

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
*za gradbeništvo  
in geodezijo*



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Firšt Grmšek, K. 2013. Analiza poteka gradnje izbranega hidrotehničnega objekta. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Šelih, J.): 67 str.

University  
of Ljubljana

Faculty of  
*Civil and Geodetic  
Engineering*



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Firšt Grmšek, K. 2013. Analiza poteka gradnje izbranega hidrotehničnega objekta. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Šelih, J.): 67 pp.

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



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

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJ  
GRADBENIŠTVA  
SMER OPERATIVNO  
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

**KARMEN FIRŠT GRMŠEK**

**ANALIZA POTEKA GRADNJE IZBRANEGA  
HIDROTEHNIČNEGA OBJEKTA**

Diplomska naloga št.: 483/SOG

**CONSTRUCTION ANALYSIS OF SELECTED  
HYDROTECHNICAL STRUCTURE**

Graduation thesis No.: 483/SOG

**Mentorica:**

izr. prof. dr. Jana Šelih

**Predsednik komisije:**

doc. dr. Tomo Cerovšek

**Član komisije:**

izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Ljubljana, 28. 03. 2013

## **STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA**

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

**IZJAVE**

Podpisana Karmen Firšt Grmšek izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Analiza poteka gradnje izbranega hidrotehničnega objekta«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Ljubljana, 15.3.2013

Karmen Firšt Grmšek

## **BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>69.008:628.7(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Karmen Firšt Grmšek</b>
<b>Mentor:</b>	<b>izr. prof. dr. Jana Šelih</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Analiza poteka gradnje izbranega hidrotehničnega objekta</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>67 str., 27 sl., 5 pregl.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>Gradbeni projekt, hidrotehnični objekt, tehnologija gradnje, management sprememb, ukrepi</b>

### **Izvodček**

Diplomska naloga predstavlja gradnjo hidroelektrarne Krško – jezovno zgradbo, ki je okoljsko in gradbeno zahteven hidrotehnični objekt. Kljub temu, da je hidroelektrarna tipska in zasnovana kot četrti člen v verigi spodnje savskih elektrarn je bila njena gradnja posebna, saj je umeščena v ozko dolino reke Save, kjer je zaradi pomanjkanja prostora morala gradnja potekati ločeno, v dveh gradbenih jamah.

Diplomska naloga predstavlja spremembe v splošnem in gradbenem projektu, njihovo upravljanje ter obvladovanje. V začetnem delu so obravnavane glavne značilnosti projekta in projektnege vodenja, sledi predstavitev gradnje konkretnega primera in analiza ključnih sprememb, ki so vplivale na spremenjene okoliščine gradnje.

Danes je gradnja jezovne zgradbe hidroelektrarne Krško zaključena. Rezultat uspešno zaključenega projekta je pravočasno prepoznavanje ključnih aktivnosti na projektu, ki zahtevajo pravilno vodenje projekta in obvladovanje sprememb. Le te pa so predstavljene v zadnjem delu diplomskega dela, za konkretni primer gradnje hidroelektrarne Krško.

**BIBLIOGRAPHIC- DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

<b>UDC:</b>	<b>69.008:628.7(043.2)</b>
<b>Author:</b>	<b>Karmen Firšt Grmšek</b>
<b>Supervisor:</b>	<b>izr. prof. dr. Jana Šelih</b>
<b>Title:</b>	<b>Construction analysis of selected hydrotechnical structure</b>
<b>Document type</b>	<b>Graduation Thesis – Higher professional studies</b>
<b>Notes:</b>	<b>67 p., 27 fig., 5 tab.</b>
<b>Key words:</b>	<b>Construction project, hydrotechnical structure, change management, actions</b>

**Abstract**

The thesis presents the construction of the hydropower plant Krško – dam building, that is environmentally and constructive complex hydrotechnical object. Despite the fact, that the hydropower plant is already the fourth in the chain of lower Sava hydropower plants its construction was special, because it's located in a narrow valley of the River Sava, which is due to lack of space, the construction was carried out separately in two excavation phases.

The thesis presents the changes in the general and construction projects, their management and control. In the first part, thesis described the main features of the project and project management, followed by a presentation of construction and analysis of the key changes that have affected the changing circumstances of work.

Today, the construction of hydropower plant dam building is completed. The result of the successful completion of the project is timely identification of key activities in the project, which require proper project management and change management, which are presented in the last part of the thesis for the concrete example.

## ZAHVALA

Izredni profesorici dr. Jani Šelih se zahvaljujem za mentorstvo, razumevanje, usmerjanje in pomoč pri ustvarjanju diplomske naloge.

Hvala tudi družbi Kostak d.d. in ga. Biljani Šepetavc, ki so mi omogočili delo na projektu in nudili pomoč pri ustvarjanju diplomske naloge.

Zahvaljujem se svoji družini, ki mi je študijska leta, kasneje pri zaposlitvi in pri vsakodnevnih vzponih in padcih stala ob strani, me bodrila in spodbujala.

Zahvaljujem se Vam, ker ste verjeli vame in me spodbujali, da naredim največ in najbolje, kar zmorem.

Iz srca hvala vsem!

Karmen.

**KAZALO VSEBINE**

<b>1</b>	<b>UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>TEORETIČNE OSNOVE PROJEKTNEGA VODENJA .....</b>	<b>3</b>
2.1	OPREDELITEV POJMOV .....	3
2.1.1	Opredelitev pojma projekt .....	3
2.1.2	Kaj je projektno vodenje .....	4
2.2	PROCESI PROJEKTNEGA VODENJA .....	6
2.2.1	Procesi projektnega vodenja .....	6
2.2.2	Skupine procesov projektnega vodenja.....	7
2.2.2.1	Skupina zagonskih procesov .....	7
2.2.2.2	Skupina procesov planiranja.....	8
2.2.2.3	Skupina procesov izvajanja .....	8
2.2.2.4	Skupina procesov spremljanja in kontroliranja .....	9
2.2.2.5	Skupina procesov končanja .....	9
2.2.3	Vzajemni (medsebojni) učinki (vplivi) procesov.....	10
2.3	ZNANJA S PODROČJA PROJEKTNEGA VODENJA .....	11
2.4	PROJEKTNO VODENJE GRADBENEGA OBJEKTA.....	13
<b>3</b>	<b>PREDSTAVITEV KONKRETNEGA PRIMERA .....</b>	<b>14</b>
3.1	OPIS PROJEKTA, POSEBNOSTI, OMEJITVE.....	14
3.1.1	Izgradnja verige hidroelektrarn na spodnji Savi .....	14
3.1.2	Hidroelektrarna Krško.....	15
3.1.3	Prikaz faznosti gradnje HE Krško.....	17
3.1.4	Prelivni objekt .....	20
3.1.4.1	Prva gradbena jama na levem bregu Save .....	20
3.1.4.2	Prelivni objekt .....	24
3.1.4.3	Preusmeritev reke Save .....	28
3.1.5	Strojnica .....	30
3.1.5.1	Druga gradbena jama – na desnem bregu Save.....	30
3.1.5.2	Strojnica.....	33
<b>4</b>	<b>IZVAJANJE GRADNJE TEHNOLOŠKO ZAHTEVNEGA OBJEKTA V SPREMENJENIH RAZMERAH GLEDE NA IZHODIŠČNI PLAN.....</b>	<b>44</b>
4.1	POSPEŠENA GRADNJA JEZOVNE ZGRADBE ZARADI ZAMUD PRI IZGRADNJI SPREMLJAJOČIH OBJEKTOV .....	44
4.1.1	Gradnja mostu obvoznice Krško.....	44
4.1.2	Izvedba štirih prelivnih polj v prvi gradbeni jami in preusmeritev toka Save...	47
4.1.3	Prestavitev cestnega odseka glavne ceste G1-5 in gradnja krožnega križišča obvoznice .....	47
4.2	NEPREDVIDENI DOTOKI VODE V GRADBENO JAMO .....	49
4.2.1	Prikaz izvedbe črpališča.....	52
4.2.1.1	Izvedba začasnega črpališča.....	53
4.2.1.2	Izvedba glavnega črpališča .....	54
4.2.1.4	Električno napajanje črpališča .....	55
4.3	VISOKE VODE V ČASU GRADNJE .....	55
4.4	DRUŽBENO EKONOMSKE RAZMERE, V KATERIH SE JE GRADILA HE KRŠKO .....	59

