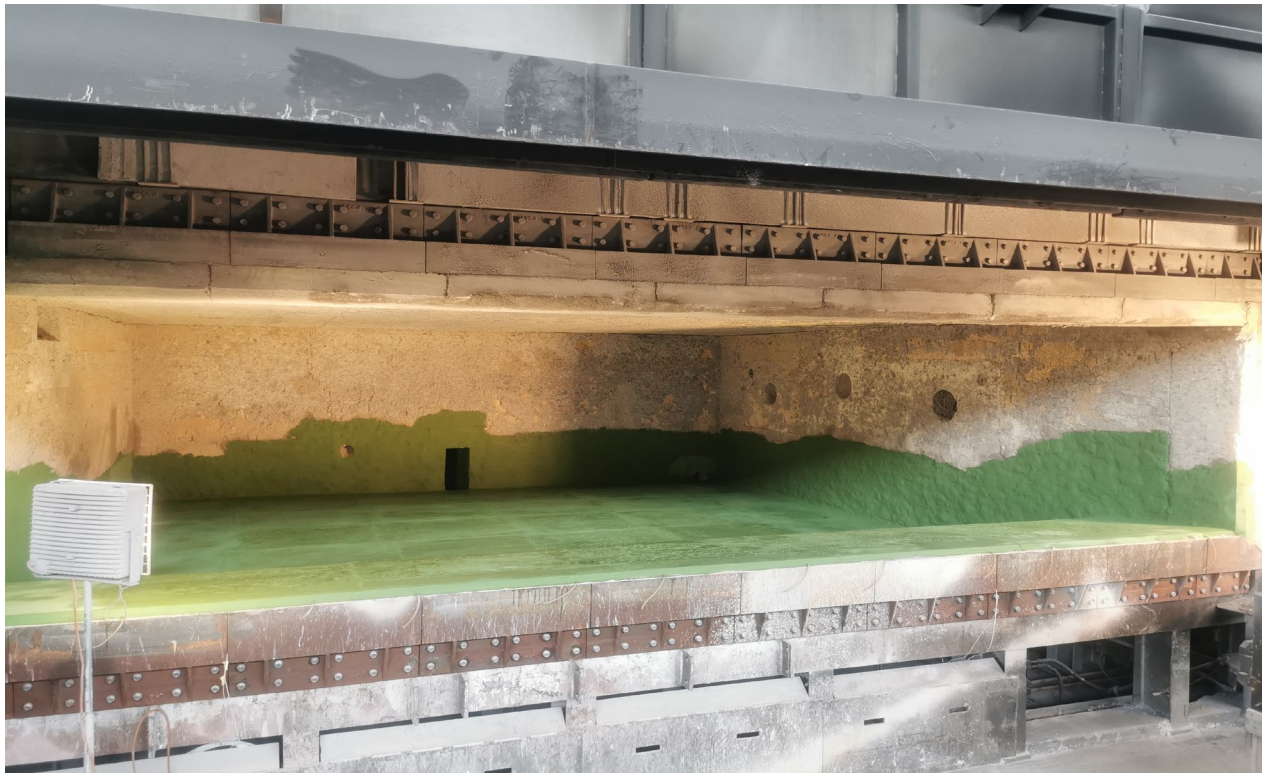


Slika 8: Opaževanje in betoniranje delovnega sloja

Vir: (lasten vir)

Ob vgrajevanju betona je treba paziti, da se izpod zaprtega polja s pomočjo vibracijske igle odstrani čim več zračnih mehurčkov. Ko se beton v prvih poljih strdi oziroma posuši (naslednji dan), se prva polja razopažijo, nalepijo se dilatacije, ki se premažejo z zaščitnim slojem in se za-opažijo druga polja. Ta postopek se ponavlja, dokler ni ravni del komore v celoti zabetoniran. Zaradi hitrejše izvedbe se dnevno betonira več polj (vsako drugo polje). Opaž za poševnino in prag se pripravi tako, da pred vgradnjo betona zapremo samo z eno opažno ploščo širine 50 cm. Ostale potrebne opažne plošče se samo pripravijo. To se naredi iz razloga, da lahko beton zaradi precejšnega naklona poševnine lažje vgradimo brez nastajanja praznih zračnih prostorov. Tako izmenično vgradimo beton po vseh poljih na poševnini in pragu. Na

koncu celotno komoro, kjer je bil vgrajen ognjeodporni beton, se po potrebi stiki pobrusijo s kotnim brusilnikom in z diamantno brusilno ploščo. Nastali prah, ki nastane pri brušenju, se odstrani z industrijskim sesalcem. Delovni sloj se na koncu premaže z zaščitnim premazom, ki služi lažjemu čiščenju komore.



Slika 9: Končana komora premazana z zaščitnim premazom

Vir: (lasten vir)

4.2.2 Prednosti in slabosti izvedbe z betonskimi polji

Prednosti:

- Hitrejša in manj zahtevna izvedba,
- manj fug in posledično manjša možnost podlitja,
- odpornejša obzidava na mehanske poškodbe.

Slabosti:

- daljše sušenje in sintranje obzidave.

4.2.3 Hlajenje betona pred vgradnjo na 12 stopinj Celzija

Med mešanjem ognjeodpornega betona nastane kemična reakcija, ki povzroči oddajanje velike količine toplote in posledično hitrejše vezanje betona. Ker gre v betonska polja veliko ognjeodpornega betona in se naenkrat lahko v enem vertikalnem mešalcu meša samo 150 kg suhe mešanice, se mora vezanje opočasniti. Razni dodatki za počasnejše vezanje betona ne pridejo v poštev, saj lahko vplivajo na kemično sestavo ognjeodpornega betona in s tem lahko oslabijo mehanske sposobnosti delovnega sloja. Upočasnitev se doseže s hlajenjem suhe mešanice na 12 stopinj Celzija. Suha betonska mešanica se mora pred samo vgradnjo hladiti v hladilni komori, ker pa so vreče betonske mešanice pakirane v paletah in jih je treba ohladiti v celoti (vse vreče morajo imeti temperaturo 12 stopinj Celzija), za to potrebujemo najmanj 24 ur. S hlajenjem se tako doseže, da je vgrajevanje lažje in da se lahko betonska mešanica ognjeodpornega betona vgrajuje počasneje.

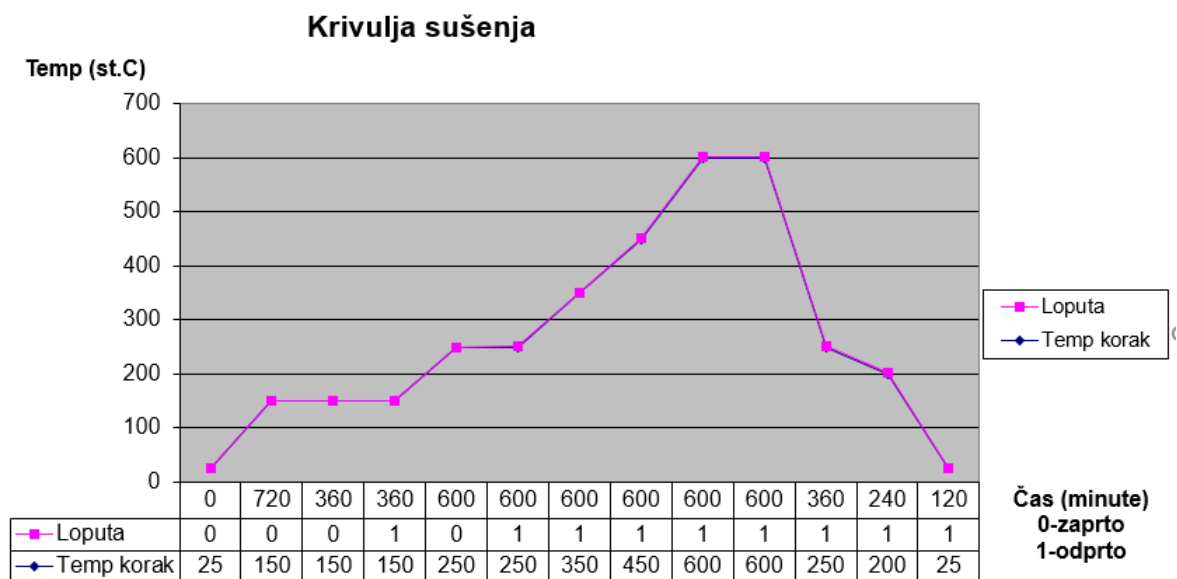
4.2.3.1 Vpliv hlajenja betona na samo tlačno trdnost

Tlačna trdnost betona se dobi pri preizkušanju na standardnih vzorcih in jih posledično definira kot osna tlačna obremenitev. Standardni vzorci morajo biti v obliki kocke ali valja. Kocka je dimenzije 150 mm x 150 mm x 150 mm, valj pa ima premer 150 mm in višino 300 mm.

