

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

*Janova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si*



Visokošolski program Gradbeništvo,
Prometnotehnična smer

Kandidat:

Gašper Novak

**Priprava operativnega plana za gradnjo
premostitvenih objektov s sistemom postopnega
narivanja**

Diplomska naloga št.: 244

Mentor:

izr. prof. dr. Jana Šelih

Somentor:

viš. pred. dr. Aleksander Srdić

Ljubljana, 25. 9. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **GAŠPER NOVAK** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
**»PRIPRAVA OPERATIVNEGA PLANA ZA GRADNJO PREMOSTITVENIH
OBJEKTOV S SISTEMOM POSTOPNEGA NARIVANJA«**

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL,
Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo

Ljubljana, 04.09.2006

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMETACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	65.012.2:69(043.2)
Avtor:	Gašper Novak
Mentorica:	Doc. dr. Jana Šelih
Naslov:	Priprava operativnega plana za gradnjo premostitvenih objektov s sistemom postopnega narivanja
Obseg in oprema:	62 strani, 1 preglednica, 44 slik, 1 priloga
Ključne besede:	operativni plan, gradnja viaduktov, postopno narivanje, armiran beton

Izvleček

Diplomsko delo obravnava gradnjo premostitvenih objektov z uporabo tehnologije postopnega narivanja. Delo podrobno opisuje potrebne tehnološke postopke, opremo, material in osebje, ki so potrebni pri gradnji posameznega segmenta. Diplomsko delo se opira na praktičen primer viadukta Ljubno, ki se gradi v sklopu nacionalnega avtocestnega programa na trasi avtoceste A-2, Predor Karavanke – Obrežje, na odseku Brezje – Podtabor.

Naloga v nadaljevanju opisuje še pripravo operativnega plana za izgradnjo tipičnega segmenta prekladne konstrukcije. Operativni plan je izdelan s programom Microsoft Office Project, ki se dandanes kar pogosto uporablja v gradbeni operativi.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 65.012.2:69(043.2)

Author: Gašper Novak

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Jana Šelih

Title: Preparing of schedule for construction of bridges with incremental launching method

Notes: 62 p., 1 tab., 44 fig., 1 app.

Key words: work schedule, bridge construction, incremental launching method, reinforced concrete

Abstract

The thesis presents one of the most advanced methods for bridge construction, the incremental launching method. All phases of technology, along with the required equipment, material and personnel, are described in detail. A case of the bridge Ljubno built within the framework of the National Highway Construction Programme (subsection Brezje – Podtabor) is presented.

Further, the optimized schedule for construction of a typical segment of the structure was prepared by using MS Project software.

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorici doc. dr. Jani Šelih ter somentorju asist. dr. Aleksandru Srđiću. Zahvaljujem se tudi celotni ekipi v podjetju SCT d.d., ki je bila prisotna pri gradnji viadukta Ljubno, saj so mi s svojimi strokovnimi in praktičnimi nasveti pripomogli k razumevanju celotne tehnologije gradnje.

Še posebej bi se zahvalil staršem, pokojnemu očetu, ki bi mu zaključek mojega študija zelo veliko pomenil ter materi, ki mi je bila v podporo ob dokončanju študija.

KAZALO VSEBINE

1.0	UVOD	1
2.0	GRADNJA PREKLADNE KONSTRUKCIJE S SISTEMOM POSTOPNEGA NARIVANJA	3
2.1	Glavne značilnosti narivanja	3
2.1.1	Ureditev gradbišča	5
2.2	Oprema in tehnološke faze pri postopnem narivanju	6
2.2.1	Betonska delavnica	7
2.2.2	Jeklena konzolna konstrukcija – kljun	11
2.2.3	Oprema za postopno narivanje	13
2.2.3.1	Navodila za delo pri postopku narivanja prekladne konstrukcije	15
2.2.4	Oprema za pridrževanje prekladne konstrukcije	17
2.2.5	Drsna začasna ležišča na stebrih	17
2.2.6	Bočna vodila	20
2.2.7	Napenjanje kablov	21
2.2.7.1	Izvedba prednapenjanja centričnih kablov	21
2.2.7.2	Navodila za sestavo in montažo kablov	29
2.2.8	Injektiranje kablov	34
2.2.9	Vgrajevanje betona v segment prekladne konstrukcije	37
3.0	OPIS VIADUKTA LJUBNO	43
3.1	Prekladna konstrukcija	44
3.2	Podporna konstrukcija	45
4.0	OPERATIVNI PLAN ZA TIPIČNI SEGMENT PREKLADNE KONSTRUKCIJE	48
4.1	Tipični segment prekladne konstrukcije	48
4.1.1	Opis posameznega delovnega postopka ter potrebna delovna sila	50
4.1.2	Potrebni resursi za izvedbo prekladne konstrukcije	54
4.1.3	Osnove planiranja tipičnega takta	55
4.2	Prikaz terminskega plana s programom Microsoft Project	56

KAZALO PREGLEDNIC

PREGLEDNICA 1: Delovni postopki tipičnega tedenskega segmenta

49

KAZALO SLIK

SLIKA 1: Gradnja viadukta Ljubno s tehnologijo postopnega narivanja	2
SLIKA 2: Princip gradnje premostitvenega objekta	3
SLIKA 3: Shema organizacije gradbišča	6
SLIKA 4: Shema betonske delavnice za izdelavo segmentov	7
SLIKA 5: Betonski del delavnice	8
SLIKA 6: Jekleni del delavnice	8
SLIKA 7: Shema delavnice v prečnem prerezu	11
SLIKA 8: Kljun prekladne konstrukcije	12
SLIKA 9: Hidravlična dvigalka	13
SLIKA 10: Pogonski agregat hidravlike	13
SLIKA 11: Shema postopkov pri narivanju s hidravličnimi dvigalkami	14
SLIKA 12: Začasno ležišče na stebru	18
SLIKA 13: Shema začasnega in končnega ležišča	19
SLIKA 14: Shema bočnih vodil	20
SLIKA 15: Bočna vodila na oporniku	21
SLIKA 16: Bočna vodila na stebrih	21
SLIKA 17: Prerez s pozicijami kablov, ter vrstni red napenjanja pri 1. taktu	22
SLIKA 18: Prerez s pozicijami kablov, ter vrstni red napenjanja pri 2. taktu	23
SLIKA 19: Shema vzdolžnih kablov	24
SLIKA 20: Shema napenjanja z napenjalko	25
SLIKA 21: Nameščanje napenjalke	26
SLIKA 22: Odvijalni boben	26
SLIKA 23: Obrazec protokola napenjanja	27
SLIKA 24: Obrazec zapisnika napenjanja	29
SLIKA 25: Trompeta	30
SLIKA 26: Povezava cevi s trompeto sidrišča	30
SLIKA 27: Shema sistema za potiskanje kablov	31
SLIKA 28: Mešanje injektirne mase	35
SLIKA 29: Injektirna kapa	35

SLIKA 30: Obrazec zapisnika injektiranja	37
SLIKA 31: Betoniranje s pomočjo črpalke za beton preko avtomešalca	38
SLIKA 32: Betoniranje spodnje plošče ter sten	41
SLIKA 33: Betoniranje zgornje plošče	41
SLIKA 34: Vzdolžni prerez viadukta Ljubno	43
SLIKA 35: Karakteristični prečni prerez prekladne konstrukcije	45
SLIKA 36: Betoniranje enega izmed stebrov podporne konstrukcije	47
SLIKA 37: Polaganje armature spodnje plošče ter sten	53
SLIKA 38: Polaganje armature zgornje plošče	53
SLIKA 39: Prikaz terminskega plana z mrežnim diagramom	57
SLIKA 40: Histogram tesarjev	58
SLIKA 41: Histogram železokrivcev	58
SLIKA 42: Histogram napenjalcev	58
SLIKA 43: Histogram stolpnega žerjava	58
SLIKA 44: Histogram vgrajevanja betona	59

1.0 UVOD

Premostitveni objekti kot so mostovi in viadukti spadajo med najzahtevnejše objekte v gradbeništvu. Gradnja premostitvenih objektov je močno povezana s civilizacijo, njenimi potrebami in možnostmi tehnike, materialov ter znanja, ki ga premoremo. Slovenija je znana po zelo razgibanem terenu, zato ob širjenju cestnih povezav naletimo na veliko naravnih ovir, ki jih zaobidemo na tisti način, ki je tisti trenutek najbolj optimalen. Taki objekti so mostovi, viadukti, tuneli, podvozi, nadvozi, le ti pa za inženirja predstavljajo pravi izziv. Veličina teh objektov presune vsakogar, ki jih redno ali občasno uporablja. Zato sta umestitev oziroma vključitev samega objekta v naravo ter njegova zasnova zelo pomembna naloga. Način oziroma tehnologija gradnje do določene mere pogojuje zasnovo premostitvenega objekta, zato morata tako projektant kot izvajalec poznati možne načine gradnje teh objektov. Poznamo več tehnologij izgradnje premostitvenih objektov, pri katerih uporabljamo tudi različne materiale. Pri nas se gradijo predvsem betonski premostitveni objekti, ki jih predstavljajo lite ali monolitne konstrukcije, le te pa gradimo z naslednjimi tehnologijami:

- fiksni oder podprt na teren,
- fiksni oder podprt samo na stebre,
- pomični oder, ki potuje po stebrih iz polja v polje,
- postopno narivanje,
- prostokonzolna gradnja.

Namen naloge je prikazati gradnjo premostitvenih objektov po tehnologiji postopnega narivanja ter izdelavo terminskega plana za posamezni segment, s katerim naj bi gradnja takega objekta potekala kar najbolj tekoče. V primeru pravilno izbranih zaporedij del se skrajša čas izvedbe objekta, delovna sila ter mehanizacija je maksimalno izkoriščena, kar doprinese k prihranku v času in denarju.

Za ponazoritev same tehnologije gradnje ter oblikovanje terminskega plana sem si izbral viadukt Ljubno, ki se nahaja na trasi avtoceste A-2, Predor Karavanke – Obrežje, na odseku Brezje – Podtabor (SLIKA 1). Skupna dolžina viadukta znaša 320.62 m. Izvajalec objekta je

podjetje SCT d.d. Ljubljana. Študija primera je za navedeno podjetje izjemno zanimiva, saj gre za drugi objekt, ki ga podjetje gradi z metodo postopnega narivanja. Predhodni objekt grajen po tej metodi je bil viadukt Lešnica, ki se nahaja le nekaj sto metrov pred obravnavanim viaduktom.



SLIKA 1: Gradnja viadukta Ljubno s tehnologijo postopnega narivanja

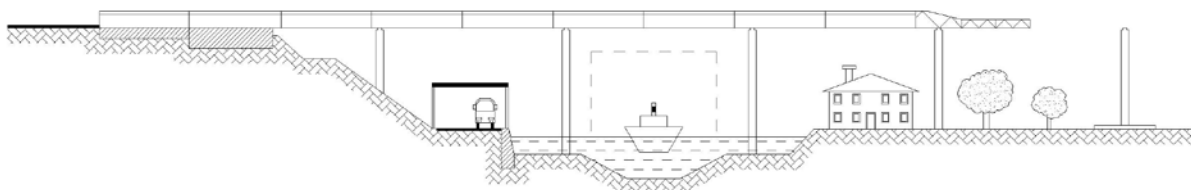
2.0 GRADNJA PREKLADNE KONSTRUKCIJE S SISTEMOM POSTOPNEGA NARIVANJA

2.1 Glavne značilnosti narivanja

Metodo postopnega narivanja je razvil Fritz Leonhardt (1909-1999), prvič pa naj bi se uporabila leta 1965 na avtocesti v bližini mesta Kufstein v Avstriji. (Deutsches Museum)

Metoda se uporablja za prekladne mostne konstrukcije, ki so zasnovane kot kontinuirane, prednapete armiranobetonske konstrukcije. Konstrukcija je sestavljena iz segmentov ali taktov dolžine od 15 m do 50 m ter skupne dolžine do 3000 m. Po prednapenjanju segmenta se celotna konstrukcija s pomočjo hidravličnih dvigalk potisne naprej, s čimer se sprosti opaž za izdelavo novega segmenta (SLIKA 2). Prekladna konstrukcija na svoji poti prehaja skozi različne statične sisteme in sicer kot konzola, prostoležeči nosilec ter na koncu kot kontinuirani nosilec. Zaradi tega se v času gradnje v istem mestu prereza pojavljajo tako pozitivni kot negativni upogibni momenti. Za prevzem teh momentov služijo kabli v zgornjem in spodnjem delu konstrukcije.

V primerjavi s klasičnimi postopki gradnje premostitvenih objektov ima tehnologija postopnega narivanja veliko prednosti. Ker se objekt gradi na fiksnem proizvodnem mestu imenovanem delavnica, so vsi postopki gradnje varnejši in enostavnejši, kot na primer gradnja na gradbenem odru, ali na delovišču na koncu konzole.



SLIKA 2: Princip gradnje premostitvenega objekta

Za prekladno konstrukcijo uporabimo škatlasti prerez, ki je zaradi svoje velike togosti najustrežnejši za prevzem različnih statičnih vplivov. Prav tako je primeren za vodenje horizontalnih kablov, pa tudi njegova izdelava ne predstavlja kakšnih posebnih problemov.

Prednosti gradnje po tehnologiji postopnega narivanja so:

- neodvisnost od terena,
- med celotno gradnjo oz. po celotnem objektu imamo tipičen takt (razen prvega in zadnjega),
- delo v delavnici se lahko organizira industrijsko,
- možnost prekritja delavnice, kar zmanjša vpliv zunanjih klimatskih pogojev (možno ogrevanje pozimi),
- velika trajnost objekta,
- gradnja objekta poteka relativno hitro,
- izredno toga in kakovostna konstrukcija,
- objekt ima samo začetno ter končno dilatacijo,
- ekonomičnost gradnje.

Gradnja s sistemom postopnega narivanja pa ima tudi nekaj pomanjkljivosti:

- omejitve glede geometrije objekta;
 - trasa v tlorisu je v premi, vzdolžni padec je konstanten,
 - trasa v tlorisu je v premi, vzdolžni profil je v vertikalni krožni zakrivljenosti,
 - trasa v tlorisu je v krožni zakrivljenosti, vzdolžni padec je enak nič,
 - trasa v tlorisu je v krožni zakrivljenosti, vzdolžni padec je konstanten,
- prečni prerez segmentov mora biti konstanten (zunanji),
- večja poraba kablov kot pri drugih tehnologijah,
- ni primerna za razpone preko 80 m,
- problematična pri nagibih trase večjih od 4% (nevarno za zdrs prekladne konstrukcije med postopnim narivanjem),
- potrebna večja togost stebrov zaradi horizontalne sile v času narivanja,
- neekonomična pri gradnji objektov krajših od 120 m (zaradi drage opreme).

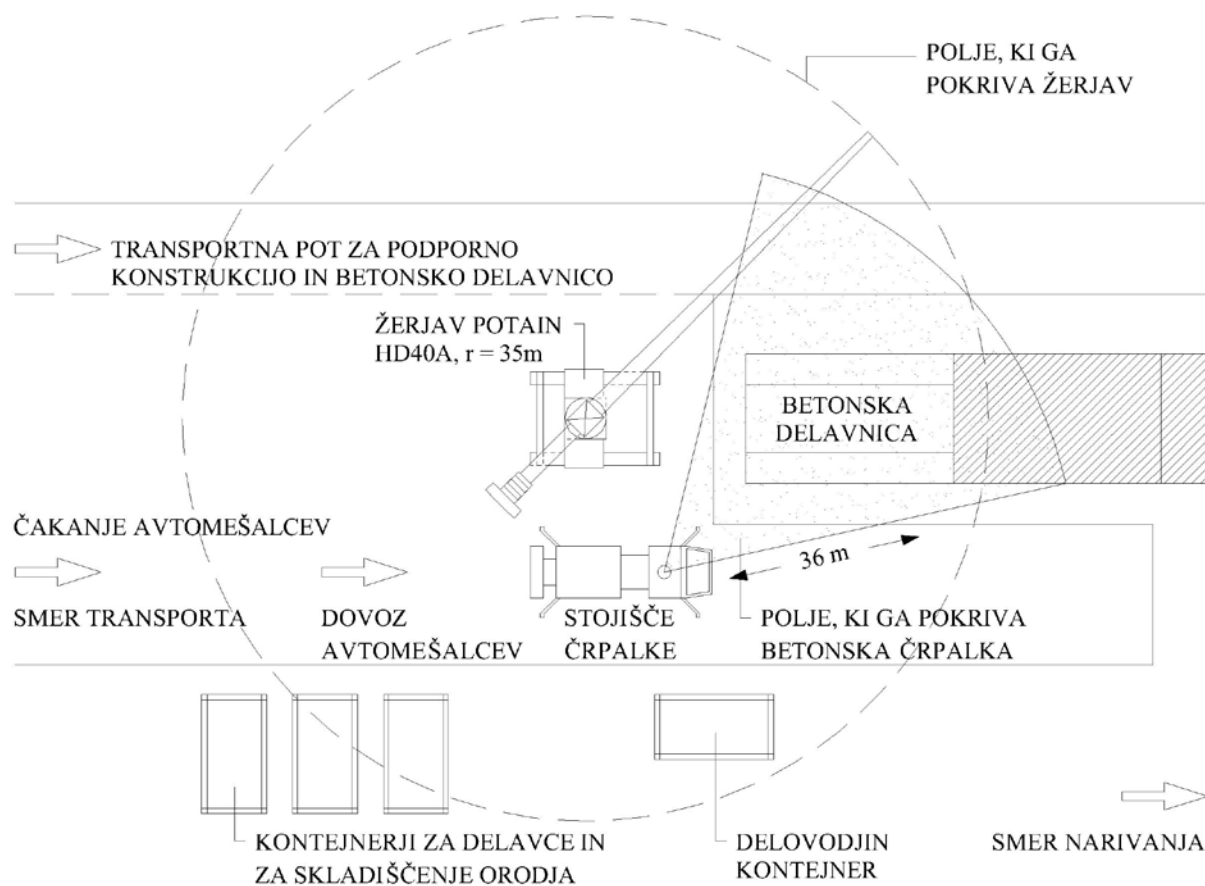
Pri gradnji premostitvenih objektov s to metodo gradnje je potrebna specifična oprema, izšolano in usposobljeno osebje, nedvoumne specifikacije, temeljita obdelava projektne dokumentacije ter strokovni nadzor. (Ačanski in Goznik, 2004)

2.1.1 Ureditev gradbišča

Za postopno narivanje ne potrebujemo velikega gradbišča. Shema tipičnega gradbišča predstavlja slika 3. Središče gradbišča je betonska delavnica za izdelavo segmentov. Ob njej postavimo stolpni žerjav, ki nam omogoča dostavo sestavnih delov segmenta in pomožno opremo, kot so opaži, armatura, težka strojna oprema in podobno. Žerjav mora biti postavljen tako, da lahko z njim prestavljamo želeno stvari s transportne poti neposredno nad delavnico. Transportna pot lahko poteka vzdolž trase objekta, v kolikor je to mogoče, saj nam je tako v pomoč tudi pri gradnji podporne konstrukcije. Največkrat to ni mogoče zaradi same narave terena, saj taki premostitveni objekti potekajo preko rek ali globokih sotesk. V vsakem primeru pripeljemo transportno pot do betonske delavnice ali do stolpnega žerjava.