4.4.1	Sklenitev pogodb in delitev del .....	59
4.4.2	Vpliv gospodarske krize na gradnjo jezovne zgradbe .....	61
4.5	POVZETEK NEPREDVIDLJIVIH AKTIVNOSTI MED GRADNJO, KI SO VPLIVALE NA SPREMENJENE OKOLIŠČINE VODENJA IN IZVAJANJA PROJEKTA .....	62
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>65</b>
	<b>VIRI.....</b>	<b>66</b>

**KAZALO PREGLEDNIC**

<b>Preglednica 1:</b> Tehnični parametri jezovne zgradbe HE Krško .....	16
<b>Preglednica 2:</b> Obratovalni parametri jezovne zgradbe HE Krško .....	16
<b>Preglednica 3:</b> Prikaz prvih sprememb pri vodenju projekta zaradi zamujanja gradnje mostu obvoznice čez Savo .....	46
<b>Preglednica 4:</b> Prikaz sprememb pri vodenju projekta zaradi zamujanja gradnje glavne ceste G1-5 .....	48
<b>Preglednica 5:</b> Prikaz ključnih odstopanj, ki so vplivale na spremembo projekta izgradnje HE Krško .....	63

## KAZALO SLIK

<b>Slika 1:</b> Procesi projektnega vodenja in njihova povezanost (Vir: PMBOK, 2004) .....	7
<b>Slika 2:</b> Grafični prikaz prekrivanja procesov (Vir: PMBOK, 2004, str. 29).....	10
<b>Slika 3:</b> Področja znanja projektnega vodenja (Vir: PMBOK, 2004).....	11
<b>Slika 4:</b> Veriga hidroelektrarn na spodnji Savi .....	14
<b>Slika 5:</b> Hidroelektrarna na spodnji Savi HE Krško (marec 2013).....	16
<b>Slika 6:</b> Izvedba prve gradbene jame, formirane na levem bregu Save.....	21
<b>Slika 7:</b> Prva gradben jama – zračni posnetek .....	22
<b>Slika 8:</b> Ograditev gradbene jame: betonski obodni zid in dolvodni priključni nasip s tesnilno zaveso .....	24
<b>Slika 9:</b> Prelivni objekt: štiri prelivna polja .....	25
<b>Slika 10:</b> Gradnja natočnega dela prelivnih polj.....	27
<b>Slika 11:</b> Gradnja stebrov prelivnih polj.....	27
<b>Slika 12:</b> Rušitev gorvodne ločne pregrade leve gradbene jame in preusmeritev reke Save na prelivna polja .....	29
<b>Slika 13:</b> Zajezitev desne struge in preusmeritev reke Save na prelivna polja.....	30
<b>Slika 14:</b> Druga gradbena jama, formirana na desnem bregu Save .....	32
<b>Slika 15:</b> Druga gradbena jama – zračni posnetek.....	33
<b>Slika 16:</b> Strojnica - druga gradbena jama.....	34
<b>Slika 17:</b> Gradnja spodnjega monolitnega dela- pretočnega trakta .....	39
<b>Slika 18:</b> Gradnja osrednjega dela – trije agregati in peto prelivno polje.....	40
<b>Slika 19:</b> Povprečni dnevni dotok vode v I. gradbeni jami HE Krško (Podatki z merilca pretoka).....	50
<b>Slika 20:</b> Prikaz dotoka vode v gradbeno jamo iz preloma kamnine.....	51
<b>Slika 21:</b> Prikaz dotoka vode z dna gradbene jame .....	52
<b>Slika 22:</b> Prikaz začasnega črpališča s petimi potopnimi črpalkami .....	53
<b>Slika 23:</b> Prikaz glavnega črpališča z pomožno jekleno konstrukcijo.....	54
<b>Slika 24:</b> Poplavitve prve gradbene jame, na levem bregu (dolvodno) .....	57
<b>Slika 25:</b> Poplavitve prve gradbene jame, na levem bregu (gorvodno).....	57
<b>Slika 26:</b> Poplavitve druge gradbene jame, na desnem bregu (gorvodno) .....	58
<b>Slika 27:</b> Poplavitve druge gradbene jame, na desnem bregu (dolvodno).....	58

**OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

HE	hidro elektrarna
I. gradbena jama	prva gradbena jama na levem bregu Save
II. gradbena jama	gruga gradbena jama na desnem bregu Save
PMI	Project management institute
ZDA	Združene države Amerike
m.n.m.	metrov nad morjem
cm	centimeter
m	meter
t	tona
Q20	dvajsetletne visoke vode (verjetnost nastopa visokih voda v 20 letih)
NN	nizko napetostni vod
TP	transformatorska postaja
G1-5	glavna cesta G1-5 Brestanica-Krško
CGP	družba za gradbeništvo, inženiring, proizvodnjo in vzdrževanje cest, d.d.
RGP	RGP d.o.o., rudarski gradbeni programi
HESS	Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o.
KOSTAK	komunalno stavbno podjetje d.d

## 1 UVOD

V vseh strateških razvojnih načrtih energetike v Sloveniji, je osnovni cilj povečanje izkoriščenosti razpoložljivega hidroenergetskega potenciala s sedanjih 45% na 64%, do leta 2020. S tem bi Slovenija zmanjšala potrebo po uvozu energije, ohranila bi energetske neodvisnost in povečala proizvodnjo energije iz obnovljivih virov in na najučinkovitejši in ekonomsko najbolj sprejemljiv način izpolnila obveznosti iz Kyotskega protokola.

Z namenom povečanja proizvodnje enega najčistejših virov za pridobivanje električne energije, velja izkoristiti energetske potencial reke Save, ki ima ustrezen pretok in padec in zgraditi verigo novih hidroelektrarn na spodnji Savi. Te bi skupno proizvedle kar 21% elektrike iz vseh slovenskih hidroelektrarn in bi pokrivala šest odstotkov skupne proizvodnje električne energije v državi.

Projekt gradnje spodnje savskih elektrarn pa odpira številne možnosti ne le na nacionalni, temveč tudi na regionalni oziroma lokalni ravni.

Z lokalnega vidika predstavlja gradnja hidroelektrarne okolju neškodljive objekte z dolgo življenjsko dobo, ob njihovi gradnji se vzporedno uredijo vodotoki, izboljša se izkoristek ugodnega vira električne energije, del prihodka od koncesijske dajatve se bo lahko namenil izvajanju lokalnih razvojnih programov, prostor bo racionalno izrabljen, zagotovila se bodo nova delovna mesta in izboljšala poplavna varnost. Ob gradnji hidro elektrarn se urejajo tudi ceste, kanalizacije, vodovodi, navsezadnje tudi okolica reke.

Skratka, z ureditvijo državne, lokalne in vodne infrastrukture projekt zagotavlja večjo regionalno razvitost in odpira nove možnosti, nove priložnosti in nove poti.