Tlačna trdnost se določa po 28 dnevih. Na tlačno trdnost vplivajo zrne agregata, njihova oblika ter mehanske lastnosti agregata. Vpliv na trdnost betona imata tudi vodo cementni faktor in stopnja hidratacije. (Žmavc, 2007)

Za določanje tlačne trdnosti na ognjeodpornem betonu sem naredil 8 kock dimenzije 150mm x 150mm x 150mm. 4 kocke so bile zabetonirane z predhodno hlajeno suho mešanico in 4 kocke so bile zabetonirane, kjer je imela suha mešanica pred mešanjem sobno temperaturo.

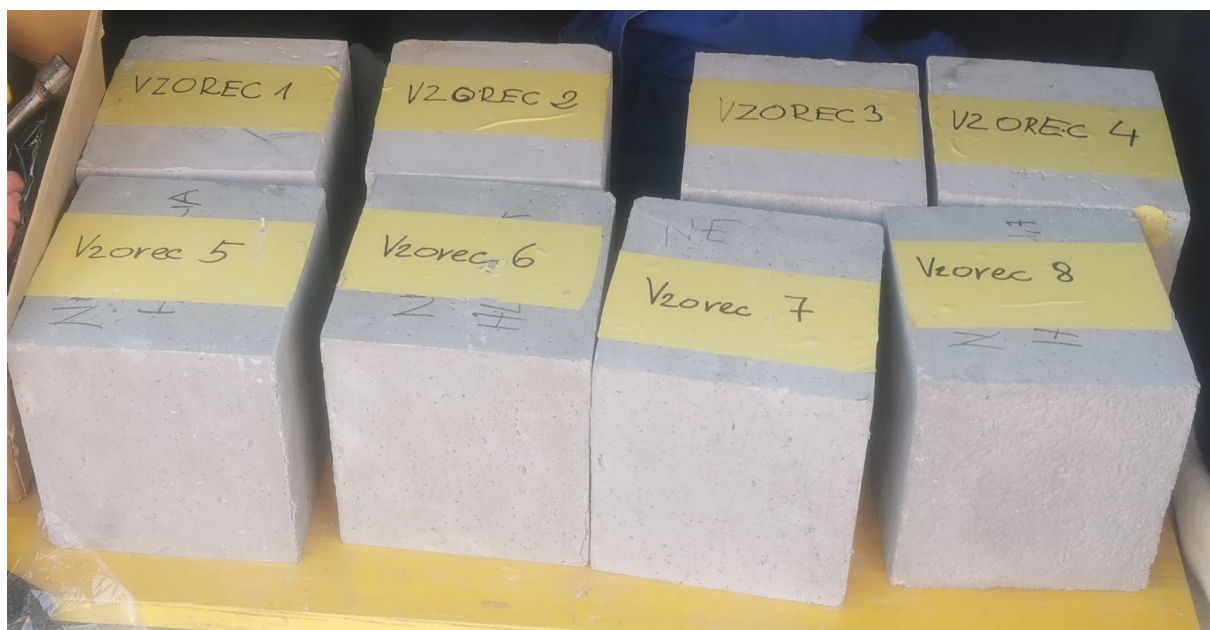
V mojem primeru se tlačna trdnost ni primerjala po 28 dni, ampak ko so bile kocke temperaturno obdelane na 600 stopinj Celzija in se nato ohladile. Temperaturno so se obdelale v žarilni komori. Tako se simulira trdnost betona v peči.



Slika 10: Krivulja sušenja betonskih kock

Vir: (lasten vir)

Preizkusi so potekali v skladu s standardom SIST EN 12390-3 in so potekali na hidravlični stiskalnici. Preizkusi so potekali tako, da se je kocka vstavila v hidravlično stiskalnico. Nato se je sila na kocko v hidravlični stiskalnici tako dolgo povečevala, dokler ni prišlo do porušitve kocke. Nato se je odčitala osna sila, pri kateri je prišlo do porušitve.



Slika 11: Vzorci betona

Vir: (lasten vir)

V naslednjih dveh tabelah so prikazani rezultati testiranja kock:

Tabela 2: Rezultati predhodno hlajene mase

Vzorec	Osna tlačna sila – F [kN]	Tlačna trdnost – f_c [MPa]
1	130,45	2935
2	129,75	2919
3	130,13	2928
4	129,15	2906
Povprečje	130,12	2922

Vir: (lasten vir)

Tabela 3: Rezultati mase pri sobni temperaturi

Vzorec	Osna tlačna sila – F [kN]	Tlačna trdnost – f_c [MPa]
5	129,91	2923
6	130,15	2928
7	130,32	2932
8	129,45	2913
Povprečje	129,96	2924

Vir: (lasten vir)

Kot je razvidno iz tabel, hlajenje betona neposredno ne vpliva na tlačno trdnost betona.

4.3 Primerjava števila stikov

Za izračun stikov za posamezno metodo dela bom najprej izračunal površino ravnega dela, poševnine, praga komore, betonskih polj in opeke. S tem bom prišel do števila zidakov oziroma betonskih polj v enem sloju. Ker pa se vsako betonsko polje in vsaka opeka stika z ostalimi na vseh štirih stranicah, pomnožimo število betonskih polj/zidakov s številom stranic in dobimo skupno število stikov v enem sloju obzidave (Vajda, 2020).

Ploščina ravnega dela komore:

$$7,20 \text{ m} * 5,50 \text{ m} = 39,6 \text{ m}^2$$

Ploščina poševnine komore:

$$7,2 \text{ m} * 1,00 \text{ m} = 7,2 \text{ m}^2$$

Ploščina praga komore:

$$7,2 \text{ m} * 1,2 \text{ m} = 8,64 \text{ m}^2$$

Ploščina enega izolacijskega polja v ravnem delu komore:

$$1,15 \text{ m} * 1,15 \text{ m} = 1,32 \text{ m}^2$$

Ploščina 1 izolacijskega polja v poševnini komore:

$$1,20 \text{ m} * 1,00 \text{ m} = 1,2 \text{ m}^2$$

Ploščina enega izolacijskega polja na pragu komore:

$$1,25 \text{ m} * 1,15 \text{ m} = 1,44 \text{ m}^2$$

Če površino vsakega dela komore delimo s površino enega polja, v njem dobimo število polj v enem sloju.

Izolacijski beton

Ravnina:

$$39,6 \text{ m}^2 / 1,32 \text{ m}^2 = \mathbf{30 \text{ polj}}$$

Poševnina:

$$7,2 \text{ m}^2 / 1,2 \text{ m}^2 = \mathbf{6 \text{ polj}}$$

Prag:

$8,64 \text{ m}^2 / 1,44 \text{ m}^2 = 6 \text{ polj}$. Zaradi potrebnega zamika stikov med poševnino in pragom se prvo in zadnje polje izvedeta s polovičnim poljem, tako da imamo **7 polj**.

$$\text{Skupaj: } 30 \text{ polj} + 6 \text{ polj} + 7 \text{ polj} = \mathbf{43 \text{ polj}}$$

Število polj se pomnoži s 5 stranicami (spodaj, levo, desno, spredaj in zadaj), da dobimo število stikov:

$$43 * 5 = \underline{215 \text{ stikov}}$$

Delovni sloj opeka:

Delovni sloj je sestavljen iz opek dimenzij 300 mm x 150 mm x 76 mm. Opeka se obrača tako, da je debelina delovnega sloja 300 mm.