Ob betonski delavnici mora biti predviden tudi prostor za stojišče betonske črpalke. Stojišče mora biti stabilno, da se črpalka dobro fiksira pred začetkom vgrajevanja betona v segment prekladne konstrukcije. Ob črpalci mora biti poskrbljeno tudi za prostor, ki je namenjen dostavi betona, ter čakanju avtomešalcev.

V sami bližini delavnice postavimo tudi bivalni kontejner ter ladijski kontejner. Bivalni kontejner služi delovodji, ki mora biti ves čas gradnje prisoten na gradbišču. Tu ima delovodja svoj delovni prostor, kjer piše delovno poročilo, preučuje načrte in vodi evidenco o zaposlenih na gradbišču. V kontejnerju mora biti obvezno tudi omarica za prvo pomoč, da se ob morebitni poškodbi delavca nudi prva pomoč. Ladijski kontejner pa služi shrambi delovnega orodja in manjših strojev ter aparatov, ki so potrebni na gradbišču.



SLIKA 3: Shema organizacije gradbišča

2.2 Oprema in tehnološke faze pri postopnem narivanju

Pri gradnji objekta s postopnim narivanjem nam je v pomoč sledeča oprema:

- betonska delavnica,
- jeklena konzolna konstrukcija, imenovana kljun,
- oprema za postopno narivanje,
- oprema za pridrževanje prekladne konstrukcije,
- drsna začasna ležišča na stebrih,
- bočna vodila.

Ob narivanju prekladne konstrukcije pa se srečamo z naslednjimi tehnološkimi fazami:

- napenjanje kablov,
- injektiranje kablov,

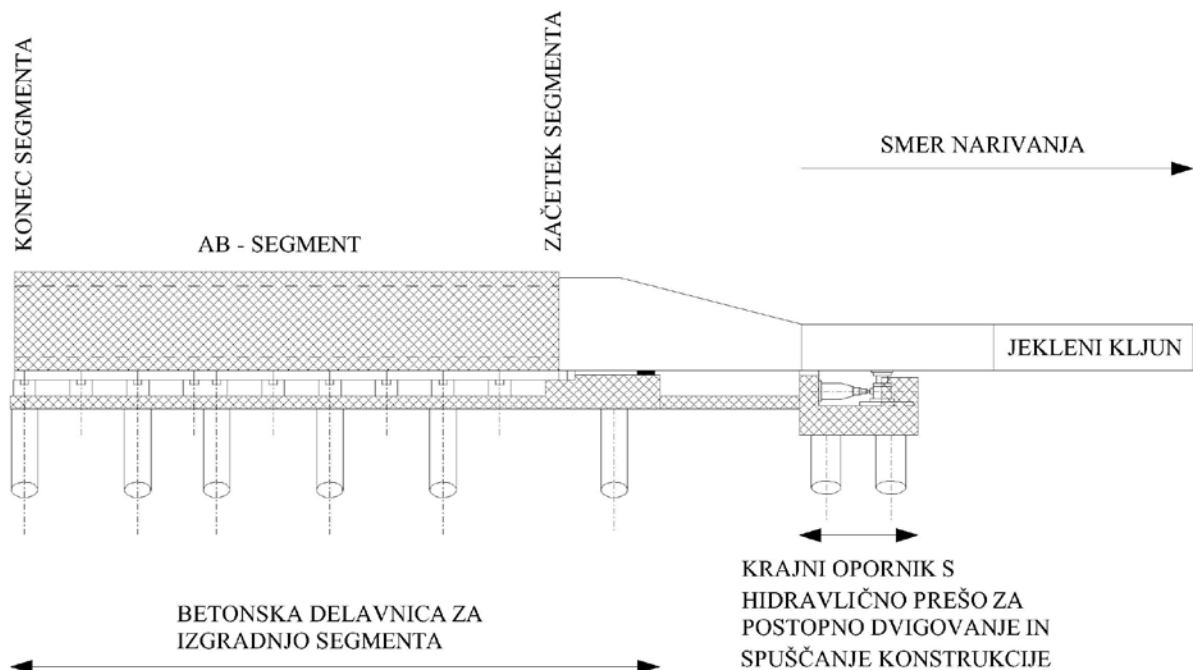
- vgrajevanje betona v segment prekladne konstrukcije.

Vsa naštetna oprema ter tehnološke faze so podrobneje opisane v naslednjih poglavjih.

2.2.1 Betonska delavnica

Betonska delavnica, ki je shematično prikazana na sliki 4, je namenjena izdelavi posameznih segmentov prekladne konstrukcije. Delavnico namestimo izza opornika, kjer jo dobro temeljimo, da se izognemo morebitnim posedkom, ki bi lahko celo zaustavili gradnjo objekta. Geometrijski položaj prekladne konstrukcije je določen glede na geometrijo delavnice, zato mora biti njena izgradnja precizna in natančna. Na morebitna odstopanja nas opozori geodet, ki je prav tako ves čas prisoten na gradbišču. Delavnica je sestavljena iz naslednjih glavnih delov:

- betonski del,
- jekleni del,
- opažni del.



SLIKA 4: Shema betonske delavnice za izdelavo segmentov

Betonski del

Obtežba v betonski delavnici se preko dveh vzdolžnih pasovnih temeljev (SLIKA 5) prenaša na zemljino. Celotna obtežba v delavnici je sestavljena iz teže opažne konstrukcije, ki se preko hidravličnih dvigalk prenaša direktno na temeljno peto ter iz teže razopaženega segmenta prekladne konstrukcije. Izdelan in razopažen takt betonske prekladne konstrukcije sloni na dveh vzdolžnih AB zidovih. Na obeh sta drsni progi, ki sta na vrhu opremljeni z jeklenimi spoliranimi ploščami, sidranimi v zabetonirana U profila. Na te plošče pred betoniranjem položimo drsne plošče Koterm, to je posebna trda plastika z nizkim trenjem, namazane s posebno mastjo, ki ohranja enako viskoznost pri vseh eksploatacijskih temperaturah in je odporna na mehansko iztisnjenje. Tako segment v fazi narivanja skupaj z drsnimi ploščami drsi po jeklenih ploščah iz betonske delavnice.



SLIKA 5: Betonski del delavnice



SLIKA 6: Jekleni del delavnice

Jekleni del

Ob vzdolžnih AB zidovih potekata dva primarna nosilca HEB 600, ki sta podprta s hidravličnimi dvigalkami. Prečno so na njiju položeni sekundarni nosilci HEB 400, ki so medsebojno zavetrovani. Ta jeklena brana (SLIKA 6) služi kot osnovno ogrodje na katerega je nameščen zunanji opaž ter dno zunanjega opaža. Razopaževanje posameznega segmenta se opravi s spustom celotne jeklene konstrukcije z opažem vred za 5 do 10 cm. Spust opaža se izvede z istočasnim spuščanjem vseh hidravlično povezanih dvigalk. Po spustu opaža se

preveri uspešnost odstopanja opaža od betonske površine – to je segmenta. Segment tako leži samo še na drsnih progah in je pripravljen za premik.

Opažni del

Opaž je sestavljen iz zunanjega ter notranjega dela. Zunanji del je montiran na jekleno brano in se z njo spušča oziroma dviguje (SLIKA 7). Notranji del se popusti navznoter in se horizontalno prestavlja z vozičkom iz predhodno potisnjene segmenta nazaj na novi segment.

Opažna podporna konstrukcija zunanjega opaža je sestavljena iz tipskih elementov in se naslanja na jekleno brano spodaj. Obložena je z lesenimi opažnimi ploščami (bosanke). Notranji tunelski opaž je sestavljen iz jeklenega ogrodja, obloženega z opažnimi ploščami, po dolžini deljiv v pakete. Nastavek stojin za drugo fazo betoniranja omogoča tesno povezavo spodnjega dela tunelskega opaža s pomočjo opažnih vijakov z zunanjim opažem. Jeklena konstrukcija je zasnovana tako, da s posedanjem omogoča odlepitev opažne lupine od betona.

Po strditvi betona spodnje plošče – 1. faza betoniranja, se na postavljeno progo s pomočjo vitla izvlečejo iz notranjosti prejšnjega betonskega segmenta posamezni dolžinski paketi notranjega opaža, ki se nato montirajo in povežejo s pomočjo veznih vijakov z zunanjim opažem ter tvorijo fiksno oporo za vgrajevanje betona, kar je opisano v poglavju 2.2.9.

Navodila za delo pri dvigu oziroma spustu opaža

Priprava na delo za operacijo spuščanja oziroma dvigovanja opaža:

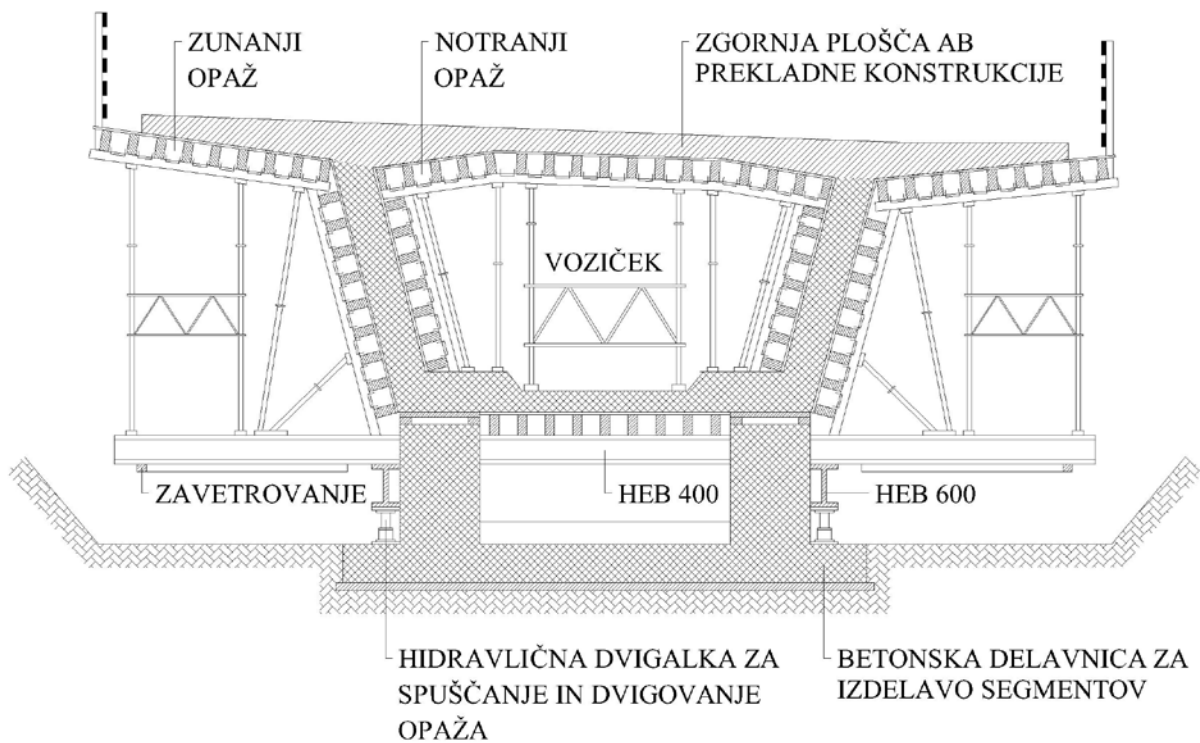
- priključitev dvigalk na agregat,
- kontrola stanja dvigalk in statusa njihovih ventilov, ki morajo biti zaprti,
- priključitev agregata na električni tok ter preizkus v praznem teku.

Operacija spuščanja opaža:

- k vsaki dvigalki napotimo delavca, ki bo ravnal z ventili,
- operater na agregatu da znak, da bo aktiviral tlačilko,
- delavci odprejo ventile in o tem obvestijo operaterja,
- v prvi fazi dvignemo vse bate, a le za 1 mm,
- ko delavci zaznajo premik bata, zaprejo ventile, odvijejo blokirne matice batov za 4 cm, kar kontrolirajo s šablono ter odprejo ventile,
- po odvitju matic operater vključi na agregatu spust opaža, medtem delavci pri dvigalkah spremljajo spuščanje opaža in v primeru neregularnosti obvestijo operaterja, da takoj ustavi agregat. Drugače pa se spuščanje opaža nadaljuje do naseda matic,
- delavci zaprejo ventile.

Operacija dvigovanja opaža:

- operater poda znak, da bo vključil agregat,
- delavci odprejo ventile,
- operater vključi agregat s prestavitvijo ročice na »dvig«,
- delavci spremljajo dvig opaža po privarjenih indikatorjih ter z ventili uravnavajo enakomernost dviga,
- končne višinske točke, ki jih potrdi geometer, se dosežejo s fino nastavitvijo hoda batov z ventili,
- po geodetovi potrditvi višine delavci zategnejo blokirne matice batov.



SLIKA 7: Shema delavnice v prečnem prerezu

2.2.2 Jeklena konzolna konstrukcija - kljun

Na sprednji strani prekladne konstrukcije, ki se nariva od stebra do stebra, se pojavljajo veliki negativni konzolni momenti. Le te se zmanjša na ta način, da zmanjšamo lastno težo prekladne konstrukcije in sicer tako, da se na prednji prečnik pritrdi jekleni kljun (SLIKA 8). Kljun se pritrdi s pomočjo Dywidag palic. Teža kljuna znaša cca 10% teže osnovne konstrukcije – segmenta. Za dolžino kljuna se običajno izbere dolžina kljuna $L_K = 0.60 \times L_T$, pri čemer je L_T dolžina vmesne razpetine. Konstrukcija kljuna je sestavljena iz dveh, s povezjem povezanih polnih I jeklenih nosilcev. Po dolgem je kljun sestavljen iz treh ali štirih delov. Dobra stran kljuna je tudi ta, da z njim pridobimo na medosni razdalji med podporno konstrukcijo – stebri. Tako je na končnem objektu potrebnih manj stebrov.

Poleg pravilno izbrane dolžine kljuna je pomembno tudi to, da se pravilno določi togost jeklenega kljuna, ki vpliva na zmanjšanje upogibnega momenta.

Preden se kljun narine do stebra se seveda zaradi lastne teže povesi. Ta povos znaša približno 10 cm, odvisno od dolžine razpona med stebri, teže celotne konstrukcije, nagiba konstrukcije in ostalih faktorjev. Da lahko kljun narinemo na steber, ima na spodnji strani konice pritrjen pomičen nosilec, ali pa na vsaki strani po eno peto na mestu, ki se ujema z začasnim ležiščem. Ko pridemo s konico kljuna do začasnih ležišč, jo s pomočjo hidravličnih dvigalk dvignemo in zapeljemo preko ležišč. Nato spodnji del kljuna zravnamo tako, da konico spustimo ter nadaljujemo s postopnim narivanjem prekladne konstrukcije.



SLIKA 8: Kljun prekladne konstrukcije

2.2.3 Oprema za postopno narivanje

Sila, ki je potrebna za narivanje prekladne konstrukcije, se prenaša preko hidravlične opreme, ta pa je običajno nameščena na oporniku (SLIKA 9). Oprema je montirana na aktivnem oporniku, kjer je s štirimi vijaki sidrana v dva zavorna sedla. Hidravlična dvigalka, ki služi za dvig prekladne konstrukcije, je položena na teflonsko ploščo, na zgornji strani pa nalega na hrapavo površino betona prekladne konstrukcije.

Tehnične karakteristike hidravlične opreme za narivanje so naslednje:

- dvižna sila (dva hidravlična cilindra ZE) $2 \times 7850 \text{ kN} = 15700 \text{ kN}$,
- potisna sila (štirje potisni cilindri ZD) $4 \times 1521 \text{ kN} = 6080 \text{ kN}$,
- pogonski hidravlični agregat z močjo 30 kW pri maksimalnih 400 barih ter oljno kapaciteto 40 L/min.