Izgradnja hidroenergetskih objektov sodi med najzahtevnejše gradbene projekte, ki bistveno vplivajo na prostor, v katerega so umeščeni. To velja tudi za verigo hidroelektrarn na spodnji Savi, katerih postavitve je na eni strani potrebna zaradi vse večjih energetskih potreb družbe, na drugi strani pa predstavljajo izjemno velik poseg v prostor.

Kljub temu, da je HE Krško »tipska« elektrarna, in četrta v verigi šestih hidro elektrarn na spodnji Savi, je izgradnja le te izjemen tehnološki projekt zaradi njene umeščenosti v prostor,

ki ga obdaja ozka dolina reke Save, po kateri poteka lokalna cesta in železnica na levi strani, na desni pa državna cesta. Zato je morala izgradnja HE Krško potekati ločeno v dveh gradbenih jamah, s točnim, kontinuiranim napredovanjem posameznih del, ki so morala potekati kar se da skladno z vnaprej določenim terminskim in tehnološkim planom.

Poleg izjemno zahtevnega načrtovanega objekta, ki je zahteval različne ukrepe med gradnjo, so se v toku izvajanja del pojavljali dogodki, ki so celotno gradnjo ogrozili in zahtevali posebna ukrepanja in prilagoditve danim razmeram, da lahko HE Krško že poskusno obratuje. Za glavne dejavnike, ki so bistveno vplivali na gradnjo HE Krško, lahko štejemo:

- vzporedne objekte, ki bi morali biti izvedeni pred začetkom gradnje HE Krško, pa niso bili izvedeni v predvidenem času,
- stalen problem gradnje je bila zaledna in precedna voda, ki je presegala predvidene količine tudi za 300% in več,
- v času gradnje so se pojavile kar dvakrat visoke vode, ki so gradbeno jamo popolnoma poplavile in
- samo obdobje v katerem je potekala gradnja, ki je prispevalo k propadu vodilnih izvajalskih podjetij, ki so gradila HE Krško

Cilj diplomskega dela je predstaviti in analizirati gradnjo izbranega hidrotehničnega objekta. Nalogo zato sestavljata dva dela; v prvem so predstavljene teoretične osnove vodenja projekta, v drugem delu pa opisan izbrani primer gradbenega projekta, kjer so teoretične osnove vodenja projekta združene s primerom iz prakse. V tem delu prikazujem vodenje projekta gradnje HE Krško z vsemi ukrepi in neplaniranimi dogodki, ki so se pojavili med izvajanjem projekta in so povzročili spremembe prvotnega plana. Zaključek naloge pa predstavlja analiza odstopanj pri izvajanju projekta.

## 2 TEORETIČNE OSNOVE PROJEKTNEGA VODENJA

### 2.1 OPREDELITEV POJMOV

#### 2.1.1 Opredelitev pojma projekt

Pojem »projekt« ima v praksi različne pomene (Hauc, 2007, str. 26) Tako pomeni na primer:

- dokumentacijo, načrt, elaborat,
- tehnično ali drugo dokumentacijo,
- projektno dokumentacijo kot npr. projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja, projekt za razpis, projekt za izvedbo itd.,
- načrt za izvedbo projektnega namena,
- objekt v pripravljalni fazi za gradnjo,
- objekt v gradnji,
- investicijo, naložbo,
- procesni cikel, ki se zaradi svoje značilnosti in pomembnosti izdvaja iz tekočega poslovanja oziroma tekoče proizvodnje in se posebej organizira,
- terminski plan neke zaključene akcije posebnega pomena,
- idejo, namero, pa čeprav še ni izvedena, itd.

Projekt kombinacija organizacijskih potencialov, združenih z namenom ustvariti določeno novost, ki bo podjetju zagotavljala sposobnost oblikovanja in uresničevanja strategije. Vsi projekti imajo določen življenjski cikel in potekajo kot zaporedje posameznih faz.

Večina avtorjev (Turner, Lewis,...), ki obravnavajo projektno vodenje, definira projekt kot enkratni podvig, ki je sestavljen iz skupka medsebojno povezanih nalog, in ima jasno opredeljen cilj.

Po definiciji projektnega inštituta PMI - Project management institute (PMBOK 2004, str. 5) je projekt začasen proces, katerega namen je ustvariti edinstven produkt ali storitev. »Začasno« pomeni, da ima vsak projekt določen začetek in določen konec. Konec projekta dosežemo, ko so uresničeni cilji projekta, ali ko postane jasno, da cilji projekta ne bodo ali ne morejo biti doseženi. Projekt uresničuje edinstvene izdelke, oz. delne rezultate, ki so lahko izdelki, storitve ali rezultati.

Projekti lahko uresničujejo oz. ustvarijo:

- izdelek ali proizvod, ki je količinsko opredeljen in je lahko sam po sebi končna postavka ali le komponenta neke postavke,
- zmožnost za opravljanje storitve, kot na primer poslovne funkcije, ki podpirajo proizvodnjo ali distribucijo in
- rezultat, kot na primer ugotovitve ali dokumente.

Če zgoraj naštete razlage pojma projekt povežemo, lahko ugotovimo glavne značilnosti projektov, in sicer: vsak projekt je sestavljen iz aktivnosti, ki so med seboj povezane in prepletene. Projekt je enkratna dejavnost oziroma ga sestavljajo enkratne aktivnosti, ki se običajno ne ponavljajo v povsem enaki obliki in zaporedju. Tudi z vidika celotnega projekta se lahko govori o enkratnosti, saj projekt vedno poteka pod vplivom različnih dejavnikov. Pri projektu gre za enkratnost proizvoda/storitve oziroma ta še ni bil proizveden v povsem enaki obliki ali vsebini. Trajanje projekta je časovno omejeno. Začasnost procesa pomeni, da ima vsak projekt določen jasno in natančno opredeljen začetek in konec. Slednji je dosežen, ko se osvojijo cilji projekta ali ko postane jasno, da se projektni cilji ne bodo ali ne morejo doseči ali pa potrebe po projektu ni več in se projekt zaključí. Tudi stroški in poraba poslovnih prvin pri projektu so omejeni. Vsak projekt ima svoj cilj in namen, ki ju določi naročnik projekta. Cilj odgovarja na vprašanje, kaj želimo doseči, namen pa na vprašanje, zakaj izvajamo projekt oziroma zakaj želimo doseči cilj. Namen je praviloma določen zunaj projekta, saj bi se sicer izenačil s ciljem. Projekt mora biti vodljiv, možno ga je planirati, uveljavljati in kontrolirati.

### **2.1.2 Kaj je projektno vodenje**

Pojem projektno vodenje si različni avtorji preko praktičnih spoznanj razlagajo kot:

Projektni management je koncepcija vodenja, za katerega se za čas trajanja projekta odredi centralna odgovornost za projekt, ki se na ustrezen način institucionalizira in organizira v obliki projektne organizacije. Upravljanje in vodenje projektov je naloga, kako izvesti projekt s sodelovanjem ljudi v neki organizaciji v dogovorjenem roku, z določenimi proizvodnimi sredstvi in želenim učinkom.

Po tej obrazložitvi se upravljanje in vodenje projektov razlaga z dveh vidikov:

- z vključevanjem ljudi in kontrole njihovega obnašanja pri oblikovanju in izvajanju projektov in
- z vključevanjem sredstev za izvedbo projekta (Hauc, 1982, 172).