Ravnina:

Ploščina ravnine komore ostaja enaka $39,6 \text{ m}^2$.

Ploščina opeke:

$$0,15 \text{ m} * 0,076 \text{ m} = 0,0114 \text{ m}^2$$

$39,6 \text{ m}^2 / 0,0114 \text{ m}^2 = 3474$ opek (to ni dejansko število opek, ker še ni preračunan razrez, ki je potreben na koncu korita).

Poševnina:

Ploščina poševnine ostaja enaka: $7,2 \text{ m}^2$

Ploščina opeke ostaja enaka: $0,0114 \text{ m}^2$

$7,2 \text{ m}^2 / 0,0114 \text{ m}^2 = 632$ opek (to ni dejansko število opek, ker ni preračunan še razrez, ki je potreben na koncu korita).

Prag:

Prag komore je zabetoniran z betonskimi polji iz ognjeodpornega betona.

Ploščina praga: $8,64 \text{ m}^2$

Ploščina enega polja:

$$1,15 \text{ m} * 1,2 \text{ m} = 1,38 \text{ m}^2$$

$8,64 \text{ m}^2 / 1,38 \text{ m}^2 = 6$ polj. Zaradi potrebnega zamika stikov med izolacijskim betonom in ognjeodpornim betonom se prvo in zadnje polje izvedeta s polovičnim poljem, tako da imamo **7 polj**.

Število stikov v delovnem sloju:

Število opek in betonskih polj pomnožimo s 5 stranicami (desno, levo, spredaj, zadaj in spodaj).

$(\text{Ravnina} + \text{poševnina} + \text{prag}) * 5 = \text{število stikov}$

$$(3474 + 632 + 7) * 5 = \underline{20.565 \text{ stikov.}}$$

Skupno število stikov (izolacijski beton + opeka) po izvedbi s šamotno opeko:

$$215 + 20565 = \underline{20780 \text{ stikov}}$$

Pri izvedbi delovnega sloja s šamotno opeko je bilo skupno v 2 slojih 24.700 stikov.

Delovni sloj iz betonskih polj:

Delovni sloj, ki je narejen po principu, je narejen iz betonskih polj različnih dimenzij. Te so odvisne od same lege betonskega polja. Pri dimenzioniranju betonskih polj moramo upoštevati, da fuge ne smejo sovpadati s fugami betonskih polj izolacijskega materiala.

Ravnina:

Ploščina ravnine komore ostaja enaka: $39,6 \text{ m}^2$

Ploščina betonskega polja na ravnem delu:

$$1,15 \text{ m} * 1,15 \text{ m} = 1,32 \text{ m}^2$$

Število polj:

$$39,6 \text{ m}^2 / 1,32 \text{ m}^2 = 30 \text{ polj}$$

Poševnina:

Zaradi zamika dilatacij se zmanjša širina polja na poševnini, in sicer iz 1 m na 1,15 m.

Ploščina poševnine komore:

$$7,2 \text{ m} * 1,15 \text{ m} = 8,28 \text{ m}^2$$

Ploščina enega polja na poševnini:

$$1,15 \text{ m} * 1,15 \text{ m} = 1,32 \text{ m}^2$$

Število polj

$$8,28 \text{ m}^2 / 1,32 \text{ m}^2 = 6 \text{ polj}$$

Prag:

Zaradi večanja betonskega polja na poševnini zaradi zamika dilatacij se zmanjša širina polja na pragu iz 1,15 m na 1,00 m.

Ploščina praga komore:

$$7,2 \text{ m} * 1,00 \text{ m} = 7,2 \text{ m}^2$$

Ploščina enega betonskega polja:

$$1,00 \text{ m} * 1,2 \text{ m} = 1,2 \text{ m}^2$$

Število polj

$$7,2 \text{ m}^2 / 1,2 \text{ m}^2 = 6 \text{ polj}$$

Število stikov v delovnem sloju:

Skupno število betonskih polj je treba pomnožiti s 5 stranicami (spredaj, zadaj, levo, desno, spodaj), da dobimo število stikov.

$(\text{Ravnina} + \text{poševnina} + \text{prag}) \times 5 = \text{število stikov}$

$(30 + 6 + 6) \times 5 = \underline{252 \text{ stikov}}$

Skupno število stikov (izolacijski beton + opeka) po izvedbi s šamotno opeko:

$215 + 252 = \underline{467 \text{ stikov}}$

Pri izvedbi delovnega sloja z betonskimi polji je bilo skupno v 2 slojih 467 stikov.

Tabela 4: Prikaz stikov

Sloji	Klasična izvedba	Nova izvedba	Razlika	Količnik
1.	215	215	0	1
2.	24350	252	24098	97
Skupaj	24700	467	24098	97

Vir: (lasten vir)

V tej tabeli 4 sem prikazal število stikov po eni in drugi izvedbi. Kot je razvidno iz tabele, najbolj izstopa razlika v številu stikov med obema izvedbama, ki je po novi metodi izdelave 97-krat manjša kot pri klasični izdelavi oziroma je 24.098 stikov manj. Manjše kot je število stikov, manjša je možnost zatekanja aluminija.

5 PRIMERJAVA STROŠKOV IZVEDBE DELOVNEGA SLOJA S KLASIČNO OBZIDAVO IN IZVEDBO Z BETONSKIMI POLJI

5.1 *Izračun stroškov izvedbe s klasično obzidavo*

Za lažji izračun stroškov bom stroške razdelil na dva dela. Prvi del zajema stroške materiala, drugi del stroške dela.

5.1.1 Stroški materiala

Šamotna peka

Ravni del

Za izdelavo ravnega dela komore se uporabljata dve dimenziji opek: klasična šamotna opeka dimenzij 150 mm x 300 mm x 76 mm in šamotna opeka 225 mm x 300 mm x 76 mm (uporablja se v vsaki drugi vrsti zaradi zamika fug).

Porabljena opeka ravni del: 3474 kosov

Izračun opeke dimenzij 225 mm x 300 mm x 76 mm:

Dolžina ravnega dela: 5,5 m

$5,5 \text{ m} / 0,076 \text{ m} = 72$ vrst opek

Vsaka druga vrsta se začne in konča z večjo opeko:

$72 / 2 \times 2 = 72$ opek dimenzije 225 mm x 300 mm x 76 mm

Izračun opeke dimenzij 150 mm x 300 mm x 76 mm

$3474 - 72 = 3402$ opek dimenzij 150 mm x 300 mm x 76 mm

Poševnina

Za izdelavo poševnine se uporablja opeka dimenzij 150 mm x 300 mm x 76 mm, ki je rezana pod kotom 30 stopinj Celzija.

Število porabljenih opek: 632

Šamotna malta

Ravni del

Površina ravnega dela: $39,6 \text{ m}^2$

Poraba malte na m^2 : $37,4 \text{ kg}$

$$39,6 \text{ m}^2 * 37,4 \text{ kg} = \underline{1481 \text{ kg}}$$

Poševnina

Površina poševnine: $7,2 \text{ m}^2$

Poraba malte na m^2 : $37,4 \text{ kg}$

$$7,2 \text{ m}^2 * 37,4 \text{ kg} = \underline{269 \text{ kg}}$$

Skupna poraba malte:

$$1481 \text{ kg} + 269 \text{ kg} = \mathbf{1750 \text{ kg malte}}$$

Les za opaž praga

Velikost polja: $1,15 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$

Les potreben za 7 polj:

$$1,15 \text{ m} * 2 \text{ stranici} * 0,3 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 7 \text{ polj} = 0,144 \text{ m}^3$$

Ker je zunanji del peči narejen z železnimi ploščami, se potrebuje samo opaž za eno stran polja

$$1,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 7 \text{ polj} = 0,076 \text{ m}^3$$

$$0,144 \text{ m}^3 + 0,076 \text{ m}^3 = \mathbf{0,22 \text{ m}^3}$$

Dilatacijski filc 6 mm

Prag

Velikost polja: $1,15 \text{ m} \times 1,2 \text{ m}$

Število polj: 7

Višina polja: $0,30 \text{ m}$

$$1,15 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 6 \text{ stikov} = 2,07 \text{ m}^2$$

$$1,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 6 \text{ stikov} = 2,16 \text{ m}^2$$

$$2,07 \text{ m}^2 + 2,16 \text{ m}^2 = \underline{\mathbf{4,23 \text{ m}^2}}$$

Dilatacijski filc 12 mm

12 mm dilatacijski filc se uporabi za dispanzijsko fugo. Ta nastopi na stiku med zidom komore in šamotno opeko delovnega sloja ter med ravnim delom komore in poševnino.