SLIKA 9: Hidravlična dvigalka

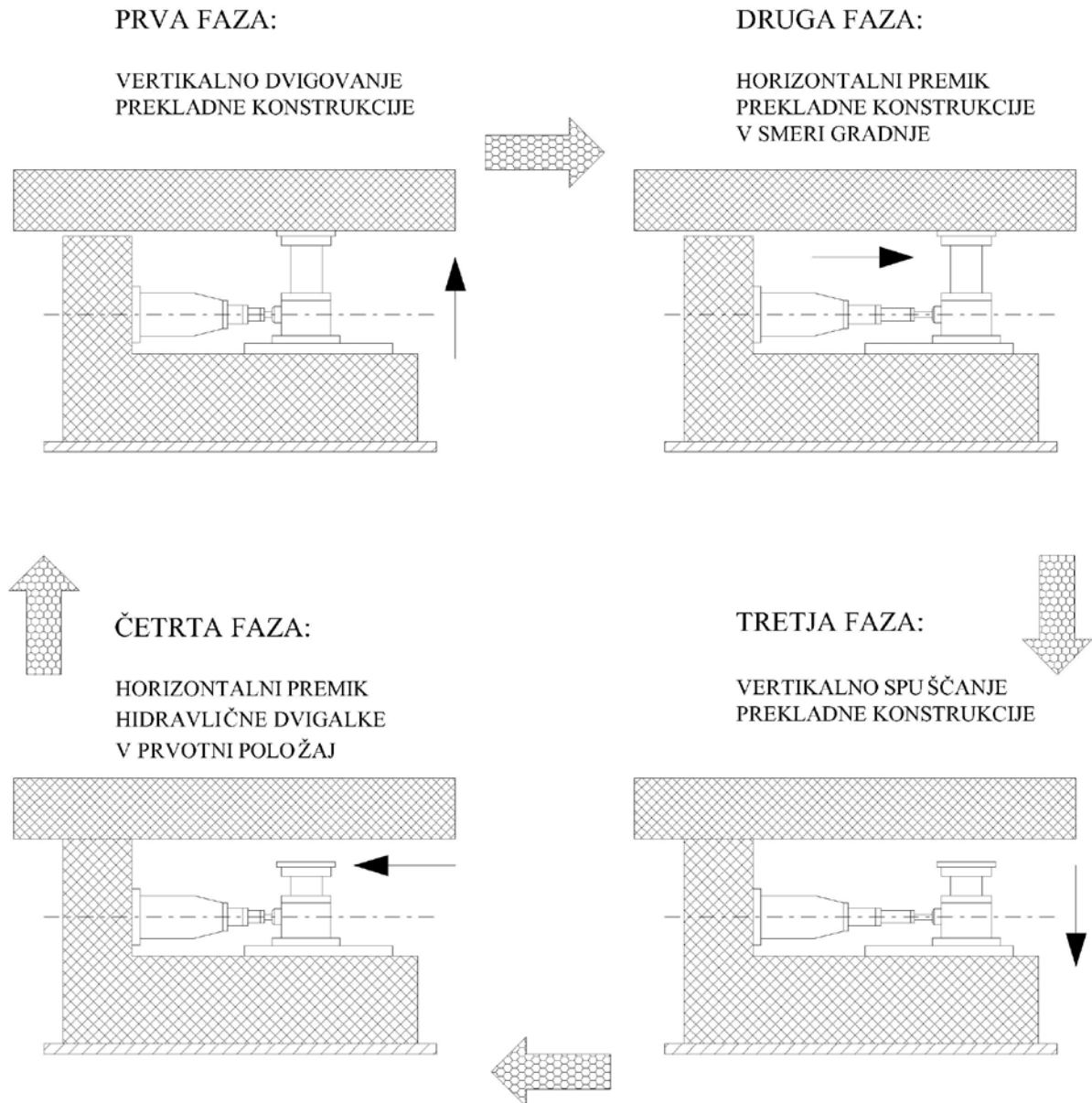


SLIKA 10: Pogonski agregat hidravlike

Tipično operacijo potiskanja prekladne konstrukcije sestavljajo naslednji koraki:

- dvig prekladne konstrukcije s cilindroma ZE za maksimalni dvig (do 8 cm), ki ga predpiše projektant. Na to vrednost je potrebno nastaviti varovalo višine dviga,
- potisk prekladne konstrukcije s cilindri ZD za tipičnih 25 cm,
- spust cilindrov ZE, pri čemer so prekladna konstrukcije odloži na zavorno sedlo,
- prazen povratni horizontalni hod potisnih cilindrov ZD v osnovni položaj.

Sledi ponavljanje te operacije, ki je shematsko prikazana na sliki 11, za celotno dolžino segmenta, tako da konec prekladne konstrukcije doseže začetek opažne delavnice. Ta postopek omogoča premik prekladne konstrukcije s hitrostjo 5 do 6 m/h.



SLIKA 11: Shema postopkov pri narivanju s hidravličnimi dvigalkami

Za vsak segment je potrebno voditi protokol narivanja (SLIKA 23), v katerega se vpisujejo vertikalne in horizontalne potisne sile. S sprotno primerjavo teh vrednosti z računskimi, lahko

spremljamo teoretični potek narivanja in tako pravočasno ugotovimo morebitne neregularnosti, ki lahko nastopijo in niso bile predvidene.

Narivanje prekladne konstrukcije pri prvem in zadnjem taktu zahteva posebne ukrepe. Narivanje prvega takta se izvede s pomočjo štirih Dywidag palic premera ϕ 36 mm. Pri zadnji etapi pa se lahko zaradi premajhne vertikalne sile na dviznem elementu s trenjem vzpostavi premajhna sila narivanja. Zato se tudi tukaj uporabijo vlečne palice.

2.2.3.1 Navodila za delo pri postopku narivanja prekladne konstrukcije

Potrebno osebje pri narivanju:

- vodja narivanja,
- strojnik na potisni hidravliki,
- mehanik na narivni postaji,
- po dva delavca na vsakem stebru,
- koordinatorji ob trasi objekta,
- geometer.

Potrebna signalna oprema:

- megafoni dosega 800 m,
- rdeče in zelene signalne zastavice,
- signalne troblje na stisnjen zrak (v ročnih dozah),
- brezžični radijski aparati.

Zadolžitve članov ekipe za narivanje:

- strojnik na potisni hidravliki je pozicioniran ob pogonskem agregatu potisne hidravlike (SLIKA 10). Upravlja z narivno hidravliko in ob asistenci mehanika nadzira pravilnost delovanja (dvig, spust, potiskanje, izvlečenje betonske konstrukcije iz opaža). Pri tem posluša komande vodje narivanja,
- vodja narivanja stoji na narivni postaji tako, da lahko vidi in komunicira s strojnikom potisne hidravlike in prvim koordinatorjem. Opremljen je z megafonom ali brezžičnim

radijskim aparatom in trobljo. Njegova izključna naloga je, da s komandami vodi proces narivanja. Pri tem daje ukaze strojniku, glede na stanje, ki ga opazuje in informacije, ki jih dobiva od prvega koordinatorja, ter dogovorjenih signalov s trobljo od delavcev na stebrih. Obenem sporoča navodila za usmerjanje betonske konstrukcije, ki jih dobiva od geodeta,

- koordinatorji so ob trasi objekta pozicionirani tako in na taki razdalji, da so med seboj v dobrem in jasnem vidnem kontaktu (prvi ravno tako z vodjo narivanja). Njihova dolžnost je nadziranje dogajanja na stebrih v njihovem sektorju in verižno sporočanje komand vodje narivanja ter komentiranje (po potrebi) dogajanj na stebrih vodji narivanja. Opremljeni so z megafoni ali brezžičnimi radijskimi aparati in trobljami,
- delavci na stebrih polagajo drsne plošče začasnih ležišč in zalagajo zračnost v bočnih vodilih, glede na ukaze geometra. Opremljeni so s trobljami in zastavicami.

Opis poteka postopkov pri narivanju:

- stanje pripravljenosti: vodja narivanja po predhodni potrditvi koordinatorja in osebemu pregledu stanja na stebrih ter pravilne razporeditve delavcev in opreme poda signal za stanje pripravljenosti. To so trije kratki piski s trobljo. Na ta znak najprej reagirajo delavci na stebrih z izobesitvijo zelenih zastavic. Koordinator to preveri in poroča. Po sprejetju sporočila o pripravljenosti vodja narivanja poda znak za začetek narivanja,
- začetek narivanja: znak za začetek narivanja je dolg pisk s trobljo. Pred tem (v kolikor je potrebno) sporoči preko koordinatorja geodetove napotke za usmeritev potovanja prekladne konstrukcije. Geodet spremlja smer potovanja in sporoča vodji narivanja korekcije, on pa v tem primeru ustavi potiskanje, javi korekcijo koordinatorju in ponovi proceduro začetka narivanja, kot pri vsaki drugi zaustavitvi,
- zaustavitev narivanja: ta je lahko redna (zaustavitev po nekaj fazah narivanja), ki jo po presoji, zaradi pregleda, koordinacije in podobnih stvari odredi in izvede vodja narivanja. To izvede z neposrednim ukazom strojniku na potisni hidravliki. Lahko pa je zaustavitev tudi izredna, pri kateri mora strojnik nemudoma ustaviti narivanje na znak zasilnosti, to pa je en kratek pisk s trobljo, ki ga lahko sproži kdorkoli. V tem primeru se mora na stebri na katerem je prišlo do izrednega dogodka, takoj izobesiti

rdeča zastavica, ki visi, dokler se napaka ne odpravi. Po ponovni izobesitvi zelene zastavice se lahko procedura narivanja nadaljuje.

Do zasilnega dogodka lahko med drugim pride tudi zaradi zasebne ogroženosti delavca ali napake v procesu. Največkrat je to položitev napačno obrnjene drsne plošče na začasno ležišče. Zato je potrebno delavce poučiti z enostavno memotehnično metodo katera stran plošče se kam obrne (siva stran plošče na sivi beton).

2.2.4 Oprema za pridrževanje prekladne konstrukcije

Kadar narivanje objekta poteka glede na vzdolžni nagib navzdol, je potrebno uporabiti opremo za zadrževanje pred nekontroliranim zdrsom. Podobna težava se pojavlja tudi v primeru, ko se prekladna konstrukcija nariva navzgor. Tu pa lahko pride do drsenja konstrukcije v smeri, ki je nasprotna smeri narivanja. Za zadrževanje prekladne konstrukcije se uporabijo Dywidag palice premera ϕ 36 mm, ki se vpnejo v jekleni konzolni nosilec. Ta nosilec je preko horizontalnega kabla, sidrnih glav ter napenjalne preše povezan z opornikom oziroma delavnico. Z vnosom potrebne sile v kabel se celotna prekladna konstrukcija zadržuje v mirujočem stanju.

2.2.5 Drsna začasna ležišča na stebrih

Za postopno narivanje prekladne konstrukcije je potrebno na podpornih konstrukcijah vgraditi začasna ležišča (SLIKA 12). Ta omogočajo potovanje konstrukcije pri narivanju z malo trenja. Na izvedeno končno AB ležiščno blazino se dobetonira še začasni podstavek, ki nosi z epoksidno malto pritrjeno jekleno ploščo dimenzij 450/800/40 mm. Na drsni površini je prekrita z nerjavečo pločevino. Ležišče je položeno v naklonu in na višini, ki omogoča vstavitev drsni plošč.

V fazi narivanja prekladne konstrukcije vstavlja delavec posebne drsne plošče med spodnji rob betonske konstrukcije in začasno ležišče. Pred tem delavec plošče namaže s posebno silikonsko mastjo. V fazi narivanja te plošče padejo ven na sprednji strani ležišča, zadaj pa se doda nova, tako, da je stik med prekladno konstrukcijo in ležiščem ves čas zapolnjen. Drsne

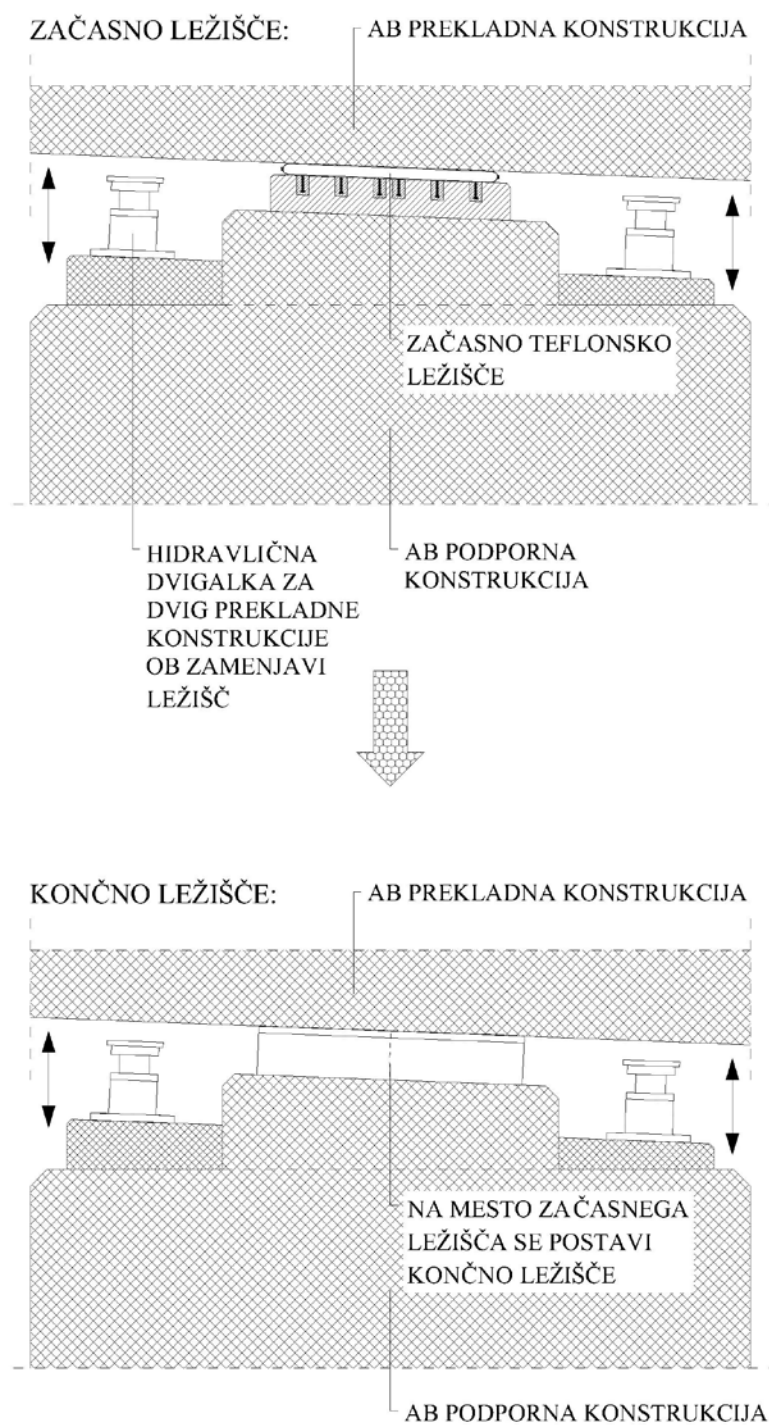
plošče so narejene iz armiranega elastomera s teflonsko površino na eni strani. Tako je ena površina drsna (na strani ležišča), druga pa ima zaviralni učinek (na betonski strani). Dimenzije teh plošč so 40/50 cm, debeline 13 mm.



SLIKA 12: Začasno ležišče na stebri

Po končanem narivanju celotnega objekta je potrebno začasna ležišča zamenjati s stalnimi (SLIKA 13). Za to uporabimo posebne nizke hidravlične dvigalke, ki jih na stebri podstavimo pod prekladno konstrukcijo. Na stebri razporedimo štiri dvigalke, ki so simetrično porazdeljene glede na tlorisno os stebra. Dvižna sila za posamezno dvigalko znaša 3100 kN, s 50 mm hodom.

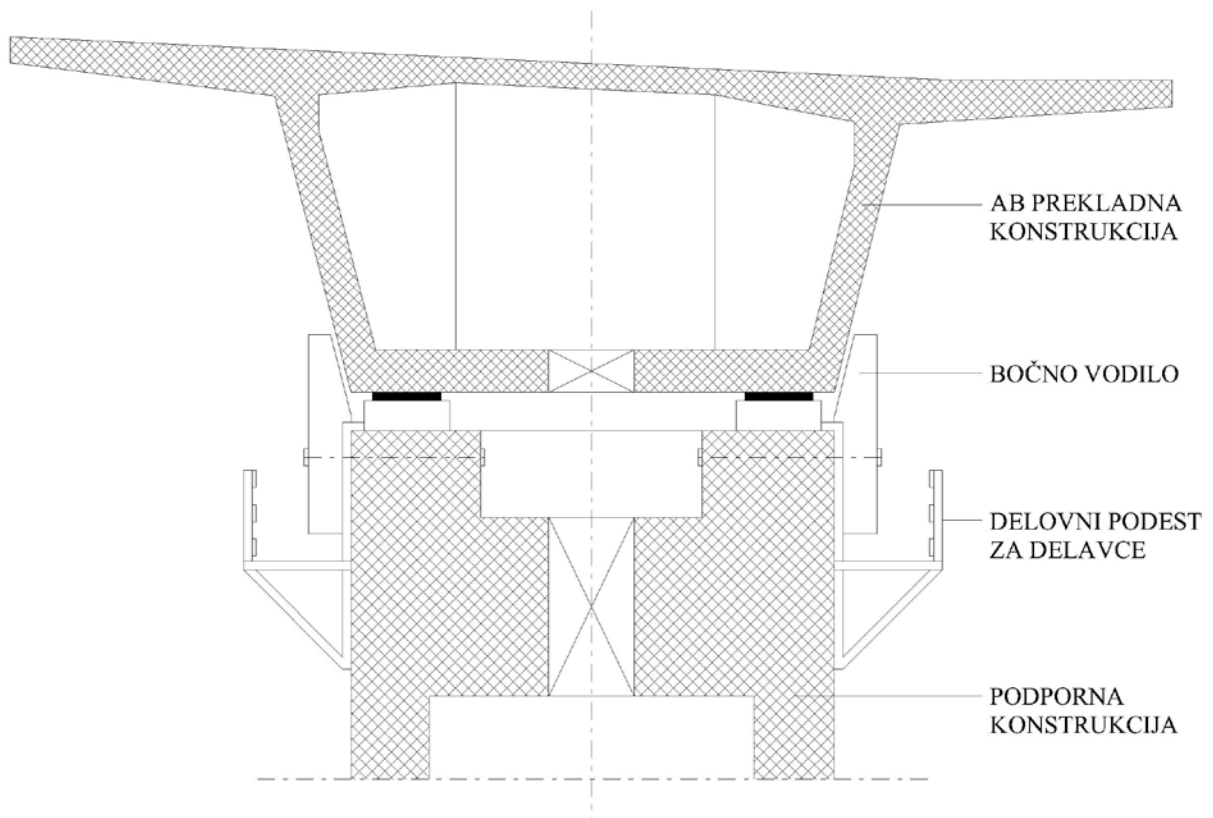
Te hidravlične dvigalke uporabljamo tudi za dvig prekladne konstrukcije v primeru potrebe ob izrednem dogodku, kot je nepravilna vstavitev drsne plošče (obrnjena drsna in zavorna stran plošče).