PMI (Project Management Institute iz ZDA) opisuje projektni management kot večino vodenja in koordiniranja človeških in materialnih virov skozi celoten življenjski cikel projekta z uporabo sodobnih managerskih tehnik za doseganje vnaprej postavljenih strateških in operativnih ciljev o obsegu, stroških, času, kakovosti in zadovoljitvi potreb in pričakovanj udeležencev projekta.

Projektni management obsega izvajanje funkcij managementa, potrebnih za izvedbo in doseganje končnega cilja projekta. Poleg navedenih funkcij managementa pa mora projektni manager posebno pozornost posvetiti aktivnostim integracije in povezovanja projekta z okoljem.

Če zgoraj našteje definicije razlage pojma projektno vodenje povežemo, lahko ugotovimo: da je projektno vodenje uporaba znanj, spretnosti, orodij in tehnik v projektnih dejavnostih, s ciljem doseči in preseči potrebe in pričakovanja vseh zainteresiranih pri realizaciji projekta. Projektno vodenje vključuje celovito koordinacijo, naloge vodenja in primerno organiziranost projekta, pri tem pa je bistvenega pomena usklajevanje časa, stroškov in tveganj z drugimi zahtevami. Projektno vodenje je orodje za realizacijo projekta.

Projektno vodenje realiziramo z uporabo in integracijo procesov projektnega vodenja, ki so: zagon, planiranje, izvajanje, spremljanje in kontroliranje ter končanje projekta.

Planiranje izvedbe projekta omogoči, da se že pred začetkom projekta določijo potrebne aktivnosti in ugotovijo problemi v zvezi z njihovo izvedbo in medsebojno povezanostjo. Z organizacijo projekta določamo skupine in posameznike, ki so odgovorni za izvedbo posameznih aktivnosti in opredeljujemo odnose med sodelujočimi v projektu. Organizacijska struktura mora biti prilagojena projektne delu, obenem pa mora omogočati učinkovito povezanost z institucijo, v kateri poteka projekt. V projektu postane vodenje značilno za projektne skupine, v katerih se ustanovijo vodje - projektni manager-ji, ki sodelujoče v projektu ustrezno vodi, povezuje, in ustrezno motivira.

Tudi funkcija kontroliranja se nanaša na projektne aktivnosti, saj ugotavlja vsebinsko, terminsko in organizacijsko odstopanje dejanske izvedbe od planirane. Če pride do odstopanj, je potrebno ugotoviti vzroke zanje ter sprejeti odločitve, ki bodo izvedbo posameznih aktivnosti in projekta kot celote uskladile s planirano, ali pa jih spremeniti, če njihova uskladitev ni mogoča. Usklajevanje aktivnosti ima za uspešnost projekta ključno vlogo, saj projekt sestavlja množica medsebojno povezanih aktivnosti, zato je v veliki meri prav od njihove učinkovite uskladitve v projektu odvisna tudi njegova uspešnost. Za uspešno izvedbo projekta je pomembno, da v procesu odločanja sodeluje čim več udeležencev projekta, kajti le tako je možno izbrati za projekt najugodnejše rešitve.

## **2.2 PROCESI PROJEKTNEGA VODENJA**

### **2.2.1 Procesi projektnega vodenja**

Po definiciji je proces vzajemno odvisna aktivnost, ki prinaša vnaprej določen nabor izdelkov, storitev ali končni rezultat. Projektno vodenje je uspešno uresničeno s procesi, ki sprejemajo vloške in generirajo izloške, pri tem pa se uporabljajo znanje, spretnost, orodje in tehnike projektnega vodenja. Podrobnosti, ki jih moramo vedeti o projektu so opredeljene kot cilji, ki mora biti uresničen, odvisen pa je od kompleksnosti, tveganja, časovne opredeljenosti, projektnega tima, preteklih informacij o projektu, gospodarske panoge,...

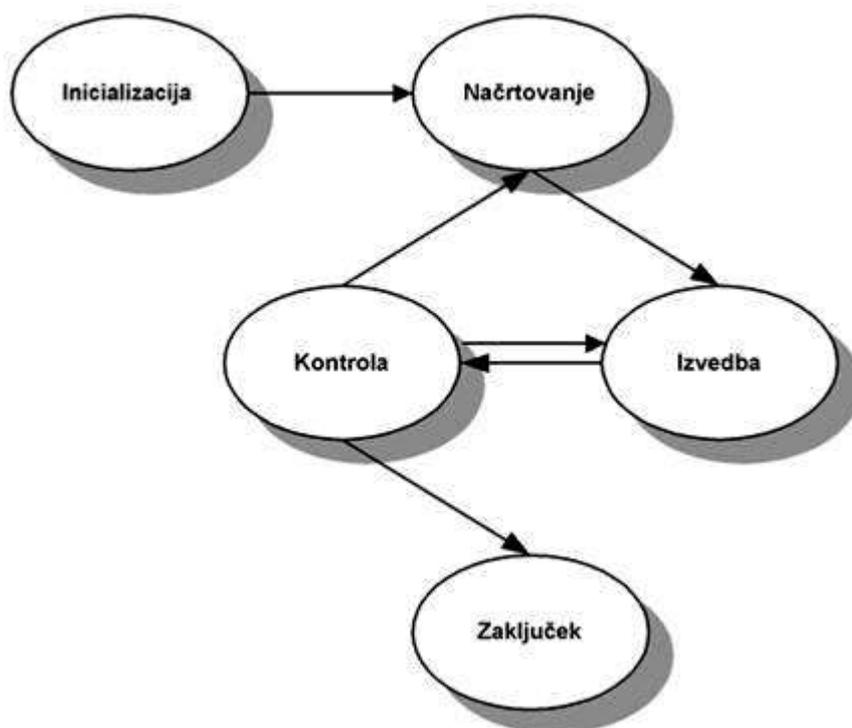
Procesi, ki se izvajajo v posameznem projektu, so združeni v pet skupin, ki se imenujejo skupine procesov projektnega vodenja:

- skupina zagonskih procesov
- skupina procesov planiranja
- skupina procesov izvajanja
- skupina procesov kontroliranja
- skupina procesov končanja (Vir: PMBOK, 2004)

Grafično so procesi projektnega vodenja prikazani na sliki 1, kjer pa lahko vidimo tudi njihovo vzajemno učinkovanje, medsebojno povezanost, in časovno prepletanje.

Projektno vodenje zahteva integrirano delovanje, to pomeni, da je vsak projektni proces ustrezno usklajen in povezan z drugimi procesi. Navedena vzajemna delovanja procesov pogosto zahtevajo kompromise med zahtevami, in cilji projekta.

Torej, če ne bomo ukrepali med potekom enega procesa, bo običajno ogrožen obravnavan proces, lahko ogrozimo tudi druge z njim povezane procese ali pa celo ogrozimo samo izvedbo projekta. Zato z uspešnim projektnim vodenjem aktivno obvladujemo vzajemna delovanja procesov, s tem pa strmimo k uspešnemu zaključku projekta.



Slika 1: Procesi projektnega vodenja in njihova povezanost (Vir: PMBOK, 2004)

## 2.2.2 Skupine procesov projektnega vodenja

### 2.2.2.1 Skupina zagonskih procesov

Skupina zagonskih procesov je pri grobi delitvi samostojen proces, katerega rezultat je začetek projekta oziroma naslednje faze projekta. Z zagonskim procesom opišemo cilje projekta, določimo trajanje projekta, napovemo potrebne vire za investicije, določi oziroma izbere se projektni vodja, napovejo se začetne domneve in omejitve, določijo se potrebni zunanji izvajalci, skratka z zagonskim procesom določimo jasen okvir zastavljenega projekta.