Obseg komore: štiri stranice

Leva in desna stran komore = 8,00 m

Zadnja stran komore in fuga med ravnim delom in poševnino = 7,2 m

Višina fuge/betonskega polja: 0,3 m

$$8 \text{ m} * 2 \text{ stranici} * 0,3 \text{ m} = 4,8 \text{ m}^2$$

$$7,2 \text{ m} * 2 \text{ stranici} * 0,3 \text{ m} = 4,32 \text{ m}^2$$

Potrebnih m² 12 mm filca:

$$4,8 \text{ m}^2 + 4,32 \text{ m}^2 = \underline{\underline{9,12 \text{ m}^2}}$$

Ognjeodporni beton za prag

Število polj: 7

Velikost polja: 1,15 m x 1,15 m

Debelina polja: 0,3 m

Prostorninska teža betona: 2850 kg/m³

$$1,15 \text{ m} * 1,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 2850 \text{ kg/m}^3 * 7 \text{ polj} = \underline{\underline{8.259 \text{ kg}}}$$

Ker je beton pri proizvajalcu pakiran 1000 kg na paletu, je potrebnih **9.000 kg betona.**

Tabela 5: Prikaz stroškov materiala

Material	Količina	Strošek na enoto	Stroški
Ognjeodporni beton	9000 kg	1 €/kg	9000 €
Dilatacijski filc 6 mm	4,23 m ²	17,64 €/m ²	74,62 €
Les za opaž	0,22 m ³	60 €/m ³	13,2 €
Dilatacijski filc 12 mm	9,12 m ²	33,14 €/m ²	302,24 €

Šamotna opeka (150 mm x 300 mm x 76 mm)	3402	9,92 €/komad	33747,84 €
Šamotna opeka (225 mm x 300 mm x 76 mm)	72	14,88 €/komad	1071,36 €
Šamotna opeka (150 mm x 300 mm x 76 mm), rezana pod kotom 30 stopinj	632	16,76 €/komad	10592,32 €
Šamotna malta	1750 kg	1,312 €/kg	2296 €
Skupaj			57.097,58 €

Vir: (Lastni vir)

5.1.2 Stroški dela

Stroški dela so prikazani v naslednji tabeli:

Tabela 6: Prikaz stroškov dela

Delo	Število delavcev	Število ur na dan	Število dni	Urna postavka	Stroški dela
Zidanje ravnega dela komore	6	10	7	23 €/h	9660 €
Mešanje materiala in transport opeke v komoro peči	4	10	10	23 €/h	9200 €
Zidanje poševnine komore	6	10	3	23 €/h	4140 €
montaža in demontaža opaža betona in namestitvev dilatacij.	6	10	2	23 €/h	2760 €
Betoniranje ognjeodpornega betona	6	10	2	23 €/h	2760 €
Skupaj					28.520 €

5.2 Izračun stroškov izvedbe z novo metodo betoniranja z betonskimi polji

Za lažji izračun stroškov bom stroške razdelil na dva dela. Prvi del zajema stroške materiala, drugi del stroške dela.

5.2.1 Stroški materiala

Les za opaž

Za izdelavo opažev za betonske polja se potrebujejo lesene deske debeline 3 cm.

Ravni del :

Velikost polja: 1,15 m x 1,15 m

Les potreben za izdelavo 30 polj:

$$1,15 \text{ m} * 4 \text{ stranice} * 0,3 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 30 \text{ polj} = 1,242 \text{ m}^2$$

Ker se betonira vsako drugo polje in se lahko opaž ponovno uporablja, površino delimo z 2

$$1,242 \text{ m}^2 / 2 = 0,621 \text{ m}^2$$

Poševnina

Velikost polja: 1,15 m x 1,15 m

Les potreben za izdelavo 6 polj:

$$1,15 \text{ m} * 4 \text{ stranice} * 0,3 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 6 \text{ polj} = 0,248 \text{ m}^3$$

Prag

Velikost polja: 1,00 m x 1,2 m

Les potreben za 7 polj:

$$1,0 \text{ m} * 2 \text{ stranici} * 0,3 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 7 \text{ polj} = 0,126 \text{ m}^3$$

Ker je zunanji del peči narejen z železnimi ploščami, se potrebuje samo opaž za eno stran polja:

$$1,2 \text{ m} * 0,3 \text{ m} * 0,03 \text{ m} * 7 \text{ polj} = 0,076 \text{ m}^3$$

$$0,126 \text{ m}^3 + 0,076 \text{ m}^3 = 0,202 \text{ m}^3$$

Skupno lesa za opaž:

$$0,621 \text{ m}^3 + 0,127 \text{ m}^3 + 0,202 \text{ m}^3 = 0,95 \text{ m}^3$$

Upoštevati moramo še 5 % odpada pri razrezu lesa:

$$1,031 \text{ m}^3 + 7\% = \underline{\underline{1,0 \text{ m}^3}}$$

Dilatacijski filc 6 mm

Dilatacijski filc 6 mm se uporabi zaradi širjenja in krčenja betonskih polj. Namesti se na vsaki stik med betonskimi polji. Vsako polje ima 4 stike.

Ravni del

Velikost polja: 1,15 m x 1,15 m

Število polj: 30

višina polja: 0,3 m

12 polj je notranjih, vse 4 stranice imajo dilatacijo 6 mm.

$$1,15 \text{ m} \times 4 \text{ stranice} \times 0,3 \text{ m višine polja} \times 12 \text{ polj} = 16,56 \text{ m}^2$$

18 polj je v stiku s steno/poševnino, samo 3 stranice imajo dilatacijo 6 mm.

$$1,15 \text{ m} \times 3 \text{ stranice} \times 0,3 \text{ m višine polja} \times 18 \text{ polj} = 18,63 \text{ m}^2$$

$$16,56 \text{ m}^2 + 18,63 \text{ m}^2 = \underline{\underline{35,19 \text{ m}^2}}$$

Poševnina:

Velikost polja: 1,15 m x 1,15 m

Število polj: 6

Višina polja: 0,3 m

Stranica med poševnino in ravnim delom je tako imenovana dispanzijska fuga in iz debelejšega filca, zato so samo 3 stranice obdelane s 6 mm filcem.

$$1,15 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 5 \text{ stikov} = 1,73 \text{ m}^2$$

$$1,15 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 6 \text{ stikov} = 2,07 \text{ m}^2$$

$$1,73 \text{ m}^2 + 2,07 \text{ m}^2 = \underline{\underline{3,80 \text{ m}^2}}$$

Prag

Velikost polja: 1,00 m x 1,2 m

Število polj: 7

Višina polja: 0,30 m

$$1,00 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 6 \text{ stikov} = 1,8 \text{ m}^2$$

$$1,2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 6 \text{ stikov} = 2,16 \text{ m}^2$$

$$1,8 \text{ m}^2 + 2,16 \text{ m}^2 = \underline{3,96 \text{ m}^2}$$

Potrebnih m^2 6 mm-filca:

$$35,19 \text{ m}^2 + 3,8 \text{ m}^2 + 3,96 \text{ m}^2 = \underline{42,95 \text{ m}^2}$$

Dilatacijski filc 12 mm

12-mm dilatacijski filc se uporabi za dispanzijsko fugo. Ta nastopi, kjer je stik med zidom komore in betonskimi polji in med ravnim delom komore in poševnino.