SLIKA 13: Shema začasnega in končnega ležišča

2.2.6 Bočna vodila

Bočna vodila so jekleni čevlji, s katerimi usmerjamo vzdolžno potovanje prekladne konstrukcije med postopnim narivanjem. Nameščena so na obeh straneh stebra v prečni smeri (SLIKA 14). Vodila usmerjajo prekladno konstrukcijo in preprečujejo, da bi objekt zdrsnil med potiskanjem s stebrov, bodisi zaradi bočnega vetra, bodisi zaradi toleranc izvedbe.



SLIKA 14: Shema bočnih vodil

Imamo dva tipa bočnih vodil. Prvi tip so bočna vodila, ki so vertikalno pritrjena s sidrnimi vijaki M 30 na beton (SLIKA 15). Ta se nahajajo na izhodu iz betonske delavnice na aktivnem oporniku. Drugi tip bočnih vodil se nahaja na podpornih konstrukcijah oziroma stebrih (SLIKA 16). Na stebrih so jekleni čevlji navarjeni na vertikalni nosilni okvir iz HEB 240, ki je z dvema navojnima palicama Dywidag premera ϕ 36 mm privijačen na bok stebra. Navojne palice so prednapete z ročnim ključem in se po potrebi zategujejo, oziroma popuščajo.

Za drsenje se prav tako uporabljajo vmesne drsne plošče Koterm, ki so v tem primeru iz trde plastike. Prečni premiki oziroma popravki smeri prekladne konstrukcije se izvajajo istočasno z zadnjimi vzdolžnimi pomiki pri posameznem taktu. Le to se izvaja z zalaganjem plošč iz trdega lesa ustrezne debeline. Med narivanjem so dopustna odstopanja ± 10 mm. Korekcije položaja moramo izvesti premišljeno, da ne pride do nasprotno delujočih si pritiskov in preobremenitev. Podatke o legi prekladne konstrukcije nam posreduje geometer, ki je ves čas narivanja prisoten na gradbišču.

Na vrhu stebrov je nameščen tudi oder, s katerega delavci zalagajo bočna vodila. Uporabljajo ga tudi za vstavljanje drsnih plošč med začasno ležišče in AB prekladno konstrukcijo. Dostop do odrov je izveden s pomočjo lestev.



SLIKA 15: Bočna vodila na oporniku



SLIKA 16: Bočna vodila na stebrih

2.2.7 Napenjanje kablov

2.2.7.1 Izvedba prednapenjanja centričnih kablov

Za napenjanje so uporabljeni kabli DYWIDAG BONDED PT Systems (BPTS), vrvi s prečno površino $A_s = 150 \text{ mm}^2$.

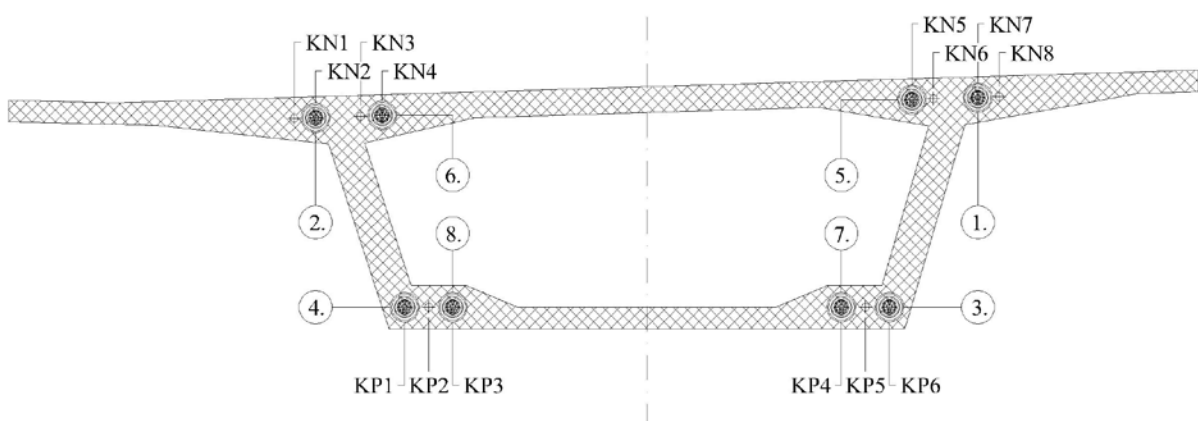
V prečnem prerezu armiranobetonske prekladne konstrukcije se v zgornji plošči nahaja 8 kablov (4 + 4), z oznakami KN1, KN2, KN3, KN4, KN5, KN6, KN7, KN8, v spodnji plošči

pa 6 kablov (3 + 3), z oznakami KP1, KP2, KP3, KP4, KP5, KP6. Predvideno je 43% oziroma 57% - no prepletanje kablov. Na delovnem stiku lihih taktov se sidra 8, na sodih pa 6 od skupno 14 kablov (SLIKA 19).

Napenjanje vseh kablov je enostransko. Napenjanje se izvaja na nepomičnih spojkah tipa MA-R-6815 na koncu vmesnih taktov, ter nepomičnih napenjalnih sidrih tipa MA-A6185, ki so predvidena na koncu 19. takta. Na začetku 1. takta so kabli sidrani z nepomičnimi sidri tipa MA-B-6815 (SLIKA 19).

Napenjanje kablov se začne z napenjanjem kablov 1. takta. Ko doseže beton prekladne konstrukcije 1. takta minimalno zahtevano tlačno trdnost $f_{cm} = 30\text{MN/m}^2$ (kjer je $f_{cm} = f_{ck} + 8.0\text{ MN/m}^2$; f_{ck} pa tlačna trdnost, izmerjena na kockah), vendar ne prej kot po 2.5 dneh se lahko napnejo kabli in sicer pozicije KN2, KN4, KN5 in KN7 v zgornji plošči ter KP1, KP3, KP4 in KP6 v spodnji plošči.

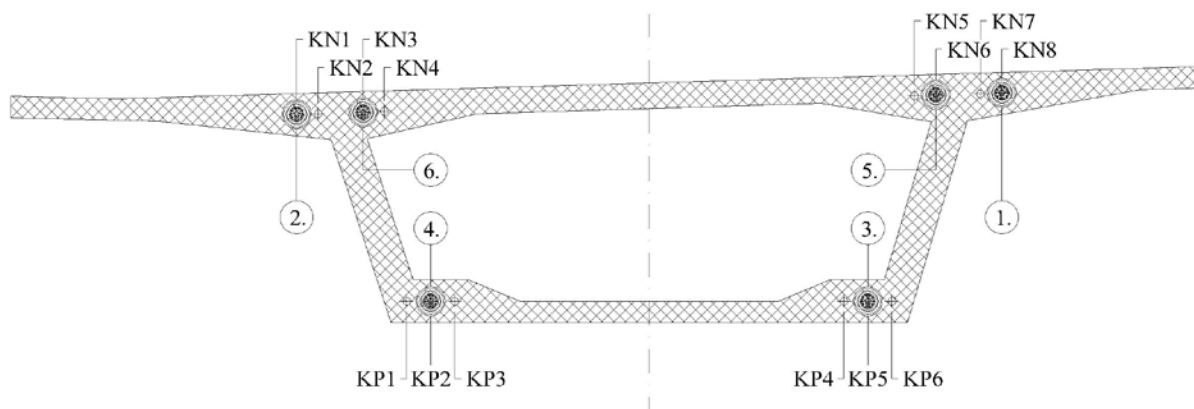
Vsi kabli se spajajo z nepomično spojko MA-R-6815, na kateri se kabli tudi napenjajo. Napenjanje vseh kablov je enostransko, sila napenjanja pa znaša 2785 kN. Najprej se napneta kabla KN7 ter KN2, nato kabla KP6 in KP1, sledita jima kabla KN5 ter KN4, nazadnje pa še kabla KP4 in KP3 (SLIKA 17).



SLIKA 17: Prerez s pozicijami kablov, ter vrstni red napenjanja pri 1. taktu

Napenjanje kablov 2. takta se prične prav tako ob doseženi predpisani minimalni tlačni trdnosti betona. Napnejo se pozicije KN1, KN3, KN6 in KN8 v zgornji plošči ter KP2 in KP5

v spodnji plošči. Najprej se napneta kabla KN8 in KN1, sledita kabla KP5 in KP2 in nazadnje KN6 ter KN3 (SLIKA 18).



SLIKA 18: Prerez s pozicijami kablov, ter vrstni red napenjanja pri 2. taktu

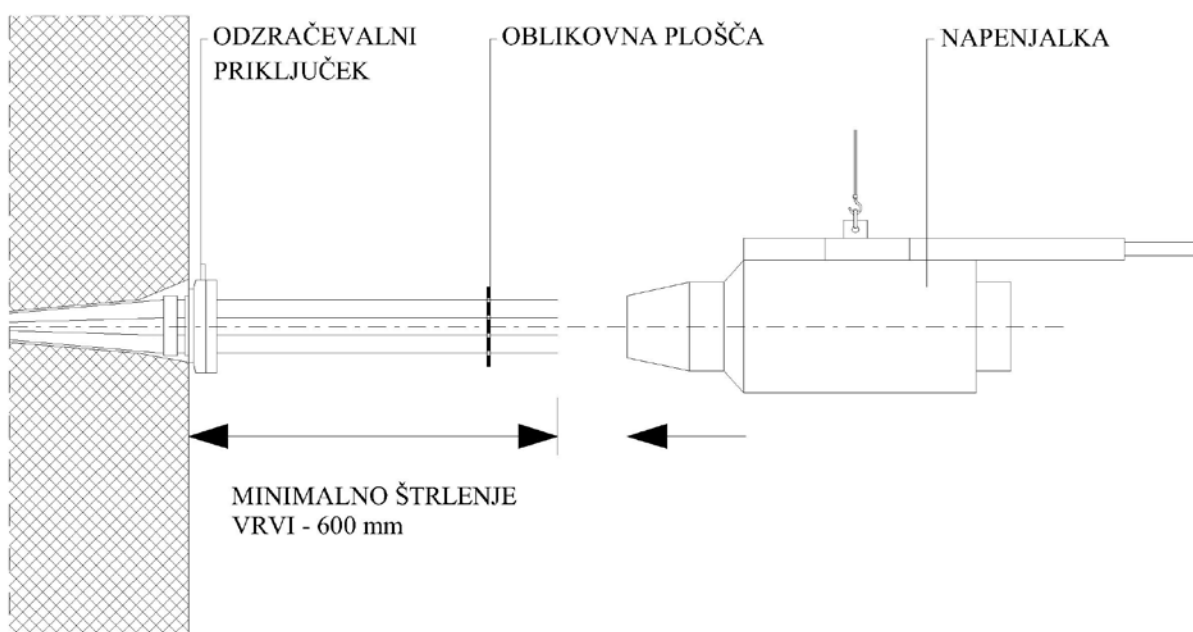
Po istem sistemu se napenjajo vsi naslednji segmenti, razen zadnji 19. takt na katerem se napne vseh 14 kablov. Najprej se napneta kabla KN7 in KN2, nato KP6 in KP1, sledita jima kabla KN5 in KN4, nato KP4 in KP3, nato KN8 in KN1, nato KP5 in KP2 in nazadnje kabla KN6 ter KN3. Ob tem se vodijo zapisniki o napenjanju (SLIKA 24).

Varovalni ukrepi:

- napenjajo lahko samo izurjeni delavci,
- oprema, še posebno visokotlačne cevi in spojke morajo biti v neoporečnem stanju. Poškodovane cevi je potrebno takoj izključiti. Hitre spojke je potrebno pogosto kontrolirati. Na nepriključenih koncih cevi morajo biti nataknjene zaščitne kape,
- med napenjanjem ne sme nihče stati izza ali izpod napenjalke, ker pretrganje kabla lahko povzroči težke poškodbe ali celo smrt.

Montaža napenjalke (SLIKA 20):

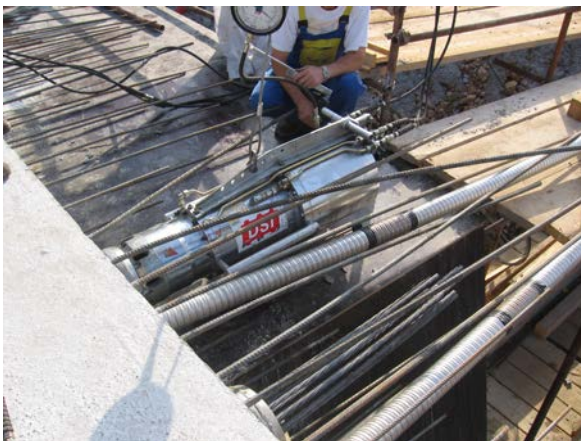
- najprej se uredi pramena, na katera se natakne oblikovno ploščo, na koncu pa jih povežemo z žico,
- nato se napenjalko potisne na pramena, os napenjalke pa mora biti v osi kabla,
- odstrani se prej montirani žični povež, oblikovna plošča pa ostane med napenjalco in sidrom ves čas napenjanja,
- z barvo se označi pramen, na katerem se s pomočjo šablone meri izvleček,
- napenjalka se potisne do sidrne spojne plošče (SLIKA 21). Lice napenjalke mora biti natančno vzporedno z licem sidrišča, zato jo je potrebno uravnovesiti.



SLIKA 20: Shema napenjanja z napenjalco

Operacija napenjanja:

- napenja se tako dolgo, dokler se ne doseže pritiska P_x , ki je zapisan v 14. koloni Protokola o napenjanju (SLIKA 23). Med napenjanjem se kontrolira izvlek kablov. Vsi kabli se morajo izvleči enako,
- nato se izmeri razdaljo od stalne točke na ohišju napenjalke do označene točke na pramenu. Ta razdalja se vnese v razpredelnici v kolono 17,
- izračuna se zahtevano štrljenje kablov z vsoto kolon 16 in 17, rezultat je kolona 18,
- napenjalke se napne do konca hoda bata,
- v kolikor ni prišlo do nobenih nepravilnosti, se začasno zagozdi pramena,
- bat napenjalke se povrne v začetni položaj,
- pri naslednjih hodih bata se doseže pritisk, ki je naveden v koloni 15, brez vmesnih meritev pritiska in raztezka. Med napenjanjem se ves čas opazuje tlak na manometru in raztezke,
- ko se doseže pritisk naveden v koloni 15, se izmeri razdalja med isto točko na ohišju napenjalke kot prej, ter označeno točko na pramenu. Razdalja se vpiše v kolono 19,
- nato se primerja dejanski raztezek kabla (kolona 19) z zahtevanim (kolona 18). Če je razlika prevelika je potrebno ugotoviti vzrok,
- izračuna se delni raztezek z nadomestitvijo kolone 17 s kolono 19, kar se vpiše v kolono 22,
- za izračun doseženega podaljšanja kabla brez ohlapnosti se uporabi enačbo 26, ki je vpisana v priročniku Dywidag - Strand Tendons, vpiše pa se ga v kolono 23.