### **2.2.2.2 Skupina procesov planiranja**

Podrobno določitev projekta, njegovih aktivnosti, dogodkov, rokov in stroškov imenujemo planiranje projekta. Planiranje projekta pomeni zamišljanje vseh aktivnosti v projektu, rezultatov in poti za njihovo doseganje, upošteva njihovo povezanost, trajanje, stroške in zaposlene.

Ker pri projektu sodeluje več ljudi in si lahko vsak od njih predstavlja drugačen potek svojih ter tudi drugih aktivnosti, je naloga planiranja, da te različne poglede uskladi skladno s ciljem celotnega projekta.

Zelo pomembna je tudi členitev projekta na posamezne aktivnosti. Vse te aktivnosti je potrebno med seboj uskladiti, opredeliti njihovo trajanje in povezanost ter opredeliti njihov opis, trajanje, nosilce in njihovo odgovornost. Izdelava plana za obvladovanje projekta se zato začne z opredelitvijo projekta, njegovega namena in vsebine. Plani, ki lahko vplivajo na uspešnejšo izvedbo posameznega projekta so: plan aktivnosti, terminski plan, finančni plan projekta, plan kadrov, plan ravnanja s tveganji, plan zagotavljanja kakovosti, komunikacijski plan, plan ravnanja s spremembami, in drugi ki se pripravljajo v okviru planiranja. Izdelava planov za obvladovanje projekta poteka ves čas projekta in je lahko stalen, ponavljajoč proces.

Vsi ti plani se na koncu spremenijo v plan stroškov, ki služi projektному timu kot osnova za primerjavo z dejansko uresničenimi plani. Zato je v tej fazi treba finančno ovrednotiti vsako kategorijo, ki bo vključena v določen projekt. Za doseganje kakovostnega rezultata projekta namreč potrebujemo plan ljudi in sredstev. To pa je tudi končni rezultat planiranja projekta.

### **2.2.2.3 Skupina procesov izvajanja**

V fazi izvedbe projekta (tudi uveljavljanje projekta) se uveljavi planirana organizacija in sproži se zamišljeno delovanje zaposlenih. Proces izvedbe dobiva vhodne podatke iz načrtovanja in kontrole, predaja pa rezultate procesu kontrole.

Skupina procesov izvajanja vključuje koordiniranje ljudi in virov, izvajanje aktivnosti projekta, obravnava opredeljeni obseg in uresničuje spremembe.

Pri izvajanju procesov v skupini izvajanja procesov bo porabljen največji delež odobrenih finančnih sredstev projekta.

#### **2.2.2.4 Skupina procesov spremljanja in kontroliranja**

Skupina procesov spremljanja in kontroliranja ugotavlja odstopanja projekta glede na plan in išče vzroke posameznih odstopanj ter ukrepa. Procesna skupina spremljanja in kontroliranja je sestavljena iz procesov, ki jih izvajamo zato, da opazujemo izvajanje projekta, spremljamo njegovo izvedbo, primerjamo dejansko stanje in potek projekta s planiranim, ugotavljamo odstopanje med doseženim in planiranim ter predlagamo ukrepe, s katerimi bi odpravili odstopanja in uresničili planirano. Kontrola je namenjena predvsem zmanjševanju odklonov med planiranim in dejansko doseženim delom v projektu.

Vsaka kontrola zahteva pripravo plana in ustrezno organizacijo za njegovo izvedbo, ki nato predstavlja osnovo za kontroliranje.

#### **2.2.2.5 Skupina procesov končanja**

Skupina procesov končanja vključuje procese za formalno končanje vseh aktivnosti projekta ali faze projekta.

V zaključni fazi projekta se rešitve projekta predajo v uporabo oziroma naročniku. Pri primopredaji se projekt poveže z rednim poslovanjem podjetja, zato je primopredaja planirana vnaprej in zajeta v letnih in operativnih planih poslovanja. Rezultat projekta, predan v prakso, hkrati pomeni doseganje strateških ciljev.

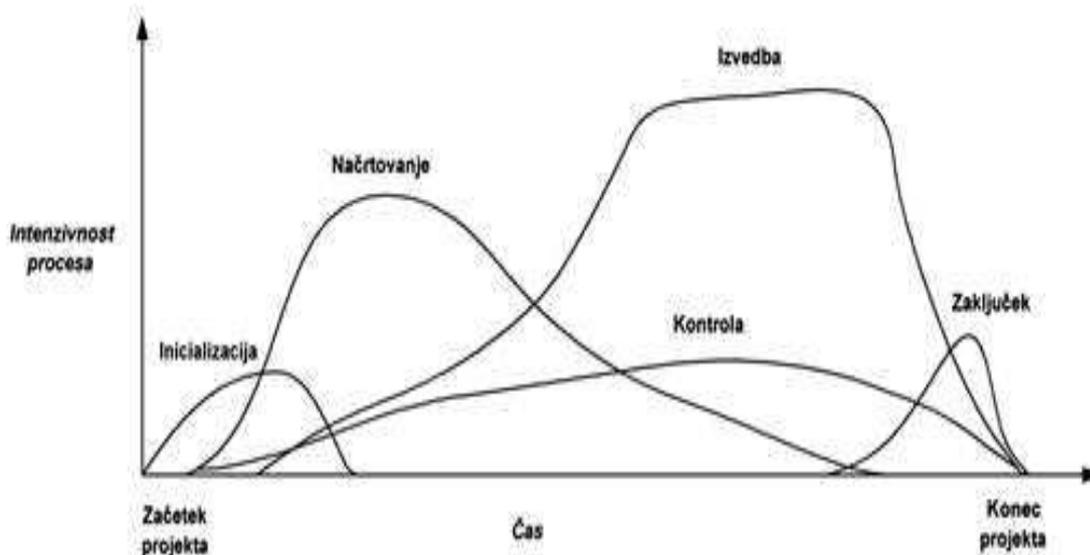
Ko je projekt končan, se projektni tim razpusti, zaposleni pa se razporedijo na druga delovna mesta.

### 2.2.3 Vzajemni (medsebojni) učinki (vplivi) procesov

Vsak proces je sestavljen iz vhodnih podatkov, orodij in tehnik ter izhodnih podatkov. Vhodni podatki so dokumenti na podlagi katerih se v procesu izvajajo ustrezne aktivnosti. Orodja in tehnike so mehanizmi kako vhodne podatke preoblikovati v izhodne, izhodni podatki pa predstavljajo rezultate procesa.

Če je projekt razdeljen na faze, se skupine procesov, ki so potrebne, običajno ponavljajo v vsaki fazi, v celotnem življenju projekta, ravno tako tudi vzajemni učinki.

Projektni procesi v projektu ali fazi so prekrivajoče aktivnosti, ki se časovno prepletajo, dogajajo v različnem obsegu intenzivnosti ves čas projekta. Grafično lahko prekrivanje procesov prikažemo s sliko 2. To pomeni, da časovne meje med njimi niso ostro ločene. Na začetku prevladuje proces inicializacije, nato je prevladujoč proces načrtovanja, sledi izvedba in na koncu zaključek. Proces kontrole pa spremlja vse ostale procese, najbolj intenzivno v procesu izvedbe.



Slika 2: Grafični prikaz prekrivanja procesov (Vir: PMBOK, 2004, str. 29)

### 2.3 ZNANJA S PODROČJA PROJEKTNEGA VODENJA

Poznamo devet področij znanj projektnega vodenja, ki so prikazana na spodnji sliki 3 in praviloma niso nikoli uporabljena v vseh projektih na enak način. Posamezna področna znanja projektnega vodenja se členijo na posamezne procese projektnega vodenja, ti procesi pa imajo vsak svoje vložke, orodja, tehnike ter izločke.