Torej 4 stranice komore oziroma obseg komore.

$$\text{Leva in desna stran komore} = 8,00 \text{ m}$$

$$\text{Zadnja stran komore in fuga med ravnim delom in poševnino} = 7,2 \text{ m}$$

Višina fuge/betonskega polja: 0,3 m

$$8 \text{ m} \times 2 \text{ stranici} \times 0,3 \text{ m} = 4,8 \text{ m}^2$$

$$7,2 \text{ m} \times 2 \text{ stranici} \times 0,3 \text{ m} = 4,32 \text{ m}^2$$

Potrebnih m^2 12 mm filca:

$$4,8 \text{ m}^2 + 4,32 \text{ m}^2 = \underline{9,12 \text{ m}^2}$$

Ognjeodporni beton

Ravni del

Število polj: 30

Velikost polja: 1,15 m x 1,15 m

Debelina polja: 0,3 m

Prostorninska teža betona: 2850 kg/m^3

$$1,15 \text{ m} \times 1,0 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} \times 2850 \text{ kg/m}^3 \times 30 \text{ polj} = \underline{33922 \text{ kg}}$$

Poševnina:

Število polj: 6

Velikost polja: 1,15 m x 1,00 m

Debelina polja: 0,3 m

Prostorninska teža betona: 2.850 kg/m³

1,15 m x 1,15 m x 0,3 m x 2.850 kg/m³ x 6 polj = 6.785 kg

Prag

Število polj: 7

Velikost polja: 1,0 m x 1,2 m

Debelina polja: 0,3 m

Prostorninska teža betona: 2850 kg/m³

1,0 m x 1,2 m x 0,3 m x 2850 kg/m³ x 7 polj = 7.182 kg

Skupno betona

33.922 kg + 6.785 kg + 7.182 kg = **47.889 kg**

Ker je beton pri proizvajalcu pakiran 1000 kg na paletu, je potrebno **48.000 kg betona.**

Tabela 7: Prikaz stroškov materiala

Material	Količina	Strošek na enoto	Stroški
Ognjeodporni beton	48.000 kg	1 €/kg	48.000 €
Dilatacijski filc 6 mm	42,95 m ²	17,64 €/m ²	757,64 €
Les za opaž	1 m ³	60 €/m ³	60 €
Dilatacijski filc 12 mm	9,12m ²	33,14 €/m ²	302,24 €
Skupaj			49.119,88 €

Vir: (Lastni vir)

5.2.2 Stroški dela

Stroški dela so prikazani v naslednji tabeli:

Tabela 8: Prikaz stroškov dela

Delo	Število delavcev	Število ur na dan	Števil o dni	Urna postavka	Stroški dela
Montaža in demontaža opaža betona in namestitvev dilatacij.	6	10	5	23 €/h	6900 €
Betoniranje ognjeodpornega betona	8	10	5	23 €/h	9200 €
Skupaj					16.100 €

Vir: (Lastni vir)

5.3 Primerjava izračuna in ugotovitve

Pri izvedbi delovnega sloja glavne komore s šamotno opeko so bili skupni stroški materiala 57.097,58 € in za delo 28.520 €. Pri izvedbi delovnega sloja z ognjeodpornim betonom in betonskimi polji so skupni stroški materiala znašali 49.119,88 €, stroški dela pa 16.100 €.

Pri primerjavi sta najpomembnejši vrednosti skupna razlika finančne vrednosti in času, potreben za izvedbo. Če primerjamo skupne cene materiala in stroške dela, je izvedba z betonskimi polji za 23,82 % ugodnejša kot izdelava s šamotno opeko.

Za izdelavo delovne komore s šamotno opeko potrebujemo 10 delovnih dni po 10 delavcev in 2 delovna dneva po 12 delavcev. Za izvedbo porabijo 12 delovnih dni po 10 ur. To je skupaj 1240 h v 12 dneh.

Za izdelavo delovne komore z ognjeodpornim betonom in betonskimi polji potrebujemo 5 delovnih dni po 14 delavcev. Za izvedbo se porabi 5 delovnih dni po 10 ur. To je skupaj 700 ur v 5 dneh.

Izvedba delovne komore z ognjeodpornim betonom in betonskimi polji je za 58 % hitrejša kot izvedba s šamotno opeko, saj je porabljenih 43,55 manj ur.

6 ORGANIZACIJA IZVEDBE REMONTA

»Organizacija je sestav ljudi, od katerih ima vsak svojo nalogo (funkcijo, cilj), ki so med seboj v nekem razmerju zaradi smotrnega uresničevanja ciljev. Cilj organizacije je tako smotrna opredelitev in povezava vseh proizvodov operacij oziroma delovnih procesov na nekem fizično opredeljenem prostoru. Vzpostavljanje organizacije ali organiziranje dela pa je smiselno opredeljen postopek vodenja dela s ciljem, da se proizvod oziroma storitev izvede učinkovito s čim manjšimi delovnimi napori in sredstvi v čim krajšem času. Govorimo o racionalni organizaciji delovnih procesov, ki je pogoj za produktivnost dela in ekonomičnost. Organiziranje dela in delovnih procesov je v sorazmerni povezavi s specializacijo dela, sestavljenosti delovnih procesov in tehnološko zahtevnostjo proizvodnje.« (Pšunder, Klanšek, & Šugman, 2009)

V tem poglavju bom raziskoval najprimernejšo organizacijo remonta. Izbiram med izvedbo remonta v enoizmenskem delavniku, v katerem bi se delalo vsak dan po 10 ur, vključno s sobotami, in v dvoizmenskem delavniku, v katerem bi se delalo vsak dan po 8 ur brez sobot.

Ker je remont na talilni peči T4 zavzemal več kot le menjavo poda v glavni komori, je treba izvesti dobro organizacijo dela, da je delo čim hitreje in čim bolj kakovostno opravljeno.

Naprej bom v vrstnem redu naštel dela, ki jih je treba opraviti. Po popisu del bom dela uvrstil v vsak delavnik in ju primerjal. Plan dela za oba delavnika bom naredil s pomočjo programa Excel in ju priložil v prilogah 1 in 2. Vsak plan dela bom v svoji alineji natančneje opisal in utemeljil.

Tabela 9: Popis del

Zap. Številka	Opis dela
1.	Postavitev prevoznega odra za demontažo vrat in čelnih plošč
2.	Postavitev odra za obnovo peči
3.	Strojno rušenje praga, poševnine in dna talilne komore ter praga, poševnine in dna glavne komore
4.	Ročno rušenje, čiščenje obeh komor
5.	Čiščenje komplet peči (stene, strop)

6.	Ročno rušenje odprtine na vmesni steni
7.	Priprava cevi za korito in peč – fi 250
8.	Priprava opažev za izolacijski beton in delavni sloj betona (DELAVNICA)
9.	Polaganje izolacijskih plošč in izolacija lit. železnih plošč – glavna komora
10.	Montaža in demontaža opaža za izol. beton glavna komora
11.	Betoniranje izol. betona glavna komora
12.	Montaža in demontaža opaža za delavni sloj betona – glavna komora
13.	Betoniranje delovnega sloja glavne komore
14.	Popravilo vrat glavne komore
15.	Troketiranje komore
16.	Nastavitev novih cevi v peči, opaž in obbetoniranje cevi + brušenje
17.	Obnova herwig črpalk, demontaža in montaža cevi, špul beton, tesnila
18.	Polaganje izolacijskih plošč in izolacija litželeznih plošč – talilna komora
19.	Montaža in demontaža opaža za izol. beton – talilna komora
20.	Betoniranje izol. betona – talilna komora
21.	Montaža in demontaža opaža betonskih polj v delovnem sloju komore
22.	Betoniranje delovnega sloja talilne komore
23.	Popravilo vrat talilne komore
24.	Razopaž, brušenje
25.	Troketiranje komore
26.	Demontaža odra 2x, odvoz materialov čiščenje
27.	Montaža novih korit za dvižno rampo

Vir: (lastni vir)

Ker se dela odvijajo v dveh komorah oziroma delno v delavnici (priprava lesa za opaž) in v bližnji okolici talilne peči (vrata obeh komor, ki sta odloženi v neposredni bližini talilne peči), se lahko več del opravlja hkrati.