SLIKA 21: Nameščanje napenjalke



SLIKA 22: Odvijalni boben

Objekt: Ošlek: Konstruktivni element: Nadst. številka:		Vrsta in Ljubno AC Brezje - Postibor Prekladna konstrukcija Segment 1		VREDNOSTI NAPENJANJA IN PROTOKOL NAPENJANJA												Datum napenjanja: Vodja napenjanja: Nadzor:									
				Tip napenjalke: Presek kablov [mm ²]: Trenje napenjalke [%]: St. napenjalke: St. manometr:		1500.62* 2250.00 32.00 1570/1770		Tip kabla: Presek kabla [mm ²]: Zahtevana minimalna odznost betona [MPa]: Kvaliteta jekla:		Tip napenjalke: Presek kablov [mm ²]: Trenje napenjalke [%]: St. napenjalke: St. manometr:		HOZ.3000/250x69 508.90 1.50		Datum napenjanja: Vodja napenjanja: Nadzor:											
Faza napenjanja	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	Omnožba kabla	Stran napenjanja kabla	Dalžina kabla	Raztezek kabla	Skoček betona	Zdrs	Raztezek kabla v napenjalni	Računski raztezek (5) + (6) + (7) + (8)	Prilagodni skok betona	Pripadajoči skok betona	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Zmanjšanje raztezka	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Prilagodni skok betona	Raztezek	Odstopanja	
	No.		m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN	bar	bar	bar	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	%
1	KN7	L																							
2	KN2	D																							

Opis stolpcev v obrazcu:

- 1 faza napenjanja,
- 2 številka kabla,
- 3 stran napenjanja,
- 4 dolžina kabla,
- 5 računski raztezek kabla,
- 6 izračun skrčka kabla,
- 7 zdrs kabla v napenjalni,
- 8 raztezek kabla v napenjalni,
- 9 računski raztezek (vsota stolpcev 5, 6, 7, 8),
- 10 pripadajoči skrček betona zaradi vseh kablov,
- 11 zahtevani celotni raztezek,
- 12 računski napenjalna sila, ki je določena po projektu,
- 13 zahtevana napenjalna sila, ki je določena zaradi raztezka kabla,
- 14 sila na manometru pri začetnem stanju,
- 15 sila na manometru pri končni sili na manometru,
- 16 delni raztezek kabla,
- 17 izmerjena dolžina štrlečega kabla pri 100 bar (se izpolni na gradbišču),
- 18 zahtevana dolžina štrlečega kabla,
- 19 izmerjena dolžina štrlečega kabla pri končni obremenitvi (se izpolni na gradbišču),
- 20 zmanjšanje raztezka,
- 21 popuščanje kabla, zmanjšanje štrlenje kabla,
- 22 dejanski raztezek kabla,
- 23 raztezek kabla,
- 24 računski raztezek kabla (stolpec 11),
- 25 odstopanja obeh raztezkov, ki je za vsako stran 15%, skupni pa 5%.

SLIKA 23: Obrazec protokola napenjanja

V kolikor je podaljšek kabla, ki se napenja obojestransko, na drugem koncu dovolj majhen, da se doseže z enkratnim hodom bata, se lahko vrednosti za kolone 17 in 19 merijo neposredno na batu. Kadar pa se napenja kratek kabel enostransko, se mora vedno raztezek meriti na označeni točki na pramenu in ne na batu napenjake, zaradi zdrsa zagozd v napenjalki.

Kadar napenjamo z večjimi hodi bata, mora biti zadnji dolg najmanj 15 mm, ker sicer zadnji stisk zagozde preveč prekriva prejšnjega.

Kontrola rezultatov napenjanja:

Med procesom napenjanja se mora dejansko štrljenje kablov L_p' (kolona 19) primerjati z zahtevanim L_p (kolona 18), ali dejanski raztezek $\Delta L'$ (kolona 23) z zahtevanim raztezkom ΔL (kolona 24).

Po predpisih DIN 4227, del 1, odsek 5,3 (2) so dovoljena odstopanja $\pm 5 \%$ za povprečje vseh kablov in $\pm 15 \%$ za posamezni kabel.

ZAPISNIK O NAPENJANJU								
		Objekt: Viadukt Ljubno prekladna konst. segment 1			Vodja napenjalne ekipe:		Datum:	Stran:
					Podpis:			
Napenjalka: HOZ 3000/250x60			Vrsta kabla: 15x0.62"			Računska napenjalna sila [kN]:		
Št:						2785.00		
Št. manometra:			Presek kabla [mm ²]: 2250.00					
Koraki napenjanja / št. kabla	Stran napenjanja	Računski izvleček [mm]	Začetni tlak [bar]	Končni tlak [bar]	Začetni odčitek raztezka [mm]	Končni odčitek raztezka [mm]	Dejanski izvleček [mm]	Celotni izvleček [mm]
1/KN7	L							
2/KN2	D							
3/KP6	L							
4/KP1	D							
5/KN5	L							
6/KN4	D							
7/KP4	L							
8/KP3	D							
	L							
	D							

SLIKA 24: Obrazec zapisnika napenjanja

2.2.7.2 Navodila za sestavo in montažo kablov

Montaža sidrne glave na opazno končnico:

- pri montaži je potrebno paziti, da je os sidrne glave natančno v osi kabla, torej, da je lice glave pravokotno na os kabla. Vijake za pritrditev na opaž je potrebno dobro namazati, zaradi kasnejše lažje odstranitve.

Sestava zaščitne rebraste cevi:

- najprej je potrebno preveriti nepoškodovanost cevi,
- spojka se navijači na en konec cevi,
- drugi odsek cevi se položi k prvemu,
- spojko je potrebno odvijati tako dolgo, dokler se spoj simetrično ne prekrije. Za pravilno stopnjo navitja je priporočljivo označiti položaj z barvo,
- navijata se oba odseka cevi drug proti drugemu, dokler se ne stakneta,
- cev se poveže s trompeto sidrišča (SLIKI 25 IN 26),
- spoj med cevmi se zatesni s trakom,
- cev se položi na ležišče ter poveže z armaturo.



SLIKA 25: Trompeta



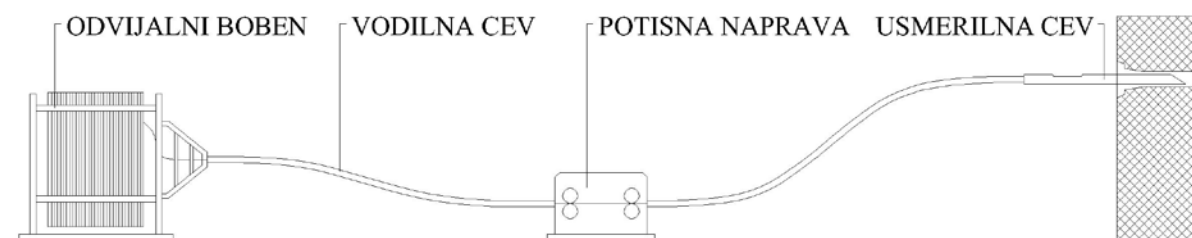
SLIKA 26: Povezava cevi s trompeto sidrišča

Montaža spojke injektirnih cevi:

- preveriti je potrebno točno lokacijo spojke,
- spojka se navija na položeno sekcijo rebraste cevi, dokler se ne ustavi,
- z druge strani se navije druga sekcija cevi, dokler se ne ustavi. Pri tem se kontrolira položaj injektirnega nastavka,
- spoje se zatesni s trakom,
- montira se injektirna cev, ki mora biti tako dolga, da iz betona štrli vsaj 30 cm,
- injektirne cevi se pritrdijo na armaturo ter zaprejo z injektirnimi čepi.

Vstavljanje kablov (SLIKA 27):

- pripraviti je potrebno stroj za potiskanje v skladu z navodili,
- pripravljeni morajo biti koluti s kablji,
- vsak delavec se postavi na svoje delovno mesto. En delavec je zadolžen za delo pri hidravličnem aparatu, drugi na začetku rebraste cevi in tretji na koncu rebraste cevi,
- pred pričetkom vstavljanja kablov se morajo delavci dogovoriti za signale,
- pričnejo tako, da izvlečemo pramen iz koluta, ter nanj namestimo plastično kapo. Pramen se porine skozi vodilo na odvijalni kletki (SLIKA 22) ter skozi vodilno cev v stroj za potiskanje.



SLIKA 27: Shema sistema za potiskanje kablov

Potiskanje pramen:

- na potisnem stroju se nastavi števec,
- pramen se potisne s hitrim pospeškom,
- nato se pramen počasi potegne nazaj,
- na znak, da je dolžina pramena zadostna se ustavi potiskanje,
- na strani fiksnega sidra se pusti najmanj 200 mm štrleče dolžine pramena, da se lahko pozneje montira sidrna plošča,
- na pramen se namesti plastična kapa ter potisne naslednji pramen,
- po potiskanju vseh pramenov se natakne na štrleče dele rebraste cevi za zaščito pred dežjem in drobci betona.

Pri potiskanju pramen je potrebno upoštevati naslednje ukrepe:

- nihče ne sme stati pri koncu pramena in ob prosti poti potiskanja,

- strojnik pri potisnem stroju mora ves čas opazovati dogajanje in v primeru neregularnosti ustaviti potiskanje,
- če pramen obtiči v cevi, se po izkušnjah ne da več potisniti naprej, celo z večjo silo ne, zato se ga izvleče ter ponovno potisne z veliko hitrostjo.

Namestitev nedostopnega sidrišča:

- pramena, ki so potisnjena v cev se odreže na enako dolžino,
- na sidriščno glavo se natakne trompeta, ki se poveže z rebrasto cevjo s pomočjo cevne spojke,
- na pramena se natakne oblikovni distančnik,
- pred namestitvijo sidrne spojne plošče se luknje v njej očistijo in namažejo z antikorozijskim sredstvom,
- prav tako je potrebno zaščititi zunanje površine zagozd preden se jih natakne na pramena,
- zagozde se potisne v spojno sidrno ploščo, nato pa se namesti še ploščo za držanje zagozd,
- ploščo se pritisne z enakomernim privijanjem vijakov,
- nato se montira injektirna kapa s tesnilnim obročem na sidrni spojni plošči, ki se jo privije na sidrno glavo,
- nazadnje se priključijo še injektirne cevi.

Namestitev kabske spojke R:

Nosilni del spojke oziroma sidrna glava se vgradi v beton natančno po postopku kot sidrna glava A. Štrleči deli vrvi pri spojki morajo biti daljši kot pri sidrišču A. Ta razdalja znaša 600 mm.

Spojna sidrna plošča mora biti pred montažo sestavljena po prilogah proizvajalca. Pravilnost sestavitve je preverjena v tovarni, kar je potrjeno z vtisnjenim žigom. Vgradijo se lahko samo plošče s tem žigom. Spojne sidrne plošče se morajo pred vgraditvijo skrbno pregledati. Če je potrebno se morajo luknje očistiti od umazanije in rje ter premazati z ustreznim antikorozijskim sredstvom.

Vsaka sestavitev spojne sidrne plošče na gradbišču se mora opraviti z izjemno pozornostjo. Pred sestavitvijo morajo biti vse zagozde oziroma konične luknje spojne sidrne plošče pregledane. Odgovorni vodja napenjanja mora nadzirati sestavljanje in pred vgraditvijo potrditi vsako spojno sidrno ploščo.

Za namestitev spojke mora biti zagotovljen delovni prostor približno 2 m, ki bo prost od armature naslednjega segmenta. Po strditvi betona in odstranitvi končnice opaža predhodnega segmenta se spojka sestavi po naslednjih navodilih:

- kot prvo je potrebno zapreti odprtine za injektiranje na sidrni glavi s tesnilno maso, razen če ni bila uporabljena sidrna glava brez injektirnih odprtin,
- na pramena se natakne oblikovni distančnik ter spojno sidrno ploščo, ki ima na vrhu oddušno odprtino. Nato se v sidrno glavo potisne šablona in nastavi spojna sidrna plošča na sidrno glavo. Natikanje poteka lažje v kolikor pustimo sredinska pramena za približno 10 cm daljša od obodnih,
- v stožčasta gnezda se potisnejo zagozde,
- sledi napenjanje predhodnega segmenta,
- po napenjanju se odreže pramena tako, da štrlijo iz zagozd približno 20 mm,
- na spojno sidrno ploščo se privije injektirna kapa s pripadajočim tesnilnim obročem tako, da je injektirna odprtina na vrhu,
- sledi injektiranje,
- po strditvi injektirne mase se po potrebi odstrani injektirna kapa,
- sledi polaganje rebrastih cevi za naslednjo sekcijo kablov tako, da je med začetkom cevi ter spojko 2 m prostora,
- na rebrasto cev se potisne trompeta z injektirnimi priključki in privito cevno spojko,
- v cevi se potisnejo vrvi, konce pramenov pa je potrebno obrusiti,
- na koncih vrvi se z uporabo šablone nanese barvna oznaka na razdaljah po 10 mm,
- iz sidrne spojne plošče se odstrani plastične zamaške,
- ročno ali pa s pomočjo potisne naprave se potisne pramena v ustrezne luknje v spojni sidrni plošči tako, da se zagozdijo. Nato se preveri dolžina vpetja pramena glede na barvne oznake ter zadostnost zaklinitve pramena z izvlekom s pomočjo potisne naprave,

- na razdalji 450 mm od zunanje vertikalne površine sidrne spojne plošče se stisnejo skupaj pramena s povejem iz ojačanega PE lepilnega traku,
- na spojno sidrno se potisne vezna trompeta s cevno manšeto,
- sledi tesnenje vseh stikov s PE trakom, ter montaža vseh injektirnih in odzračevalnih cevi.

2.2.8 Injektiranje kablov

Injektiranje kablov je namenjeno korozijski zaščiti prednapetega jekla ter vzpostavitvi povezave med prednapetim jeklom in betonskim elementom. Pri injektiranju je pomembno, da injekcijska masa popolnoma zapolni prostor med jeklenimi prameni in zaščitno rebrasto cevjo. Zaščita prednapetega jekla mora biti izvedena v najkrajšem možnem času, najkasneje 14 dni po napenjanju kablov.

Za injektiranje se lahko uporablja le masa, ki je predhodno preiskana in potrjena s strani pooblaščenih institucij. Med injektiranjem je potrebno izvajati tekočo kontrolo, ki jo opravlja izvajalec ali pooblaščen laboratorij. Ob tem se vodijo zapisniki o injektiranju (SLIKA 30). O vsakem injektiranju mora biti obveščena tudi zunanja kontrola, ki v skladu s programom povprečne pogostosti preiskav odvzame vzorec oziroma opravi testni preizkus.

Injekcijska masa

Injekcijska masa je sestavljena iz veziva, dodatka za nabrekanje in vode. Cement, ki se uporablja za izdelavo injekcijske mase, mora biti predhodno preiskan. Preverjena mora biti stalnost prostornine, čas vezanja in delež vode za standardno konsistenco. Voda za pripravo injekcijske mase mora biti iz vodovoda ali pa mora biti predhodno preiskana s strani pooblaščenih institucij. Predhodno je potrebno pripraviti in verificirati sestavo injekcijske mase, pri čemer se kontrolirajo naslednje lastnosti:

- v/c razmerje,
- pretočnost takoj po mešanju,
- pretočnost 30 minut po mešanju,

- sprememba prostornine v %,
- izločanje vode v %,
- tlačna trdnost po 7 dneh,
- tlačna trdnost po 28 dneh.

Na obravnavanem objektu se uporablja naslednja receptura:

- portland cement CEM I 42.5 R,
- dodatek Ikaton,
- vodovodna pitna voda.

Injektiranje

Injektiranje se izvede v najkrajšem možnem času po napenjanju kablov. Injektiranje poteka v normalnih pogojih kadar se temperatura injekcijske mase giblje med 10°C in 25°C ter kadar se temperatura konstrukcije giblje med 5°C in 25°C. Primerno temperaturo injekcijske mase se v zimskih pogojih zagotovi z gretjem vode za injektiranje ter primernim skladiščenjem cementa (v ogrevanem skladišču), nasprotno pa se v primeru poletne vročine vodo ohlaja z dodajanjem ledu (SLIKA 28).



SLIKA 28: Mešanje injektirne mase



SLIKA 29: Injektirna kapa

V zimskih pogojih je še posebno pomembno injektirati kar najhitreje po betoniranju elementa, ko se konstrukcija še ni ohladila, drugače pa je potrebno z ogrevanjem konstrukcije zagotoviti

minimalno toploto vsaj še tri dni po injektiranju. Če ogrevanje ni možno oziroma ni dovolj učinkovito, se injektiranje odloži ter kable začasno zaščiti z vpihovanjem dušika in zmanjšanjem koncentracije kisika pod 2%. Ob daljšem zastoju se postopek ponovi, občasno pa se tudi kontrolira koncentracijo kisika. Injektiranje izvedemo takoj, ko razmere dopuščajo.

Odgovorni vodja del, ki je odgovoren za napenjanje in injektiranje kablov, je dolžan predložiti pred pričetkom injektiranja nadzornemu inženirju elaborat injektiranja, v katerem je razvidna sestava injekcijske mase ter potek in mesta injektiranja.

Postopek injektiranja

Priprava injektirnih in oddušnih točk:

- na injektirne kape se namestijo injektirne cevi (SLIKA 29). Cevi se ne sme odrezati prekratko. Konci morajo biti obrnjeni navzgor, tako da se lahko po injektiranju izcejajoča voda dvigne v cevi,
- na injektirnih ceveh se privijejo injektirni ventili, ki so nameščeni na injektirni in oddušni strani. Nato jih odpremo, razen če se injektiranje ne prične takoj,
- za pravilno identifikacijo kabla se označi injektirno in oddušno cev.

Kontrola zaščitnih rebrastih cevi:

Pred začetkom injektiranja izpihamo rebraste cevi z zrakom. Če se v ceveh zadržuje voda jo je prav tako potrebno izpihati. Pri izpihovanju se lahko preveri pravilnost označbe za identifikacijo kabla. V primeru, da je cev zamašena, je potrebno oviro odstraniti, če ni mogoče drugače, z vrtanjem.

Injektiranje:

- injektirno maso zmeša tehnolog – laborant,
- pripravljena injektirna masa se črpa s črpalko na mešalcu v zaščitno rebrasto cev brez prekinitev,
- masa se injektira iz najnižje točke kabla od zabetoniranega konca segmenta proti prostemu. Masa se črpa enakomerno v rangu 3 – 12 mm v minuti, da se kabli

popolnoma prekrijejo ter, da je preprečen vstop zraka. Čas injektiranja ne sme biti daljši od 30 minut,

- injektiranje je končano, ko na drugi strani iz vseh oddušnikov izteče injektirna masa pravilne konsistence,
- po injektiranju najprej zapremo izstopno injektirno cev z zasuni. Nato nadaljujemo s črpanjem pod nizkim pritiskom, nakar zapremo zasun na vstopni injektirni cevi,
- injektirni proces, vključno z nepredvidenimi dogodki protokolira vodja injektiranja v ustrezni tabeli (SLIKA 30), ki jo podpiše vodja gradbišča.