Slika 3: Področja znanja projektnega vodenja (Vir: PMBOK, 2004)

**Obvladovanje integracije projekta** definira procese in aktivnosti, s katerimi integriramo različne elemente projektnega vodenja. Vključuje: pripravo projektne listine in plana obvladovanja projekta, usmerjanje in obvladovanje izvajanja projekta, spremljanje in kontroliranje projektnega dela, kontroliranje sprememb in končanje projekta.

**Obvladovanje obsega projekta** prikazuje procese, ki so vključeni z namenom zagotoviti, da projekt obsega vse delo, ki je potrebno za uspešno dokončanje projekta.

Vključuje: zbiranje zahtev, opredeljevanje, overjanje, kontroliranje obsega.

**Obvladovanje časa projekta** je usmerjeno na procese, ki jih uporabljamo z namenom zagotoviti pravočasno dokončanje projekta. Vključuje: opredeljevanje aktivnosti, razvrščanje aktivnosti, ocenjevanje virov aktivnosti, ocenjevanje trajanja aktivnosti, pripravljanje terminskega plana, kontroliranje terminskega plana.

**Obvladovanje stroškov projekta** opisuje procese, ki so vključeni v planiranje, ocenjevanje, preračunavanje in kontroliranje stroškov z namenom zagotoviti, da bo projekt dokončan v okviru odobrenega denarja oz. stroškov. Vključuje: ocenjevanje, planiranje in kontroliranje stroškov.

**Obvladovanje kakovosti projekta** opisuje procese, ki so vključeni v planiranje, kontroliranje, spremljanje ter zagotavljanje, da bodo dosežene zahteve po kakovosti na projektu. Vključuje: planiranje, zagotavljanje in kontroliranje kakovosti.

**Obvladovanje človeških virov** v projektu opisuje procese, ki so vključeni v planiranje, pridobivanje, razvoj in obvladovanje projektne skupine. Vključuje: planiranje človeških virov, pridobivanje, razvoj in obvladovanje projektnega tima.

**Obvladovanje komuniciranja v projektu** predstavlja procese, ki so vključeni v zagotavljanje pravočasnega in ustreznega nastanka, zbiranja, razdeljevanja, shranjevanja informacij na projektu. Vključuje identificiranje vplivnih udeležencev, planiranje komuniciranja, posredovanje informacij, obvladovanje pričakovanj udeležencev projekta in poročanje o opravljenem delu.

**Obvladovanje tveganj na projektu** opisuje procese, ki so vključeni v prepoznavanje, analiziranje in kontroliranje tveganj na projektu. Vključuje: planiranje obvladovanja tveganj, prepoznavanje tveganj, kvalitativna analiza tveganj, planiranje odzivov na tveganja, spremljanje in kontroliranje tveganj.

**Obvladovanje oskrbovanja projekta** opisuje procese, ki so vključeni v nabavo ali nakup izdelka ali storitve za projekt. Vključuje: planiranje, upravljanje, administrativno spremljanje in končanje oskrbovanja.

## 2.4 PROJEKTNO VODENJE GRADBENEGA OBJEKTA

Osnovna definicija projekta je začasno prizadevanje za uresničitev edinstvenega izdelka, storitve ali rezultata. Projekt je glede na svoje lastnosti zelo primeren za gradbeno stroko, le-ta pa ima določene posebnosti: objekti kot rezultati gradbenih projektov se praviloma gradijo za dolgotrajno uporabo, kar povečuje odgovornost pri njihovem projektiranju in izvedbi, sredstva namenjena gradnji gradbenih objektov so zelo velika, predstavljajo pa tudi velik poseg v okolje. Gradnjo hidroelektrarne Krško lahko prepoznamo v komponentah te definicije, saj označuje niz medsebojno povezanih dejavnosti, ki vodijo k realizaciji natanko opredeljenega cilja v okviru dodeljenih sredstev in določenega časa.

Danes se k izvedbi projekta pristopa nadvse sistematično in na znanstven način, saj je realizacija in dokončanje projekta podvržena strožjim družbenim zahtevam, ki izhajajo iz tehničnih, socialnih, ekonomskih in okoljevarstvenih sfer... Zaradi vseh teh vzrokov se izvajanje projekta, kot je gradnja hidrološko zahtevnega objekta, ki je zelo dinamičen in zapleten proces enkratne narave lahko hitro znajde v tvegani situaciji. Zato moramo za uresničitev postavljenega cilja, oz. dokončanje projekta, popolnoma obvladati vodenje projekta in poznati vse spretnosti s področja strokovnega znanja. Le tako lahko še pravočasno prepoznamo spremembe in razne nepredvidljive situacije na projektu, ki vodijo do obvladljivih sprememb, ki jih s pomočjo znanja in veščin projektnega vodenja obvladujemo, da lahko pravočasno, brez večjih dodatnih sredstev in kvalitetno dosežemo zastavljen cilj – zaključek projekta. Obvladovanje projekta vključuje: prepoznavanje zahtev; določanje jasnih in uresničljivih ciljev; uravnoteženje izključujočih (konkurenčnih) zahtev glede kakovosti, obsega, časa in stroškov; prilagajanje specifikacij, planov in prijemov kot posledica raznolikih vidikov in pričakovanj različnih udeležencev projekta.

Prikaz izvedbe projekta izgradnje hidroelektrarne Krško in vodenje realizacije izgradnje, z vsemi obvladovanji različnih nepredvidljivih situacij v času gradnje, je prikazan v nadaljevanju diplomske naloge.

### 3 PREDSTAVITEV KONKRETNEGA PRIMERA

#### 3.1 OPIS PROJEKTA, POSEBNOSTI, OMEJITVE

##### 3.1.1 Izgradnja verige hidroelektrarn na spodnji Savi

Izgradnja hidroelektrarn na spodnji Savi in s tem tudi HE Krško je opredeljena v Strategiji prostorskega razvoja Slovenije, ki zagotavlja povezano, enotno in usklajeno načrtovanje verige šestih hidroelektrarn na spodnji Savi. (Uradni list RS, št. 76/04). Celotno verigo tvorijo dve hidroelektrarni HE Vrhovo in HE Boštanj, ki sta v obratovanju, HE Blanca in HE Krško, ki sta v poskusnem obratovanju, in dve hidroelektrarni HE Brežice in HE Mokrice, ki sta v načrtovanju. Hidroelektrarna (v nadaljevanju: HE) Krško je zasnovana kot četrti člen v verigi spodnje savskih hidroelektrarn.



Slika 4: Veriga hidroelektrarn na spodnji Savi

Diplomska naloga podrobneje predstavlja izvedbo HE Krško, jezovno zgradbo.

### 3.1.2 Hidroelektrarna Krško

Gradnja HE Krško je okoljsko zelo zahteven projekt, ki dolino reke Save trajno zaznamuje. Projekt izgradnje HE Krško obravnava jezovno zgradbo HE Krško, ureditve v bazenu in dolvodni strugi, ki so potrebne za energetska izrabo vodotoka in zaščito pred škodljivim delovanjem voda ter dodatne ureditve na vplivnem območju HE in izven njega: most in obvoznico Krško, kanalizacijski sistemi vzdolž bazena in prestavitve glavne državne ceste G1-5 (bodoče lokalne ceste) v Zatonu, v Krškem.

V nadaljevanju diplomske naloge je prikazana izgradnja jezovne zgradbe HE Krško: gradnjo prelivnih polj v levi gradbeni jami in gradnjo strojnice v desni gradbeni jami.