6.1 Organizacija dela v enoizmenskem delavniku po 10 delovnih ur

V tem poglavju bom obrazložil delovni plan, ki je v prilogi 1. Organizacija remonta v enoizmenskem delavniku po 10 ur poteka od 3. 5. 2021 do 29. 5. 2021. Dela se vsak dan od ponedeljka do sobote po 10 ur. V 10-urnem delavniku je predvidena malica pol ure od 10:00 do 10.30. Delo se prične ob 6:00 in se konča ob 16:00.

Potek dela:

Prvi delovni teden od 3. 5 do 8. 5. 2021

Ponedeljek – postavi se prevozni delovni oder za demontažo vrat in čelnih plošč (4 delavci). V delavni se začnejo priprave opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev).

Torek – nadaljevanje izdelovanja opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev).

Sreda – nadaljevanje izdelovanja opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev). Začetek izdelovanja betonskih cevi za korito in peč premera 250 mm (2 delavca).

Četrtek – nadaljevanje izdelovanja opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev) in izdelovanja betonskih cevi za korito in peč premera 250 mm (2 delavca). Začetek strojnega rušenja praga, poševnine in dna v obeh komorah s pomočjo ICB-ja in Vigerja (2 delavca) in obnova črpalk (2 delavca).

Petek – nadaljevanje izdelovanja opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev), izdelovanja betonskih cevi za korito peč premera 250 mm (2 delavca), strojno rušenje praga, poševnine in dna v obeh komorah s pomočjo ICB-ja in Vigerja (2 delavca) in obnova črpalk (2 delavca). Začne se polaganje izolacijskih plošč, lepljenje izolacije na litoželezne plošče v glavni komori (6 delavcev).

Sobota – nadaljevanje izdelovanja opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev), strojno rušenje praga, poševnine in dna v obeh komorah s pomočjo ICB-ja in Vigerja (2 delavca), polaganje izolacijskih plošč, lepljenje izolacije na litoželezne plošče v glavni komori (6 delavcev). Začne se ročno čiščenje obeh komor in ročno rušenje odprtine na vmesni steni (6 delavcev).

Drugi delovni teden od 10. 5 do 15. 5 2021

Ponedeljek – nadaljevanje polaganja izolacijskih plošč, lepljenje izolacije na litoželezne plošče v glavni komori (12 delavcev) in obnova črpalk (2 delavca). Postavi se oder pred obema komorama za obnovo peči (4 delavci). Začne se montaža opaža in betoniranje izolacijskega betona v glavni komori (6 delavcev), nastavitev novih cevi v peči (2 delavca).

Torek – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje izolacijskega betona (12 delavcev), nastavitev novih peči v peči (2 delavca) in obnova črpalke. Začne se polaganje izolacijskih plošč, lepljenje izolacije na litoželezne plošče v talilni komori. (4 delavci).

Sreda – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje izolacijskega betona (12 delavcev), nastavitev novih peči v peči (2 delavca), obnova črpalke (2 delavca) in polaganje izolacijskih plošč, lepljenje izolacije na litoželezne plošče v talilni komori (4 delavci).

Četrtek – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje izolacijskega betona (12 delavcev) in polaganje izolacijskih plošč, lepljenje izolacije na litoželezne plošče v talilni komori (4 delavci).

Petek – nadaljevanje demontaže opaža izolacijskega betona (6 delavcev) in polaganje izolacijskih plošč, lepljenje izolacije na litoželezne plošče v talilni komori (4 delavci).

Sobota – začetek montaže opaža za delovni sloj betona v glavni komori (6 delavcev), montaža opaža in betoniranje izolacijskega betona v talilni komori (8 delavcev).

Tretji delovni teden od 17. 5. do 22. 5. 2021

Ponedeljek – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje izolacijskega betona v talilni komori (8 delavcev), montaže/demontaže opaža in betoniranje delovnega sloja v glavni komori (14 delavcev).

Torek – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje izolacijskega betona v talilni komori (8 delavcev), montaže/demontaže opaža in betoniranje delovnega sloja v glavni komori (14 delavcev).

Sreda – nadaljevanje montaže/demontaže opaža izolacijskega betona v talilni komori (4 delavci), montaže/demontaže opaža in betoniranje delovnega sloja v glavni komori (14 delavcev).

Četrtek – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje delovnega sloja v glavni komori (14 delavcev). Začetek montaže opaža za delovni sloj betona talilne komore (6 delavcev) in popravilo vrat glavne komore (3 delavci).

Petek – nadaljevanje demontaže opaža delovnega sloja v glavni komori (6 delavcev), montaže opaža in betoniranje delovnega sloja talilne komore (14 delavcev) in popravilo vrat glavne komore (3 delavci).

Sobota – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje delovnega sloja talilne komore (14 delavcev) in popravilo vrat glavne komore (3 delavci). Začetek popravila vrat talilne komore (4 delavci).

Četrty delovni teden od 24. 5 do 29. 5. 2021

Ponedeljek – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje delovnega sloja talilne komore (14 delavcev), popravila vrat talilne komore (4 delavci). Začetek montaže novih livnih korit za novo rampo (6 delavcev).

Torek – nadaljevanje montaže/demontaže opaža in betoniranje delovnega sloja talilne komore (14 delavcev), popravila vrat talilne komore (4 delavci), montaže novih livnih korit za novo rampo (6 delavcev).

Sreda – nadaljevanje demontaže opaža delovnega sloja talilne komore (6 delavcev), montaže novih livnih korit za novo rampo (6 delavcev). Začetek brušenja obeh komor (4 delavci).

Četrtek – nadaljevanje montaže novih livnih korit za novo rampo (6 delavcev), brušenja obeh komor (4 delavci).

Petek – nadaljevanje montaže novih livnih korit za novo rampo (6 delavcev), brušenja obeh komor (4 delavci). Začetek demontaže odrov, odvoz materialov in čiščenje (4 delavci)

Sobota – nadaljevanje demontaže odrov, odvoz materialov in čiščenja (4 delavci). Začetek troketiranja obeh komor.

6.2 Organizacija dela v dvoizmenskem delavniku po 8 delovnih ur

V tem podpoglavju bom obrazložil delovni plan, ki je v prilogi 2. Organizacija remonta v dvoizmenskem delavniku po 8 ur poteka od 3. 5. 2021 do 20. 5. 2021. Dela se vsak dan od ponedeljka do sobote po 8 ur. V 8-urnem delavniku je predviden odmor za malico pol ure za

obe izmeni. Jutranja izmena delo nastopi ob 6:00 in dela do 14:00 ter ima predvideno malico od 10:00 do 10:30. Popoldanska izmena zaradi predaje dela nastopi delo ob 13:30 in jo konča ob 21:30, malica je predvidena od 17:30 do 18:00.

Potek dela

Prvi delovni teden od 3. 5 do 8. 5. 2021

Ponedeljek

Dopoldan – postavi se prevozni oder za demontažo vrat in čelnih plošč (4 delavci). Začnejo se izdelovati opaži za izolacijski beton in delovni sloj betona v delavnici (6 delavcev).

Popoldan – nadaljevanje izdelave opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev)

Torek

Dopoldan – nadaljevanje izdelave opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev). Začne se strojno rušenje praga, poševnine in dna glavne in talilne komore s pomočjo ICB-ja in vigerja (2 delavca), priprava cevi za korito in peč premera 250 mm (2 delavca).

Popoldan – nadaljevanje izdelave opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev), strojnega rušenja praga, poševnine in dna glavne in talilne komore s pomočjo ICB-ja in vigerja (2 delavca), priprave cevi za korito in peč premera 250 mm (2 delavca).