ZAPISNIK INJEKTIRANJA					
	Objekt: Viadukt Ljubno prekladna konst. segment 1		Odgovorni vodja:	Datum:	Stran:
			Podpis:		
Napenjalni sistem:		Vrsta kabla: 15x0.62" Presek kabla [mm ²]: 2250.00		Zahtevana količina mase [dm ³ /m]:	
Številka kabla	Dolžina kabla [m]		Injektirno mesto	Pretok voda/zrak da/ne	OPOMBE: [vzorci, prekinitve, neobičajni dogodki, specifične meritve,..]
	Tip	Tip			

SLIKA 30: Obrazec zapisnika injektiranja

2.2.9 Vgrajevanje betona v segment prekladne konstrukcije

Betoniranje enega narivnega segmenta poteka v dveh fazah. Prva faza zajema betoniranje spodnje plošče ter sten, druga faza pa zajema betoniranje zgornje voziščne plošče. Količine vgrajenega betona za posamezne segmente dolžine 16.50 m znašajo:

- spodnja plošča.....36.8 m³,
- steni.....24.3 m³,
- zgornja plošča.....84.2 m³.

Razred tlačne trdnosti betona je C35/45, stopnja poseda S4 (16 cm do 20 cm) ter stopnja razleza F4 (od 45 cm do 55 cm), (SIST EN 206-1). Preostale karakteristike betona pa so predpisane v Projektu betona s Programom zagotovitve kakovosti, ki ga je izdelal Igmtat d. d. Ljubljana.



SLIKA 31: Betoniranje s pomočjo črpalke za beton preko avtomešalca

Priprava ter transport betona

Beton se pripravlja v atestirani betonarni Ammann SCT Črnuče z zmogljivostjo 80 m³/uro. Transportna razdalja od betonarne do mesta vgradnje znaša 35 km, vrši pa se z avtomešalci za

beton ob počasni rotaciji bobna. Prevoz betona do samega objekta poteka po cesti Ljubljana Črnuče – AC Ljubljana – Naklo – gradbišče Ljubno.

Mehanizacija

Avtomešalniki: predpostavljen čas za 1 cikel avtomešalca (SLIKA 31) ob normalnih pogojih je cca 105 minut = 1.75 ure. Ta čas dobimo, če seštejemo čase, ki so potrebni za posamezno fazo (polnjenje v betonarni = 5 min, prevoz betonarna – Ljubno = 45 min, praznjenje na gradbišču = 10 min, prevoz Ljubno – betonarna = 45 min). Ob upoštevanju količine 7.0 m^3 betona na avtomešalec znaša kapaciteta transporta $4.0 \text{ m}^3/\text{uro}/\text{avtomešalec}$. Za prevoz do 30 m^3 betona je potrebno zagotoviti 9 avtomešalcev s kapaciteto 7.0 m^3 betona. To dobimo tako, da $30 \text{ m}^3/\text{uro}$ delimo s potrebno kapaciteto transporta $4.0 \text{ m}^3/\text{uro}/\text{avtomešalec}$, dodatno pa poleg tega zagotovimo še en rezervni avtomešalec.

Črpalka za beton: beton vgrajujemo s črpalko za beton kapacitete do $45 \text{ m}^3/\text{uro}$. Potrebna je uporaba mobilne črpalke za beton z razdelilno roko dosega 36.0 m (SLIKA 31). V primeru okvare črpalke je potrebno zagotoviti prihod nove črpalke v času pol ure. Stojišče črpalke je predvideno ob objektu, kar je razvidno tudi iz sheme gradbišča (SLIKA 3).

Oprema za betoniranje: za vibriranje betona je potrebno zagotoviti zadostno število igličnih vibratorjev. Kapaciteta enega vibratorja je $8-10 \text{ m}^3/\text{uro}$. Predvidi se 2 vibratorja ter štiri vibracijske igle. Za zgornjo poravnavo voziščne plošče ter površinsko vibriranje se uporabi vibracijska letev z vodili.

Priprave na betoniranje

Pred pričetkom betoniranja je potrebno:

- postaviti črpalko za beton na ustrezno mesto in preveriti delovanje črpalke,
- določiti prostor za obračanje in čakanje avtomešalcev,
- pripraviti vibratorje in vibracijsko letev ter preizkusiti delovanje,
- opremiti vse delavce z ustrezno opremo in jih seznaniti s potekom dela,

- zagotoviti rezervno opremo in dodatke,
- pripraviti način izvedbe in razporeditev delovnih stikov,
- pripraviti prekrivni material za nego betona,
- sprati dno opaža z vodnim curkom, da se odstranijo nečistoče,
- priskrbeti atest betonarne ter zagotoviti nadzor svežega betona na gradbišču.

Potek betoniranja

Beton je potrebno vgraditi takoj, ko se ga dostavi na gradbišče. Mehanizacija in oprema za vgradnjo mora biti brezhibna ter zadostne kapacitete. Zagotovljeno mora biti tudi zadostno število delavcev. Predvideno število delavcev pri betoniranju je naslednje:

- 2 betonerja za usmerjanje cevi betonske črpalke,
- 4 betonerji za vibriranje,
- 2 betonerja za razgrinjanje betona betona,
- 2 zidarja za glajenje betona pred vibracijsko letvijo,
- 2 zidarja za pomikanje vibracijske letve.

Faze betoniranja

Prva faza: v prvi fazi se betonira spodnji del škatle oziroma spodnja plošča ter obe steni (SLIKA 32). Betoniranje vseh plasti poteka v smeri Ljubno – Ljubljana. Betoniranje dna poteka v eni plasti. Po zabetoniranju spodnje plošče se preide na betoniranje sten. Med samim betoniranjem se predvidi 2 – 3 urno prekinitev, da začne beton spodnje plošče vezati. Steno se betonira v treh slojih, višina posameznega sloja znaša okoli 60 cm. Med vgrajevanjem beton ne sme segregirati, ves čas mora ohranjati primerno konsistenco. Čas vgrajevanja in debelina sloja morata biti takšna, da je glede na okoliščine še možna revibracija spodnjega sloja betona. Gumijasto cev betonske črpalke je potrebno potisniti pod zgornji sloj armature in čim globlje v opaž, da se ne bi sprijemal na vrhu. Upoštevati je potrebno predpis, ki določa, da sme višina prostega pada betona znašati največ 1.5 m. Med vibriranjem betona se z vibratorji ne sme dotikati armature. Transport betona v horizontali je dovoljen le v razdalji 1.5 m. Premikanje betona z vibracijsko iglo ni dovoljeno. Po končanem betoniranju celotne prve

stene se takoj preide na betoniranje druge stene. Predviden čas betoniranja je cca 7 ur. V tem času je zajeta priprava na betoniranje – 1 ura, vgradnja betona – 3 ure, prekinitev med dnom ter steno – 2 uri, ter dela po končanju betoniranja – 1 ura.

Druga faza: v drugi fazi se betonira zgornjo voziščno ploščo (SLIKA 33). Betoniranje se izvrši tretji dan po betoniranju spodnje plošče ter sten škatle. Betoniranje plošče poteka v eni plasti, debelina znaša 0.22 m do 0.55 m. Pred pričetkom betoniranja je potrebno površino delovnega stika s steno navlažiti z vodo, da se doseže boljšo sprejemljivost med starim in novim betonom, s tem pa se tudi prepreči, da bi stari beton vezal nase vlago novega betona. Predviden čas za betoniranje je 5 ur, v tem času pa je zajeta priprava na betoniranje – 1 ura, vgradnja betona – 3 ure, ter dela po končanju vgradnje betona – 1 ura. Za gornjo poravnavo ter površinsko vibriranje betona se uporabi vibracijska letev. Vodila za letev se montirajo na obeh koncih letve. Premikanje letve je omogočeno s pomočjo ročnih vitlov na koncu letve.



SLIKA 32: Betoniranje spodnje plošče ter
sten



SLIKA 33: Betoniranje zgornje plošče

Nega betona

Z nego betona je potrebno zagotoviti:

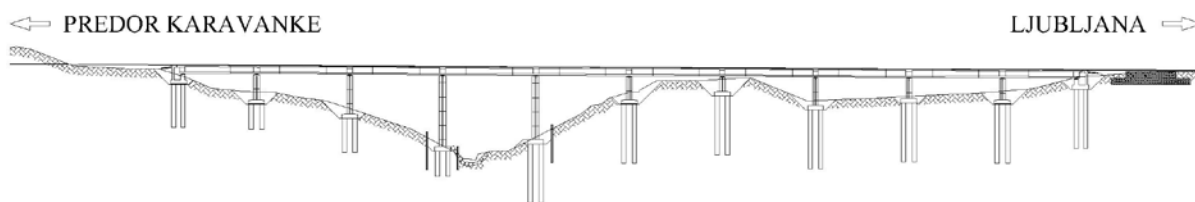
- stalno prisotnost vlage,
- ustrezno temperaturo betona (nižja kot je, večja je kakovost betona),
- zaščito pred soncem, padavinami in udarci.

Nega betona je še posebej pomembna v prvih 24 urah po vgradnji betona. Z nego betona je potrebno pričeti takoj po končani obdelavi proste površine, izvaja pa naj se intenzivno in neprekinjeno. Ko začne beton vezati, se površino poprši z vodo. Po končani dodelavi površine se beton polije z vodo ter pokrije z vlažno vodovpojno tkanino – polst in PVC folijo. Čas nege znaša minimalno 4 dni oziroma da beton doseže 60% projektirane tlačne trdnosti.

3.0 OPIS VIADUKTA LJUBNO

Viadukt premošča ljubensko dolino, ki se nahaja do 30 m pod niveleto AC, potem pa se nadaljuje v smeri proti Ljubljani kot pobočni viadukt (SLIKA 34). Skupna dolžina viadukta znaša 320.62 m. Zaradi tehnologije gradnje viadukta s postopnim narivanjem je škatla prekladne konstrukcije izvedena v konstantnem nadomestnem horizontalnem radiju $R = 5060$ m. Tako se poteku osi AC objekt prilagaja z ustreznimi dolžinami konzol.

Os AC na objektu se začne s premo, ki v smeri proti Ljubljani preide v prehodnico, ta pa proti koncu viadukta preide v radij 1500 m. Niveleta poteka v konstantnem padcu, ki znaša 0.5483 odstotka v smeri proti Ljubljani. Prečni naklon je konstanten po celem objektu in znaša 3.0%.



SLIKA 34: Vzdolžni prerez viadukta Ljubno

Geometrijske značilnosti viadukta

Dolžina prekladne konstrukcije.....	318.50 m
Skupna dolžina viadukta.....	320.62 m
Nadomestni horizontalni radij.....	5060.00 m
Vzdolžni nagib objekta.....	0.5483 %
Prečni nagib objekta.....	3.00 %
Širina zgornje plošče škatle.....	13.84 m
Širina spodnje plošče škatle.....	6.00 m
Dolžina konzol.....	2.72 – 3.72 m
Višina škatle.....	2.80 m
Debelina sten.....	0.40 m

Debelina voziščne plošče.....	0.30 – 0.55 m
Debelina spodnje plošče.....	0.25 – 0.50 m
Debelina konzol.....	0.22 – 0.55 m
Dolžine prvih ter zadnjih dveh segmentov.....	17.75 m
Dolžine vmesnih segmentov.....	16.50 m

Vgrajene količine materiala

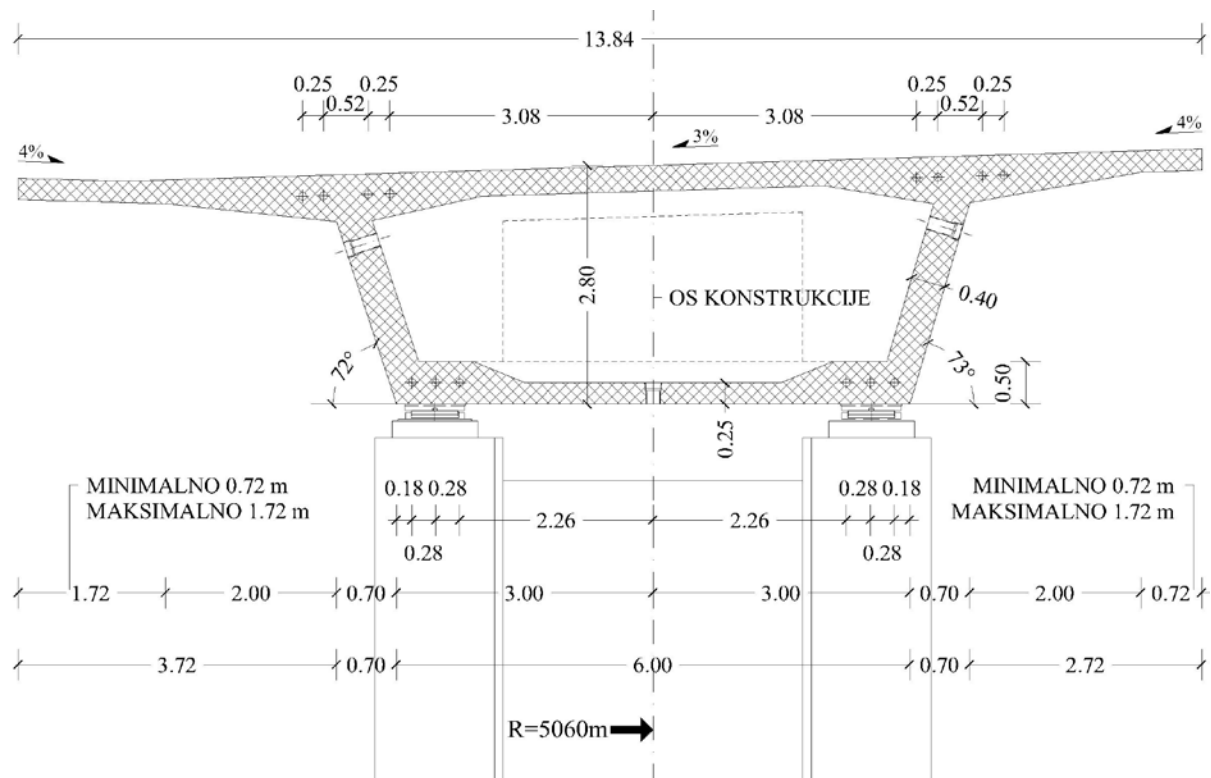
Vgrajenih m ³ betona v takt dolžine 16.50 m.....	145.3 m ³
• spodnja plošča.....	2.23 m ³ /m = 36.8 m ³
• steni.....	1.47 m ³ /m = 24.3 m ³
• zgornja plošča.....	5.1 m ³ /m = 84.2 m ³
Vgrajenih kg armature v takt dolžine 16.50 m.....	20087 kg
• spodnja plošča ter steni.....	8923 kg
• zgornja plošča.....	11164 kg
Vgrajenih m ³ betona v takt dolžine 17.75 m.....	156.2 m ³
• spodnja plošča.....	2.23 m ³ /m = 39.6 m ³
• steni.....	1.47 m ³ /m = 26.1 m ³
• zgornja plošča.....	5.1 m ³ /m = 90.5 m ³
Vgrajenih kg armature v takt dolžine 17.75 m.....	21609 kg
• spodnja plošča ter steni.....	9599 kg
• zgornja plošča.....	12010 kg
m ² notranjega pomičnega opaža.....	10.28 m ² /m
m ² zunanjega fiksnega opaža.....	17.67 m ² /m

3.1 Prekladna konstrukcija

Prekladno konstrukcijo viadukta, ki se gradi po tehnologiji postopnega narivanja s pomočjo jeklene konstrukcije – kljuna dolžine 19.0 m, predstavlja armiranobetonski trapezni škatlasti prečni prerez skupne širine $13.84 + 0.85 = 14.69$ m ter konstantne višine 2.80 m (SLIKA 35). Prekladna konstrukcija se izdelava v narivni delavnici v 19. segmentih. Debelina zgornje

voziščne plošče v prečnem prerezu se spreminja od 30 do 55 cm, konzoli sta dolžine 2.72 m (tipični prerez), debelina pa je spremenljiva med 22 cm na robu ter 55 cm na stiku s steno. Stene so poševne, konstantne debeline 40 cm, debelina spodnje plošče pa se spreminja od 25 do 50 cm. Dolžine prvega, drugega ter zadnjih dveh segmentov so 17.75 m, vseh vmesnih pa 16.5 m.

Prekladna konstrukcija je vzdolžno prednapeta z ravnimi kablji. V zgornji plošči je $2 \times 4 = 8$ kablov, v spodnji plošči pa $2 \times 3 = 6$ kablov. Od skupno 14 kablov se 12 kablov izmenično po segmentih betoniranja podaljšuje s sklopkami (50% preklap). Dodatna dva kablja v spodnji plošči pa imata sklopko na vsakem taktu.



SLIKA 35: Karakteristični prečni prerez prekladne konstrukcije

3.2 Podporna konstrukcija

Prekladno konstrukcijo viadukta podpira 11 podpor, od tega dva opornika na vsaki krajni strani ter devet vmesnih stebrov.

Zaključek viadukta na jeseniški strani se nahaja za vzhodnim portalom predora Ljubno na robu pobočja ljubenske doline.