V ozki dolini reke Save, v Sotelskem po kateri poteka lokalna cesta, železnica in državna cesta je umeščena jezovna zgradba HE Krško. Objekt HE Krško je lociran približno 400m gorvodno od mesta Krško, v Sotelskem, v km od 751+575.

Gradnja jezovne zgradbe HE Krško je bila zaradi pomanjkanja prostora zasnovana v dveh gradbenih jamah. Začetek gradnje je bil na levem bregu Save v prvi gradbeni jami, kjer je potekala gradnja levega dela jezovne zgradbe s štirimi pretočnimi polji. Po končani gradnji v prvi gradbeni jami se je izvedla postopna preusmeritev toka z desnega dela struge na levi, čez štiri pretočna polja. V drugi gradbeni jami je potekala gradnja petega pretočnega polja, strojnica in desno brežnih servisnih površin.

Jezovno zgradbo HE Krško v pregradnem profilu od leve proti desni strani reke sestavljajo: zelo kratek priključni nasip (nasuta zemeljska pregrada), pet prelivnih polj in strojnica. Jezovna zgradba pregrajuje obstoječi prečni profil reke, pri čemer sta strojnica in eno prelivno polje situirani v obstoječi strugi, štiri prelivna polja pa na obstoječi inundaciji.

Osnovni tehnični in obratovalni parametri HE Krško v obratovanju so predstavljeni v spodnjih dveh preglednicah:

**Preglednica 1:** Tehnični parametri jezovne zgradbe HE Krško

<b><i>Tehnični parametri jezovne zgradbe</i></b>		
Desni breg - strojnica	- število agregatov	3
	- nazivni pretok turbine	166.67 m <sup>3</sup> /s
	- instalirani pretok $Q_{\text{inšt}}$	500 m <sup>3</sup> /s
	- stikališče	GIS, zaprto
Struga - osrednji del	- število transformatorjev	1
	- število pretočnih polj	5
	- širina pretočnega polja	15 m
	- širina stebrov	3 m
Levi breg – priključni nasip	- skalometno nasutje z jet grout tesnitvijo	
	- konstrukcijska višina	23.80 m

**Preglednica 2:** Obratovalni parametri jezovne zgradbe HE Krško

<b><i>Obratovalni parametri HE Krško</i></b>		
inštalirani pretok		500 m <sup>3</sup> /s
inštalirana moč	(3x nazivna moč turbine)	39.03 MW
kota zaježitve		164 m n.m.
<b>največja obratovalna denivelacija</b>		<b>1 m</b>

**Slika 5:** Hidroelektrarna na spodnji Savi HE Krško (marec 2013)

### **3.1.3 Prikaz faznosti gradnje HE Krško**

Bistven element izgradnje HE Krško je bila organizacija gradnje, ki je zaradi pomanjkanja prostora in oteženih dostopov (levo železnica, desno reka Sava) izredno zahtevna gradnja. Zato gradnja HE Krško poleg jezovne zgradbe vključuje tudi gradnjo mostu in krožnega križišča bodoče obvoznice, dela v spodnji strugi in na bazenih HE Krško in gradnjo prestavitve odseka glavne ceste G1-5 vzdolž druge gradbene jame, oz. mimo bodočega objekta HE.

Ves čas gradnje so se dela izvajala v štirih glavnih gradbenih fazah, ki so se lahko med sabo delno prekrivaje, morale pa so biti terminsko usklajene.

Gradnja HE Krško in spremljajoče ureditve infrastrukture v štirih glavnih gradbenih fazah:

1. Gradnja mostu obvoznice Krško in pripravljala dela za HE Krško.
2. Dela v času I. gradbene jame HE Krško z izvedbo levega dela jezovne zgradbe s prelivnimi polji 1 – 4.
3. Preusmeritev reke in prestavitev ceste G1.
4. Dela v času II. gradbene jame HE Krško z izvedbo 5. prelivnega polja, strojnice in desnoobrežnih servisnih površin (zgornje in spodnje dvorišče). V zaključku te faze se opravi tudi večina infrastrukturnih prilagoditev in glavna zemeljska dela pri poglobljanju struge in dvigu dela površine Pijavškega polja.

#### **Gradnja mostu**

1. Ureditev dostopa in ustrezna ureditev prometa na kritičnih mestih lokalne ceste Brestanica – Videm.
2. Električno napajanje gradbišča mostu (levi breg) je z agregatom.
3. Miniranje rečnega dna v pasu skupne širine najmanj 50 m vzdolž trase bodočega mostu zaradi kasnejše izvedbe poglobitve.
4. Izvedba krilnega zidu mostu na levem bregu, treh mostnih stebrov (s predhodnim pilotiranjem v rečno dno) in krilnega zidu mostu na desnem bregu.
5. Poglobljanje struge na odseku med traso mostu in osjo HE Krško ter lokalni odvzemi na območju prve gradbene jame za potrebe oblikovanja nasute ploščadi na levem bregu (na

ploščadi se formira gradbišče za potrebe gradnje mostu, kasneje se na njej formira gradbišče HE Krško)

6. Gradnja gredne konstrukcije z narivanjem
7. Po preusmeritvi prometa na obvodno polovico krožnega križišča končna ureditev krožišča na desnem bregu vključno z vkopom v brežino nad cesto in dostopa na most z desnega brega.

### **Prva gradbena jama – na levem bregu**

1. Izvedba zaključnih del na nasipavanju ploščadi na levem bregu in organizacija dela gradbišča HE Krško, ki bo obratoval v času I. in II. gradbene jame. Izvedba odvodnjavanja zaledne vode levega brega v spodnjo vodo.
2. Izvedba zaščite (obloge) desnega rečnega brega za čas gradnje v I. gradbeni jami.
3. Postavitev zaščitne stene iz vodnjakov na robu levega inundacijskega področja. Konstrukcijska višina vodnjakov v osrednjem delu stene je do 157.8 m.n.m.. Izdelava AB konzol na vodnjakih višine 5 m, sidrna in injekcijska dela pod vodnjaki.
4. Izvedba gorvodnega ločnega zidu na gorvodni strani prve gradbene jame.
5. Zapiranje gradbene jame na spodnji strani z nasipom. Gradnja nasipa v veliki meri poteka na suhem: Gramozni in skalometni material se odvzema iz območja izkopov za prelivna polja in struge na lokaciji HE.
6. Sočasno s prejšnjo točko se izvaja tesnitev nasipov (jet grouting), dostopi v gradbeno jamo I. in preusmeritve neimenovanega vodotoka (železniški prepust) v spodnjo vodo elektrarne izven I. gradbene jame.
7. Izkop dolomitne hribine do kote temeljenja prelivnih polj.
8. Gradnja prelivnih polj 1 – 4 v končni geometriji (brez začasno znižanih pragov) in izvedba tesnilnih del pod njimi. Sočasno nadaljevanje in zaključek poglobitvenih del (začetih v času gradnje mostu) na dolvodnem odseku med osjo HE in novim mostom.
9. Zaključna dela na prelivnih poljih 1 – 4, montaža hidromehanske opreme in izvedba natočnega in odtočnega dela znotraj gradbene jame I. Deponiranje izkopnega materiala v trasi obvoznice Krško.
10. Ureditev natočnega dela na prelivna polja z odstreljevanjem dolomitne hribine (levi breg) v nevezani in kompaktni hribini.

11. Izvedba povezovalnih lokov med V. stebrom prelivnih polj in zaščitno vodnjaško steno (kot priprava na preusmeritev in II. gradbeno jamo).
12. Izvedba končnega priključnega nasipa (pregrade) do levega brega, ustreznih tesnitev in zaščit levega brega znotraj I. gradbene jame (gorvodno in dolvodno).
13. Ureditev levoobrežne ploščadi v okviru jezovne zgradbe in trajnega zalednega odvodnjavanja na levem bregu.