Sreda

Dopoldan – nadaljevanje izdelave opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev), strojnega rušenja praga, poševnine in dna glavne in talilne komore s pomočjo ICB-ja in vigerja (2 delavca), priprave cevi za korito in peč premera 250 mm (2 delavca).

Popoldan – nadaljevanje izdelave opažev za izolacijski beton in delovni sloj betona (6 delavcev), strojnega rušenja praga, poševnine in dna glavne in talilne komore s pomočjo ICB-ja in vigerja (2 delavca), priprave cevi za korito in peč premera 250 mm (2 delavca). Postavi se oder za obnovo peči (2 delavca).

Četrtek

Dopoldne – začne se ročno rušenje, čiščenje obeh komor in ročno rušenje odprtine na vmesni steni (4 delavci). Začne se tudi polaganje izolacijskih plošč in izolacija litoželeznih plošč v glavni in talilni komori (6 delavcev), popravilo vrat glavne in talilne komore (4 delavci).

Popoldne – nadaljevanje ročnega rušenja, čiščenja obeh komor in ročno rušenje odprtine na vmesni komori (4 delavci), polaganja izolacijskih plošč in izolacija litoželeznih plošč v glavni in talilni komori (6 delavcev), popravilo vrat glavne in talilne komore (4 delavci).

Petek

Dopoldne – nadaljevanje polaganja izolacijskih plošč in izolacija litoželeznih plošč v glavni in talilni komori (6 delavcev), popravilo vrat glavne in talilne komore (4 delavci). Začne se nastavitve novih cevi v peči in obnova črpalke (2 delavca).

Popoldne – nadaljevanje polaganja izolacijskih plošč in izolacija litoželeznih plošč v glavni in talilni komori (6 delavcev), popravilo vrat glavne in talilne komore (4 delavci), nastavitve novih cevi v peči in obnova črpalke (2 delavca).

Sobota

Dopoldan – nadaljevanje polaganja izolacijskih plošč in izolacija litoželeznih plošč v glavni in talilni komori (6 delavcev), popravilo vrat glavne in talilne komore (4 delavci), nastavitve novih cevi v peči in obnova črpalke (2 delavca).

Popoldne – nadaljevanje polaganja izolacijskih plošč in izolacija litoželeznih plošč v glavni in talilni komori (6 delavcev), popravilo vrat glavne in talilne komore (4 delavci), nastavitve novih cevi v peči in obnova črpalke (2 delavca).

Drugi delovni teden od 10. 5 do 15. 5. 2021

Ponedeljek

Dopoldne – nadaljevanje nastavitve novih cevi v peči in obnova črpalke (2 delavca). Začne se montaža opažev za izolacijski beton v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Popoldne – nadaljevanje nastavitve novih cevi v peči in obnova črpalke (2 delavca). Začne se betoniranje izolacijskega betona v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Torek

Dopoldne – nadaljevanje demontaže/montaže opažev za izolacijski beton v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Popoldne – nadaljevanje betoniranja izolacijskega betona v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Sreda

Dopoldne – nadaljevanje demontaže/montaže opažev za izolacijski beton v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Popoldne – nadaljevanje betoniranja izolacijskega betona v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Četrtek

Dopoldne – nadaljevanje demontaže/montaže opažev za izolacijski beton v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Popoldne – nadaljevanje betoniranja izolacijskega betona v glavni in talilni komori (16 delavcev)

Petek

Dopoldne – nadaljevanje demontaže opažev za izolacijski beton v glavni in talilni komori in montaža opažev za delovni sloj betona v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Popoldne – začetek betoniranja delovnega sloja glavne in talilne komore (16 delavcev).

Sobota

Dopoldne – nadaljevanje demontaže/montaže opažev za delovni sloj betona v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Popoldne – nadaljevanje betoniranja delovnega sloja glavne in talilne komore (16 delavcev).

3. delovni teden od 17. 5 do 20. 5. 2021

Ponedeljek

Dopoldne – nadaljevanje demontaže/montaže opažev za delovni sloj betona v glavni in talilni komori (16 delavcev).

Popoldne – nadaljevanje betoniranja delovnega sloja glavne in talilne komore (16 delavcev).

Torek

Dopoldne – nadaljevanje demontaže/montaže opažev za delovni sloj betona v glavni in talilni komori (16 delavcev) montaže korit za novo rampo, demontaža odra, odvoz materiala in čiščenje (4 delavci)

Popoldne – nadaljevanje betoniranja delovnega sloja glavne in talilne komore (16 delavcev), montaže korit za novo rampo, demontaže odra, odvoz materiala in pospravljanja (4 delavci).

Sreda

Dopoldne – nadaljevanje demontaže opažev za delovni sloj betona v glavni in talilni komori (16 delavcev), montaže korit za novo rampo, odvoz materiala in pospravljanja (4 delavci). Začne se brušenje glavne in talilne komore (6 delavcev).

Popoldne – nadaljevanje montaže korit za novo rampo, odvoz materiala in pospravljanja (4 delavci), brušenja glavne in talilne komore (4 delavcev). Začne se troketiranje obeh komor. (4 delavci).

6.3 Primerjava obeh organizacij dela

Pri enoizmenskem delu se dela ena izmena 4 delovne tedne oziroma 24 delovnih dni po 10 ur. Nedelje so proste. Skupno je bilo porabljenih 4.160 delovnih ur. Povprečno se je na dan potrebovalo 17,3 delavca.

Pri dvoizmenskem delavniku se delata dve izmeni 2 delovna tedna in pol oziroma 15 delovnih dni. Nedelje so proste. Skupno je bilo porabljenih 3.552 delovnih ur. Povprečno se je na dan potrebovalo 29,6 delavcev oziroma 14,8 delavca na izmeno.

Na izbiro primerne organizacije dela je vplivalo več dejavnikov, kot so na primer število ustrezno izobraženega kadra, rok izdelave, stroški izvedbe, izredni izostanki delavskega kadra od delovnega mesta, drugo redno vzdrževalna dela v podjetju.

Glede na dejavnike, ki so vplivali na izbiro delavnika, so se odločili za enoizmenski delavnik, saj je rok izvedbe dopuščal daljšo izvedbo. V tem časovnem obdobju je bilo skupno na razpolago 30 delavcev, ki pa so morali opravljati tudi druga vzdrževalna dela po podjetju. Stroški najema dodatnih delavcev bi bili previsoki oziroma na trgu dela ni toliko ustrezno izobraženih delavcev.

7 SKLEP

V diplomskem delu sem ugotovil, da ima izvedba delovnega sloja z betonskimi polji več prednosti v primerjavi z izvedbo s šamotno opeko. Sicer ima tudi izvedba z betonskimi sloji nekatere pomanjkljivosti, a je dosti lažja in hitrejša.

Ugotovil sem, da dobro planiranje in organizacija projekta pripomoreta k lažji in hitrejši izvedbi projekta.

V diplomskem delu sem si zastavil štiri hipoteze, ki sem jih tudi preveril.

H1 se glasi: »Betoniranje po poljih je za 10 % finančno ugodnejše kot zidanje s šamotno opeko.« Hipotezo potrjujem, saj sem z izračuni dokazal, da je betoniranje po poljih ugodnejše kot zidanje s šamotno opeko, in to ne za 10 %, ampak za 23,82 %.

V stroških materiala ni velike razlike, saj je cena šamotne opeke in ognjeodpornega betona približno enaka. Razlika je 10,45 %. Večja razlika nastopi pri stroških dela, saj je izvedba delovnega sloja z opeko zamudna, ravno tako je potrebno večje število delavcev. Pri izvedbi delovnega sloja s šamotno opeko potrebujemo 12 delovnih dni v delavniku po 10 ur. Vsak dan pri projektu sodeluje 6–10 delavcev. Pri izvedbi delovnega sloja z betonskimi polji potrebujemo 5 delovnih dni v delavniku po 10 ur. Za izvedbo projekta potrebujemo vsak dan 6 delavcev. Razlika v stroških dela med obema izvedbama je kar 43,55 %.