Masivni krajni opornik je temeljen v sivici na 6 pilotih premera 1.5 m. V oporniku je 2.2 m široka kineta, ki omogoča neovirano vzdrževanje ležišč in dilatacije. V smeri proti Jesenicam se opornik nadaljuje z 22.0 m dolgo sidrano pilotno steno, ki je potrebna za stabilizacijo iz obstoječega predora navožene hribine.

Stebra v oseh 1 in 2 sta zasnovana kot steni H oblike s statično višino 2.0 m, ki sta spodaj preko pilotne blazine vpeti v po štiri uvtane pilote premera 1.5 m. Širina stebrov je konstantna in znaša 6.5 m. Piloti so temeljeni minimalno 4.5 m v nepreperelo sivico. Obtežba prekladne konstrukcije se na podpore prenaša preko končnih ležišč tipa P1 8000.

Stebra v osi 3 in 4 sta zasnovana kot steni H oblike s statično višino 2.5 m, ki sta spodaj preko pilotne blazine vpeti v po šest uvtanih pilotov premera 1.5 m. Večja dimenzija stebrov in večje število pilotov je potrebnih zato, ker ti dve podpori prevzemata horizontalno obtežbo prekladne konstrukcije v vzdolžni smeri. Širina stebrov je konstantna in znaša 6.5 m. Piloti so temeljeni minimalno 4.5 m v nepreperelo sivico. Za zaščito gradbene jame pri izvedbi pilotov je predvidena uporaba zagatnih sten. Obtežba prekladne konstrukcije se na podpore prenaša preko končnih ležišč tipa P1 8000.

Stebri v oseh 5 do 10 so identični prvima dvema, le da so bistveno nižji. Za prevzem obtežbe prekladne konstrukcije so predvidena končna ležišča tipa P1. Razlika je tudi v temeljnih tleh, pod peščeno-prodnim konglomeratom se nahajajo meljasti in glinasti peski.

Konec viadukta na Ljubljanski strani predstavlja opornik, ki je masivna armiranobetonska konstrukcija temeljena na pilotih v meljastih in glinastih peskih. Opornik je zasnovan tako kot tisti na jeseniški strani, za ležiščnim prostorom se nahaja vzdrževalna kineta za nadzor ležišč in dilatacije. Skozi krajni opornik poteka kanalizacijska cev za odvodnjavanje meteorne vode s celotnega viadukta v kanalizacijo AC. V fazi izgradnje objekta je opornik sestavni element postaje za narivanje AB prekladne konstrukcije.



SLIKA 36: Betoniranje enega izmed stebrov podporne konstrukcije

4.0 OPERATIVNI PLAN ZA TIPIČNI SEGMENT PREKLADNE KONSTRUKCIJE

4.1 Tipični segment prekladne konstrukcije

Tipični takt izvedbe prekladne konstrukcije po tehnologiji s postopnim narivanjem traja 1 teden in se začne v ponedeljek. Tipični takt je vsak takt razen prvega in zadnjega, ki se razlikujeta od vmesnih segmentov po tem, da je potrebno prvega povleči iz betonske delavnice s pomočjo Dywidag palic, ob narivanju zadnjega pa je potrebno demontirati kljun in postopno poriniti objekt nad podporo. Objekt se narine v končni položaj nad zadnjo podporo oziroma krajni opornik.

Delovni postopki tipičnega tedenskega takta, v katerem se izdelata tipičen segment, so prikazani v preglednici številka 1. Normalen delovni urnik traja od 7⁰⁰ do 17⁰⁰, s časom za malico od 11³⁰ do 12⁰⁰, razen v ponedeljek, ko imajo delavci čas za malico po končanem narivanju prekladne konstrukcije. Delo poteka dlje le v ponedeljek in torek zaradi priprav na betoniranje ter zaradi samega betoniranja. Da pa niso delavci preobremenjeni, se v petek in soboto skrajša delovni čas do 13⁰⁰ brez časa za malico. Ni nujno, da je vsaka sobota delovna, to je pogojeno s tem, koliko dela se opravi med tednom.

Vemo, da v praksi stvari ponavadi tečejo drugače, kot pa si jih zamislimo na papirju, zato so takšna prilagajanja mogoča. Pomembno je le, da je v ponedeljek zjutraj vse pripravljeno za napenjanje in narivanje segmenta prekladne konstrukcije.

PREGLEDNICA 1: Delovni postopki tipičnega tedenskega segmenta

Dan	Čas izvajanja	Delovna faza
PONEDELJEK	7 ⁰⁰ - 7 ³⁰	Kontrola trdnosti betona s preizkusnimi kockami
	7 ⁰⁰ - 7 ⁴⁵	Odpiranje stranskih opažev
	7 ⁴⁵ - 8 ⁴⁵	Napenjanje kablov
	8 ⁴⁵ - 9 ⁰⁰	Spuščanje spodnjega opaža / delavnice
	9 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	Narivanje prekladne konstrukcije
	9 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	Geometriško spremljanje narivanja
	9 ⁰⁰ - 13 ³⁰	Čiščenje, popravilo ter premaz opažev
	12 ³⁰ - 13 ³⁰	Kontrola poda delavnice
	13 ³⁰ - 13 ⁴⁵	Dvig spodnjega opaža / delavnice
	13 ⁴⁵ - 14 ³⁰	Zapiranje stranskih opažev
	13 ⁴⁵ - 14 ⁴⁵	Namestitev vseh kotnih in trapeznih letvic na robovih ter stikih
	13 ⁴⁵ - 14 ⁴⁵	Injektiranje kablov
	13 ⁴⁵ - 14 ⁴⁵	Namestitev nosilcev kablov
	15 ¹⁵ - 16 ¹⁵	Namestitev spodnjih cevi kablov
14 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	Polaganje armature v spodnjo ploščo ter steni	
TOREK	7 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	Nadaljevanje polaganja armature
	9 ⁰⁰ - 12 ³⁰	Namestitev sklopk ter uvlačenje pramen spodnjih kablov
	11 ⁰⁰ - 15 ³⁰	Namestitev notranjega opaža sten
	15 ³⁰ - 16 ⁰⁰	Izpihovanje opaža
	15 ⁰⁰ - 16 ⁰⁰	Namestitev že v naprej izdelanega čelnega opaža za spodnjo ploščo ter steni
	16 ⁰⁰ - 19 ⁰⁰	Betoniranje spodnje plošče ter sten
	16 ⁰⁰ - 20 ⁰⁰	Nega površine betona
SREDA	7 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	Polaganje armature konzol zgornje plošče
	7 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	Odstranitev notranjega opaža sten
	9 ⁰⁰ - 14 ⁰⁰	Premik notranjega opaža iz predhodnega segmenta na spodnjo ploščo novega segmenta
	14 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	Čiščenje, mazanje in namestitev notranjih opažev v projektno lego
ČETRTEK	7 ⁰⁰ - 17 ⁰⁰	Polaganje armature zgornje voziščne plošče
	7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	Namestitev nosilcev za cevi zgornjih kablov
	8 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	Namestitev cevi na predhodno postavljene nosilce
	9 ⁰⁰ - 12 ³⁰	Namestitev sklopk ter uvlačenje pramen zgornjih kablov
	12 ³⁰ - 15 ³⁰	Namestitev že v naprej izdelanega čelnega ter vzdolžnega opaža za zgornjo ploščo

se nadaljuje...

...nadaljevanje

PETEK	7 ⁰⁰ - 8 ⁰⁰	Namestitev vodil za vibrirno letev
	8 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	Betoniranje voziščne plošče
	8 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	Formiranje prečnega naklona z vibracijsko letvijo
	8 ⁰⁰ - 12 ⁰⁰	Ponovna ročna zagladitev betonske površine za vibracijsko letvijo
	8 ³⁰ - 13 ⁰⁰	Nega površine betona
SOBOTA	7 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	Nega in staranje betona
	7 ⁰⁰ - 9 ⁰⁰	Demontaža čelnih ter vzdolžnih opažev zgornje plošče
	9 ⁰⁰ - 11 ⁰⁰	Čiščenje okoli napenjalnih glav kablov
	11 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	Namestitev kablskih spojk R
	9 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	Postavitev zaščitne ograje na konzole prekladne konstrukcije
	7 ⁰⁰ - 13 ⁰⁰	Priprava armaturnega koša stojin
NEDELJA		Zorenje betona

4.1.1 Opis posameznega delovnega postopka ter potrebna delovna sila

Napenjanje centričnih kablov

Vse predpriprave na napenjanje se izvršijo že v soboto. Kabli se napenjajo v skladu s tehničnim elaboratom napenjanja. Napenjanje izvaja skupina štirih delavcev.

Injektiranje kablov

Po napenjanju prekladne konstrukcije sledi injektiranje kablov z injekcijsko maso. Maso zmeša tehnolog po predpisih, pomaga mu delavec. Pri vbrizgavanju mase v cevi je potreben en delavec na mestu vbrizgavanja, eden pa na prostem koncu kabla, da sporoči, ko je potrebno končati injektiranje, ter da zamaši cev.

Priprave na narivanje

Pred postopnim narivanjem prekladne konstrukcije mora tlačna trdnost betona doseči vsaj 30MN/m^2 . Pred narivanjem se izvede pregled sklopov narivnega sistema. Pripraviti je potrebno tudi material za zalaganje bočnih vodil ter drsne plošče, ki se uporabijo na začasnih ležiščih. Pri teh delih sta potrebna dva delavca na mestu komandne plošče narivanja ter štirje delavci pri spuščanju spodnjega opaža talne plošče ter zunanjšega opaža stojin z dvema montažerjema.

Narivanje prekladne konstrukcije

Samo narivanje konstrukcije se lahko izvaja, če je hitrost vetra manjša od 50 km/h. V deževnem vremenu je geodetska spremljava otežena. Dela potekajo v skladu z navodili. Za narivanje je potrebno naslednje število delavcev:

- 2 delavca (kontrola kablov, priključne armature in drsne plošče za delavnico),
- 2 delavca (zalaganje vodil na sredini delavnice z lesonitom ter drsnimi ploščami),
- 4 delavci (zalaganje vodil in odstranjevanje drsnih plošč spodnje plošče, vključno s čiščenjem teh na začetku delavnice),
- 2 delavca (zalaganje na oporniku),
- 2 delavca (zalaganje vodil in podlaganje teflonskih plošč na ležiščih stebra preko katerega se nariva),
- 2 delavca (komandni pult za narivanje),
- delovodja in vodja napenjanja,
- geometer ter figurant.

Za vsak dodatni steber so potrebni trije dodatni delavci.

Priprava opaža

Potrebno je očistiti opaž in drsne proge ter izvesti kitanje poškodovanih delov opaža. Drsne plošče ter opaž je potrebno namazati z oljem. Delo izvajata dva delavca. Med dvigovanjem

notranjega in zunanjega opaža je potrebno 6 delavcev ter 2 montažerja.

Polaganje armature talne plošče in sten

Za polaganje armature je potrebna skupina železokrivcev. Najprej se položi armatura dna, nato pa se doda še armatura sten (SLIKA 37). Skupina 4 napenjalecev izdeluje sklopke, polaga rebraste cevi za kable, ograjuje kable.

Montaža notranjega opaža sten

Skupina tesarjev izdeluje čelne stike, montira pripravljen opaž za notranjo stran sten, zaopažuje odprtine, izravnava cevi in izvaja priprave za betoniranje.

Betoniranje talne plošče in sten

Dela se izvajajo v skladu z navodili elaborata Tehnologija vgrajevanja betona v segment prekladne konstrukcije. Dela ne smejo potekati ob deževnem vremenu, izvaja pa jih 12 delavcev.

Montaža notranjega opaža vključno s čelnimi in vzdolžnimi opaži

Montažo opažev vrši skupina tesarjev in montažerjev. Opaž je potrebno namestiti v projektno lego. V kolikor je notranji opaž nameščen na vozičku, se le-tega zapelje iz predhodnega segmenta na novo zabetonirano spodnjo ploščo. Če pa je opaž zmontiran s pomočjo punt in zagozd, se ga ročno premakne na novi položaj.

Polaganje armature zgornje plošče vključno s polaganjem kablov in izdelavo spojk

Skupina železokrivcev položi armaturo. Najprej se položi armatura konzol, nato pa se doda še armaturo voziščne plošče (SLIKA 38).

Medtem skupina 4 napenjalecev položi cevi za kable ter namesti sklopke. Skupina tesarjev namesti vzdolžni opaž, ograjuje izlivnike itd.



SLIKA 37: Polaganje armature spodnje plošče ter sten



SLIKA 38: Polaganje armature zgornje plošče

Betoniranje zgornje plošče

Dela se izvajajo v skladu z elaboratom Tehnologija vgrajevanja betona v segment prekladne konstrukcije. Dela ne smejo potekati v deževnem vremenu. Betoniranje izvaja skupina betonierjev ter 2 tesarja za kontrolo notranjega opaža. Za pomik vibracijske letve sta potrebna 2 zidarja.

Nega betona

Delo izvajata 2 delavca. Dela morajo potekati v skladu z navodili, ki so zapisana v elaboratu betona.

Razopaževanje in priprave na prednapenjanje

Izvede se razopaževanje čelnih stikov, popuščanje notranjega opaža, razopaževanje vzdolžnega opaža za kar je zadolžena skupina tesarjev. Med tem 2 napenjalca izvajata priprave za napenjanje.

Meritve

Meritve izvaja geometer, ki jih zapisuje v protokol meritev. Meritve se izvajajo ob vsakem narivanju objekta. Geometer ima za opravljeno meritev s teodolitom pripravljena dva fiksna stebra. Eden se nahaja ob delavnici, drugi pa je zabetoniran na sredini zgornje plošče ob začetku prvega takta prekladne konstrukcije. Geometer s pomočjo teh točk ugotavlja, ali je os objekta v položaju, ki je predviden v projektu.

4.1.2 Potrebni resursi za izvedbo prekladne konstrukcije

Pri posameznih delovnih postopkih za izgradnjo prekladne konstrukcije potrebujemo določene resurse ter določeno število le teh. Delovna sila, ki jo potrebujemo, je naslednja:

- tesarji,
- betonerji (zidarji),
- napenjalci,
- železokrivci,
- geometer.

Ekipo delavcev sestavlja 10 tesarjev, 12 zidarjev, 12 železokrivcev ter 4 napenjalci.

Poleg delovne sile nam je v pomoč še naslednja mehanizacija, orodje in oprema:

- stolpni žerjav (1 kom),
- avtomešalec (9 kom),
- črpalka za beton (1 kom),
- kompresor (1 kom),
- vibrator (2 kom),
- vibracijska igla (4 kom),
- vibracijska letev (1 kom),
- mešalec za injekcijsko maso (1 kom),
- oprema za napenjanje,
- oprema za narivanje,
- oprema za injektiranje,

- odvijalni boben (1 kom),
- potisna naprava (1 kom).

4.1.3 Osnove planiranja tipičnega takta

Gradnja prekladne konstrukcije viadukta z metodo postopnega narivanja lahko razdelimo na etape. Te etape so posamezni segmenti prekladne konstrukcije, ki so si podobni ali enaki. Tako lahko plan izgradnje razdelimo na ponavljajoče se dejavnosti. Torej en teden predstavlja en cikel, v katerem se zgradi en segment prekladne konstrukcije. Odvisno od dolžine objekta je število taktov. Tako sem izdelal terminski plan za objekt Ljubno, ki je lahko osnova za vsak podoben viadukt, ki se gradi s to tehnologijo.

Seveda se objekti med seboj razlikujejo v posameznih detajlih, vendar je princip gradnje vedno enak. Osnova za pripravo operativnega plana je betoniranje same konstrukcije, ker mora beton doseči vsaj 30MN/m^2 tlačne trdnosti, preden se konstrukcijo postopno narine. Torej so mejniki, ki oblikujejo plan; betoniranje spodnje plošče, sten in zgornje plošče. Te se lahko gradijo v različnih fazah. Na omenjenem objektu je bila prva faza betoniranje spodnje plošče ter sten, druga faza pa betoniranje zgornje plošče. Na nekem drugem objektu pa se lahko odločijo, da bodo najprej betonirali spodnjo ploščo, v drugi fazi pa stene z zgornjo ploščo. Možno je betonirati segment tudi v treh fazah in sicer v prvi fazi spodnjo ploščo, v drugi fazi obe steni ter v tretji fazi zgornjo ploščo. V teh primerih se plan prilagodi drugačnemu zaporedju izvajanja dejavnosti.

Terminski plani so najpomembnejši plani operativnega planiranja. Služijo kot osnova za izdelavo spremljajočih planov ter kot osnova za organizacijske ukrepe. S terminskimi plani določimo termine za izvršitev dejavnosti, vrstni red izvajanja dejavnosti ter usklajenost izvajanja dejavnosti.

Ko planiramo nek terminski plan, je najbolje, da je to v čim zgodnejši fazi v okviru celotnega investicijskega procesa. Tako so učinki plana v smislu racionalnosti večji, kot pa če s planiranjem pričnemo pozneje. V zgodnjih fazah so namreč možne in tudi nujne variantne rešitve, ki jih je nato potrebno optimirati. Tedaj so tudi relativno poceni v primerjavi s stroški

celotne investicije. Med samo izvedbo je za variante prepozno, zato mora biti plan skrbno predelan, še vedno pa je dobro, da imamo na podlagi izkušenj (če jih imamo) vedno nek rezervni načrt v primeru kakršnihkoli zapletov.