H2 se glasi: »Hlajenje betona pred vgradnjo na 12 stopinj Celzija pripomore k večji trdnosti in lažjemu vgrajevanju betona.« Hipotezo delno potrjujem, saj hlajenje pripomore k lažjemu vgrajevanju, ne pa tudi k tlačni trdnosti.

Ker pri mešanju ognjeodpornega betona pride do kemičnih reakcij, ki povzročijo oddajanje velike temperature in posledično hitrejšo vezanje materiala, je smiselno, da za upočasnitev vezanja ognjeodporna maso pred vgradnjo ohladimo vsaj na 12 stopinj Celzija. Na tlačno trdnost hlajenje nima vpliva. To sem potrdil s preizkusi tlačne trdnosti na kockah, narejenih s hlajenjem mase in mase pri sobni temperaturi. Povprečna razlika je bila 2 MPa, kar je zanemarljivo.

H3 se glasi: »Betoniranje po poljih prenese manj stikov in posledično lažje vzdrževanje peči.« Hipotezo potrjujem, saj v izvedbi delovnega sloja z betonskimi polji prinese 75-krat manj stikov kot izvedba delovnega sloja s šamotno opeko. Manjše kot je število stikov, manjša je možnost zatekanja aluminija.

Ker so betonska polja veliko večja v primerjavi s šamotno opeko in ker vsako betonsko polje loči dilatacijska fuga, lahko v primeru obrabe polja, oziroma če pride do mehanske poškodbe, zamenjamo samo tista polja, ki so poškodovana. V primerjavi pri izvedbi delovnega sloja s šamotno opeko se ne more zamenjati določena opeka, saj je malih dimenzij in se pri poskusu demontaže poleg te podre vsa ostala opeka. V tem primeru smo primorani menjati cel delovni sloj.

H4 se navezuje na krovno temo in se glasi: »Dobra organizacija dela prinese hitrejšo in rentabilno izvedbo remonta«. Hipotezo potrjujem. Za ta namen sem pripravil dve možni organizaciji remonta: eno varianto v enoizmenskem delavniku po 10 delovnih ur na dan in drugo varianto v dvoizmenskem delavniku prav tako po 10 ur in se nato odločil za primernejšo izvedbo.

Glede na dejavnike, ki so vplivali na izbiro delavnika, so se v podjetju odločili za enoizmenski delavnik, saj je rok izvedbe dopuščal daljšo izvedbo. Na razpolago je bilo v tem časovnem obdobju skupno 30 delavcev, ki pa so morali opravljati tudi druga vzdrževalna dela v podjetju. Stroški najema dodatnih delavcev bi bili previsoki oziroma na trgu dela ni toliko ustrezno izobraženih delavcev.

8 VIRI, LITERATURA

- Gajser, R. (oktober 2017). Navodilo za delo tehnologija izdelave talin na peči T4. Kidričevo, Kidričevo, Slovenija .
- Göres, H. H. (1984). *Betoniranje i zidanje*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Potokar, F. (1986). *Ognjeodporni materiali in njihova uporaba v jeklarstvu*. Jesenice: Center srednjega usmerjenega izobraževanja.
- Pšunder, M., Klanšek, U., & Šugman, N. (2009). *Organizacija dela*. Maribor: Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru.
- Raić, K., Rudolf, R., & Anžel, I. (2008). Livarski vestnik št 2. *Korozija ognjeodpornih materialov v pečeh za topljenje sekundarnega aluminija*, str. 96-112.
- Rebernišek, M. (junij 2021). Navodilo za delo s talilno pečjo T4. Kidričevo, Kidričevo, Slovenija.
- Tufegdžić, V. (1983). *Građevinski materijali : poznavanje i ispitivanje*. Beograd: Naučna knjiga.
- Vajda, A. (2020). Nova tehnologija obzidave korita elektrolizne celice v podljetju Talum d.d. s pomočjo bim-a. Kidričevo, Kidričevo, Slovenija.
- Žmavc, J. (2007). *Gradnja cest : voziščne konstrukcije*. Ljubljana: Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.

9 PRILOGE

Priloga 1: Plan dela za enoizmensko delo

Priloga 2: Plan dela za dvoizmensko delo

Priloga 1: Plan dela za enoizmensko delo

[illegible]

Priloga 2: Plan dela za dvoizmensko delo

MESEC		MAJ 2021																													
DAN		SOB.	NED.	PON.	TOR.	SRE.	ČET.	PET.	SOB.	NED.	PON.	TOR.	SRE.	ČET.	PET.	SOB.	NED.	PON.	TOR.	SRE.	ČET.	PET.	SOB.	NED.	PON.	TOR.	SRE.	ČET.	PET.	SOB.	NED.
DELO / DATUM		1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.							
postavitve prevoznega odra za demontažo vrat in čelnih plošč postavitve odra za obnovo peč	DOPOLDAN	X		4						X							X							X							
	POPOLDAN	X				4				X							X							X							
strojno rušenje praga , poševnine in dna talnine komore,ter praga, šrege in dna glavne komore	DOPOLDAN	X			2	2				X							X							X							
	POPOLDAN	X			2	2				X							X							X							
Ročno rušenje, čiščenje obeh komor čiščenje komplet peč (stene, strop)	DOPOLDAN	X					4			X							X							X							
	POPOLDAN	X					4			X							X							X							
Ročno rušenje odprtine na vmesni steni Priprava cevi za korito in peč --fi 250	DOPOLDAN	X			2	2				X							X							X							
	POPOLDAN	X			2	2				X							X							X							
Priprava opažev za izolacijski beton in delavni sloj betona (DELAVNICA)	DOPOLDAN	X	6	6	6					X																					
	POPOLDAN	X	6	6	6																										
Polaganje izolacijskih plošč,in izolacija lit.železnih plošč glavna komora	DOPOLDAN	X					6	6		6	X						X														
	POPOLDAN	X								X							X														
Montaža in demontaža opaža za izol. beton glavna komora Betoniiranje izol betona glavna komora	DOPOLDAN	X								X	8	8	8	8			X							X							
	POPOLDAN	X								X	8	8	8	8			X							X							
montaža in demontaža opaža za delavni sloj betona - glavna komora Betoniiranje delavni sloj glavne komore	DOPOLDAN	X								X						8	8	X	8	8				X							
	POPOLDAN	X								X						8	8	X	8	8				X							
Popravilo vrat glavne komore Popravilo vrat talnine komore	DOPOLDAN	X					4	4	4	X							X							X							
	POPOLDAN	X					4	4	4	X							X							X							
Nastavitev novih cevi v peči, opaž in ob-betoniranje cevi+ brušenje Obnova herwig črpalk, demontaža in montaža cevi, špul beton, tesnila	DOPOLDAN	X						2	2	X	2						X							X							
	POPOLDAN	X						2	2	X	2						X							X							
Polaganje izolacijskih plošč,in izolacija lit.železnih plošč predgrejna komora	DOPOLDAN	X								X							X							X							
	POPOLDAN	X					6	6	6	X							X							X							
Montaža in demontaža opaža za izol. beton talnina komora Betoniiranje izol betona talnina komora	DOPOLDAN	X								X	8	8	8	8			X							X							
	POPOLDAN	X								X	8	8	8	8			X							X							
Montaža in demontaža opaža delavni sloj betona talnina komora betoniiranje delovnega sloja talnina komora	DOPOLDAN	X								X						8	8	X	8	8				X							
	POPOLDAN	X								X						8	8	X	8	8				X							
brušenje obeh komor špricanje komore	DOPOLDAN	X								X							X							X							
	POPOLDAN	X								X							X							X							
Demontaža odra 2x, odvoz materialov čiščenje montaža novih korit za (novo rampo)	DOPOLDAN	X								X							X							X							
	POPOLDAN	X								X							X							X							
DELAVCI SKUPAJ		0	0	16	20	24	28	24	24	0	36	32	32	32	32	32	0	36	40	36	0	0	0	0							