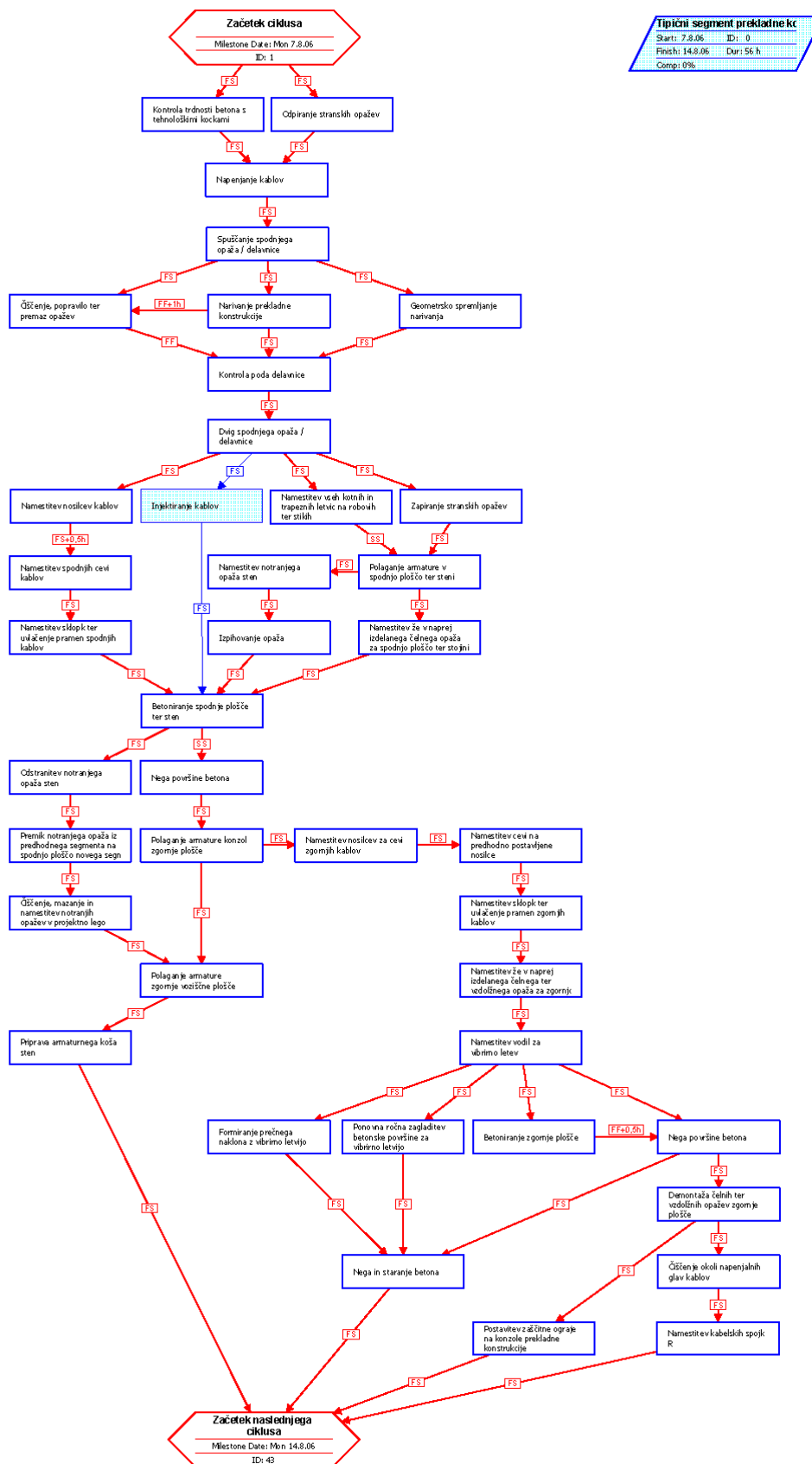
4.2 Prikaz terminskega plana s programom Microsoft Project

Izdelavo razno raznih planov ter njihovo vodenje in oblikovanje poročil zahteva veliko časa ter potrpljenja. V pomoč so nam različni komercialni programski paketi. Eden izmed takih programov je MS Project, ki je tudi v Sloveniji eno od najbolj razširjenih orodij za planiranje in nadzor časa in ljudi, stroškov ter drugih materialnih virov. Program je relativno preprost za uporabo.

Najprej v program vnesemo osnovne informacije o projektu. Nato nastavimo delovni čas. V mojem planu je delovni čas različen, prav tako čas, ki je namenjen za malico, ki se v ponedeljek lahko prične šele po končanem narivanju prekladne konstrukcije.

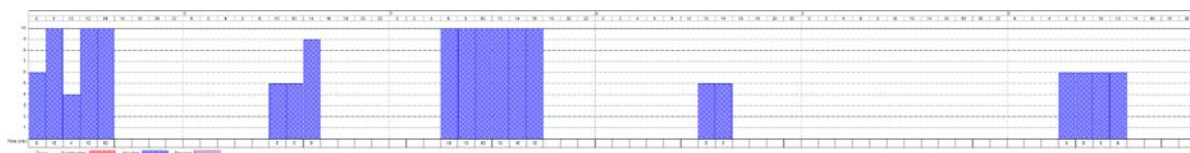
Priloga 1 prikazuje terminski plan v osnovnem zaslonu imenovanem gantogram. Iz njega lahko razberemo vse dejavnosti, njihovo trajanje, začetek in konec posamezne dejavnosti ter medsebojno odvisnost in povezanost. Zraven so pripisani vsi viri, ki so potrebni za izvajanje posamezne dejavnosti. Rdeče obarvane dejavnosti predstavljajo kritično pot projekta. Kritično pot projekta sestavljajo kritične naloge, katerih dolžina vpliva na rok začetka ali konca projekta. To pomeni, da če se podaljša čas neke dejavnosti, ki je del kritične poti, se bo podaljšal celoten čas projekta. Modro obarvane dejavnosti pa so dejavnosti, ki imajo še neko časovno rezervo.

Program nam omogoča več različnih prikazov projekta. Tako si izberemo tisto obliko, ki se nam zdi najbolj pregledna. Naslednja slika nam prikazuje mrežni pogled. V okencu je zapisano ime dejavnosti, poljubno pa lahko dodajamo zraven še ostale podatke, ki smiselno dopolnjujejo posamezno dejavnost, kot so začetek in konec dejavnosti, trajanje dejavnosti, število in vrsta virov ter podobno.

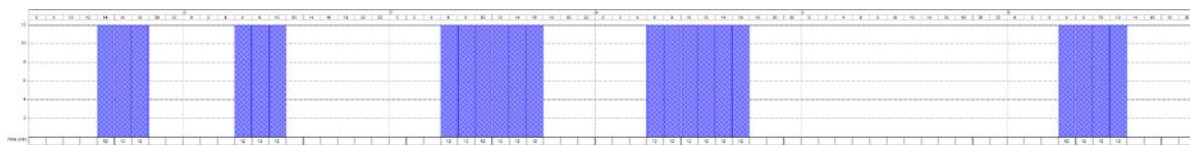


SLIKA 39: Prikaz terminskega plana z mrežnim diagramom

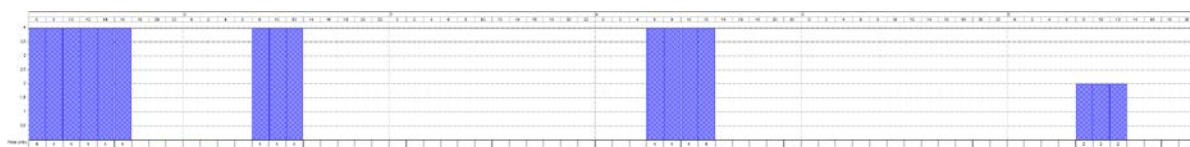
Eden od pomembnejših korakov pri planiranju projekta je določitev virov. Med vire štejejo ljudi, material in opremo. Tako je trajanje določene dejavnosti odvisno od števila različnih virov, ki so ji namenjena. Zato moramo že med samim določanjem trajanja projekta imeti v mislih, koliko ljudi bo razporejenih za določeno nalogo. Virom moramo podati vse potrebne karakteristike, ki natančno opredelijo posamezno dejavnost. Grafični prikaz zasedenosti virov imenujemo histogram. Izkoriščenost posameznih virov nam prikazuje slike od 39 do 43. Iz njih je razvidno koliko ur na dan je posamezen vir izkoriščen. Iz takega diagrama je razvidno, ali je določen vir preobremenjen, ali pa ni polno izkoriščen. Na takšni podlagi lahko izrabo vira optimiziramo; v prvem primeru lahko povečamo število virov, v drugem pa število virov zmanjšamo.



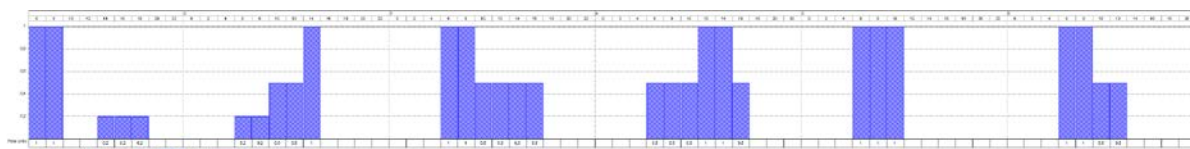
SLIKA 40: Histogram tesarjev



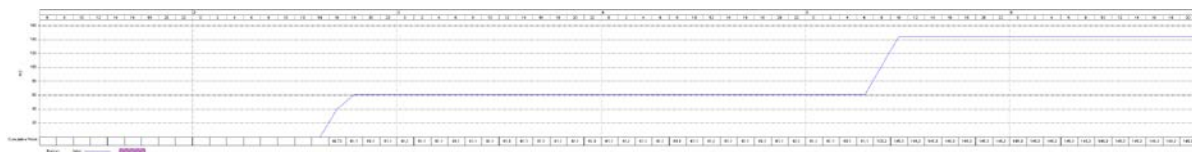
SLIKA 41: Histogram železokrivcev



SLIKA 42: Histogram napenjalcev



SLIKA 43: Histogram stolpnega žerjava



SLIKA 44: Histogram vgrajevanja betona

Tako z določanjem števila virov in vnašanjem primerne časa trajanja posameznih dejavnosti dobivamo končno podobo plana, kateri nam bo osnova za potek del na gradbišču.

5 ZAKLJUČEK

Metoda postopnega narivanja je ena od sodobnejših tehnologij za gradnjo premostitvenih objektov. Zaradi specifične opreme, ki je relativno draga, je ta tehnologija primerna za večja podjetja ali podjetja, ki se nameravajo specializirati na tem področju. Poleg tega mora biti skupina delavcev in strokovnega kadra dobro usposobljena in podučena o celotni metodi. Pomembno je, da je celotna ekipa disciplinirana in da se drži predvidenega plana, saj je smisel te tehnologije ravno to, da se en segment zgradi v enem tednu. Vsakršno odstopanje od plana lahko privede do zamude, ki se je potem ne da več nadoknaditi.

Najpomembnejši mejnik pri gradnji posameznega segmenta je staranje betona. Če beton po treh dneh ni dosegel predpisane minimalne tlačne trdnosti, konstrukcije ne moremo napeti in zato ne moremo nadaljevati z delom na naslednjem segmentu. Beton mora biti torej ustrezne kakovosti ter pravilno negovan.

Pri izdelavi predstavljenega plana sem uporabil varianto, ki omogoča hitrejši zaključek gradnje posameznega takta kot konvencionalni način gradnje s postopnim narivanjem. Upoštevam namreč, da spodnjo ploščo in stene škatle premostitvene konstrukcije betoniramo skupaj, v eni sami fazi, s čimer poteka celotno betoniranje segmenta namesto v 3 le v 2 fazah.

6 VIRI

Ačanski V., Goznik S. 2004. Gradnja premostitvenih objektov s postopnim narivanjem. 7. slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 20.-22. oktobra 2004

Deutsches Museum. http://www.deutsches-museum.de/ausstell/dauer/bruecken/e_bruec2.htm
(21.6.2006)

Dywidag – Strand Tendons 2001, Manual DSI 50

Frumen S. 2003. Tehnologija narivanja v mostogradnji. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo

Gradis – Nizke gradnje, d.d. 1998. Premoščanje po tehnologiji narivanja. Gradbeni vestnik 47, 11/12, 262-266

Schnabl M. 2005. Most čez Muro – narivanje in zunanje prednapenjanje. Diplomaska naloga. Gornja Radgona, Fakulteta za gradbeništvo

Vengust M. 2005. Pregled sodobnih tehnologij gradnje mostov s poudarkom na tehnologiji postopnega narivanja. Diplomaska naloga. Celje, Fakulteta za gradbeništvo

VSL international ltd. 1977.

http://www.vsl.net/downloads/VSL_technical_reports/PT_Incremental_Launching_Method.pdf
(21.6.2006)

Standard:

SIST EN 206-1 Beton – 1.del – Specifikacija, lastnosti, proizvodnja in skladnost, Marec 2003

PRILOGE:

PRILOGA A: Gantogram terminskega plana

ID	Dejavnost	t	Začetek	Konec	2																						3																						4																						5																						6																									
					6	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22																																													
0	Tipični segment prekladne konstrukcije	56 h	7:00	7:00																																																																																																																		
1	Začetek ciklusa	0 h	7:00	7:00																																																																																																																		
2	Kontrola trdnosti betona s tehnološkimi kockami	30 m	7:00	7:30																																																																																																																		
3	Odpiranje stranskih opažev	45 m	7:00	7:45																																																																																																																		
4	Napenjanje kablov	1 h	7:45	8:45																																																																																																																		
5	Spuščanje spodnjega opaža / delavnice	15 m	8:45	9:00																																																																																																																		
6	Narivanje prekladne konstrukcije	3 h	9:00	12:00																																																																																																																		
7	Geometriško spremljanje narivanja	3 h	9:00	12:00																																																																																																																		
8	Čiščenje, popravilo ter premaz opažev	4 h	9:00	13:30																																																																																																																		
9	Kontrola poda delavnice	1 h	12:30	13:30																																																																																																																		
10	Dvig spodnjega opaža / delavnice	15 m	13:30	13:45																																																																																																																		
11	Zapiranje stranskih opažev	45 m	13:45	14:30																																																																																																																		
12	Namestitev vseh kotnih in trapeznih letvic na robovih ter stikih	1 h	13:45	14:45																																																																																																																		
13	Injektiranje kablov	1 h	13:45	14:45																																																																																																																		
14	Namestitev nosilcev kablov	1 h	13:45	14:45																																																																																																																		
15	Namestitev spodnjih cevi kablov	1 h	15:15	16:15																																																																																																																		
16	Polaganje armature v spodnjo ploščo ter steni	10 h	14:00	11:00																																																																																																																		
17	Namestitev sklopov ter uvlačenje pramen spodnjih kablov	3 h	9:00	12:30																																																																																																																		
18	Namestitev notranjega opaža sten	4 h	11:00	15:30																																																																																																																		
19	Izpihovanje opaža	30 m	15:30	16:00																																																																																																																		
20	Namestitev že v naprej izdelanega čelnega opaža za spodnjo ploščo ter stojini	1 h	15:00	16:00																																																																																																																		
21	Betoniranje spodnje plošče ter sten	3 h	16:00	19:00																																																																																																																		
22	Nega površine betona	4 h	16:00	20:00																																																																																																																		
23	Polaganje armature konzol zgornje plošče	9,5 h	7:00	17:00																																																																																																																		
24	Odstranitev notranjega opaža sten	2 h	7:00	9:00																																																																																																																		
25	Premik notranjega opaža iz predhodnega segmenta na spodnjo ploščo novega segmenta	4,5 h	9:00	14:00																																																																																																																		
26	Čiščenje, mazanje in namestitev notranjih opažev v projektno lego	3 h	14:00	17:00																																																																																																																		
27	Polaganje armature zgornje voziščne plošče	9,5 h	7:00	17:00																																																																																																																		
28	Namestitev nosilcev za cevi zgornjih kablov	1 h	7:00	8:00																																																																																																																		
29	Namestitev cevi na predhodno postavljene nosilce	1 h	8:00	9:00																																																																																																																		
30	Namestitev sklopov ter uvlačenje pramen zgornjih kablov	3 h	9:00	12:30																																																																																																																		
31	Namestitev že v naprej izdelanega čelnega ter vzdolžnega opaža za zgornjo ploščo	3 h	12:30	15:30																																																																																																																		
32	Namestitev vodil za vibrirno letev	1 h	7:00	8:00																																																																																																																		
33	Betoniranje zgornje plošče	4 h	8:00	12:00																																																																																																																		
34	Formiranje prečnega naklona z vibrirno letvijo	4 h	8:00	12:00																																																																																																																		
35	Ponovna ročna zagladitev betonske površine za vibrirno letvijo	4 h	8:00	12:00																																																																																																																		
36	Nega površine betona	4,5 h	8:30	13:00																																																																																																																		
37	Nega in staranje betona	6 h	7:00	13:00																																																																																																																		
38	Demontaža čelnih ter vzdolžnih opažev zgornje plošče	2 h	7:00	9:00																																																																																																																		
39	Čiščenje okoli napenjalnih glav kablov	2 h	9:00	11:00																																																																																																																		
40	Namestitev kabelskih spojk R	2 h	11:00	13:00																																																																																																																		
41	Postavitev zaščitne ograje na konzole prekladne konstrukcije	4 h	9:00	13:00																																																																																																																		
42	Priprava armaturnega koša sten	6 h	7:00	13:00																																																																																																																		
43	Začetek naslednjega ciklusa	0 h	7:00	7:00																																																																																																																		

Project: Tipični segment prekladne konstrukcije
Date: 23:15

Task		Milestone		Rolled Up Critical Task		Split		Group By Summary	
Critical Task		Summary		Rolled Up Milestone		External Tasks		Deadline	
Progress		Rolled Up Task		Rolled Up Progress		Project Summary		rezerva	