### **Preusmeritev toka in prestavitev ceste ob HE Krško**

1. Izvedba v času nizkega pretoka reke Save.
2. Odstranitev dela dolvodnega nasipa in obodne stene I. gradbene jame (odkop, miniranje) do kote 159.00 m.n.m., s transportom na začasno deponijo, predvidoma na levem bregu dolvodno od novega mostu (in v traso obvoznice). Z nižanim nivojem zaščite I. gradbene jame se v tej fazi zagotovi preplavitev in aktiviranje 4 prelivnih polj.
3. Rušitev in odstranitev gorvodnega ločnega zidu. (Gorvodna zaščita prve gradbene jame.)
4. Izvedba dostopa in izvedba po treh dodatnih vodnjakov na gorvodnem in dolvodnem koncu bodoče II. gradbene jame.
5. Postopen umik dolvodnega in nato gorvodnega nasipa I. gradbene jame z odvozom na začasno deponijo ali direktnim odvozom v novi nasip II. gradbene jame. V primeru direktnega premeščanja nasipnega materiala iz enega nasipa v drugega (osnovni pogoj za ta način gradnje so nizki pretoki v Savi) je smiselna izvedba začasne gradbiščne ceste (vsaj enosmerne – za povratek praznih tovornjakov) po desnem bregu pod glavno cesto.
6. Zapiranje II gradbene jame z nasipom na spodnjem koncu, gradnja nasipa do projektne kote in izvedba tesnitve.
7. Gradnje gorvodnega nasipa II. gradbene jame. Preusmeritev je s tem zaključena.
8. Odsek ceste G1 vzdolž gradbene jame II. oz. mimo bodočega objekta HE se kot priprava na II. gradbeno jamo rekonstruira v naslednjih korakih:
  - Polovična semaforizirana zapora (zaprt pas proti Krškemu) in izvedba deviacije z vkopom v brežino, po potrebi s podpornim zidom manjše višine ali drugimi ukrepi (slopi). Izvedba tesnitve za gradbeno jamo na širini nove ceste na zgornjem in spodnjem koncu preusmeritve.
  - Sočasno izvedba podpornega zidu med cesto in bodočo ribjo stezo.

- Preusmeritev prometa na novo traso ceste, znova dvosmeren promet.
- Izvedba (začasnih) gorvodnega in dolvodnega odcepa za dostop v gradbeno jama s pasovi za leve zavijalce v smeri Krškega (občasne zapore enega pasu). Sočasna izvedba manjkajočih odsekov tesnitve II. gradbene jame in tesnitve pregradnega profila.

### **Druga gradbena jama – na desnem bregu**

1. Rušenje osrednjega dela zaščitne vodnjaške stene (6 vodnjakov) do potrebne višine na območju 5. prelivnega polja.
2. Izvedba izkopov II. gradbene jame in odvoz na začasno (levi breg) ali trajno deponijo.
3. Izvedba 5. prelivnega polja, strojnice, iztočnih sifonov, zgornje in spodnje desnobrežne ploščadi in ribje steze.
4. Sočasno z izvajanjem temeljnega dela strojnične zgradbe (prejšnja točka) izvedba tesnilnih del pod pregradnim delom objekta v II. gradbeni jami.
5. Izvedba dela 3-metrške stopnice za zaščito pred rinjenimi plavinami, ki leži znotraj gradbene jame.
6. Montaža hidromehanske opreme 5. prelivnega polja in začasnih zapornic vseh 3 pretočnih traktov na gorvodni in dolvodni strani strojnice.
7. Izvedba zaščite desne brežine znotraj II. gradbene jame (dolvodno, gorvodno).
8. Rušenje gorvodnega in dolvodnega dela zaščitne vodnjaške stene vključno z ločnimi priključki na steber V in vzpostavitev pretoka preko 5. prelivnega polja.
9. Odstranjevanje gorvodnega zaščitnega nasipa II. gradbene jame vključno z zgornjim delom 3 vodnjakov, situiranih v osrednjem delu (bivše) rečne struge. Spodnji del teh treh vodnjakov se ohrani in služi kot stopničasta zaščitna pred vnosom rinjenih plavin in plavja v pretočne trakte HE.
10. Odstranjevanje dolvodnega zaščitnega nasipa II. gradbene jame.
11. Začetek polnjenja bazena.

#### **3.1.4 Prelivni objekt**

##### **3.1.4.1 Prva gradbena jama na levem bregu Save**

Gradbena jama I je bila formirana na obstoječi inundaciji, na levem bregu Save in se je varovala na 20-letno vodo ( $Q_{20}=2730 \text{ m}^3/\text{s}$ ). V levi, prvi gradbeni jami je bil izveden levi del jezovne zgradbe s štirimi prelivnimi polji. Gradbena jama je bila v rečni strugi zaščitena z betonsko obodno steno, obod gradbene jame pa je bil varovan s tesnilno zaveso izvedeno na dolvodnem nasipu in ločnim zidom izvedenim na gorvodni strani gradbene jame. Zaradi zožanja struge Save je bilo potrebno na desnem bregu Save, ob glavni cesti G 1-5 v času izvedbe prve gradbene jame izvedla zaščitno oblogo iz kamnov v betonu.

Izvedba gradbene jame je potekala sočasno na gorvodni in na dolvodni strani. Najprej se zaradi povečane erozivne moči reke izvede zaščitna obloga desnega brega. Sledi izvedba betonskega obodnega zidu iz vodnjakov na robu levega inundacijskega področja. Zapiranje gradbene jame na dolvodni strani se izvede z zaščitnim nasipom, na gorvodni strani pa z betonskim ločnim zidom.

Kljub izvedeni tesnitvi gradbene jame se je pričakoval dotok podtalnice in zaledne vode v gradbeno jamo, zato je potrebno vzpostaviti ustrezen črpalni sistem, ki bi obvladoval dotoke vode v gradbeno jamo in omogočil kontinuirano, nemoteno delo.



**Slika 6:** Izvedba prve gradbene jame, formirane na levem bregu Save



**Slika 7:** Prva gradbena jama– zračni posnetek

Gradbeno jama I sestavljajo gorvodni ločni zid, betonski obodni zid in dolvodni priključni nasip.

#### Betonski obodni zid

Obodni zid gradbene jame je bil predviden na območju struge reke Save. Izvedel se je v obliki vodnjakov premera 6.00 m, ki skupaj z vmesnimi deli enake debeline tvorijo masivno betonsko monolitno konstrukcijo. Izvedenih je bilo 21 vodnjakov na osni razdalji 12 m in 20 vmesnih delov med vodnjaki, tako da je skupna dolžina obodnega zidu znašala 246 m. Temeljenje vodnjaškega zidu se je izvedlo na koti ca 151 m.n.m., kar pomeni ca 0.5 do 2 m pod obstoječim nivojem dna Save oz. terena. Vodnjaki so bili v dnu dodatno sidrani v hribinsko podlago. Trije vodnjaki na gorvodni strani in pet na dolvodni, ki bodo služili namenu pri obeh gradbenih jamah, pa so bili zaradi izmenične obremenitve z ene in druge strani sidrani na obeh straneh (vzhodni in zahodni).

Kota vrha obodnega zidu je na gorvodnem delu 157.8 m.n.m., na dolvodnem pa 157.0 m.n.m.. Nad masivno betonsko monolitno konstrukcijo vodnjaške stene, sestavljeno iz vodnjakov in vmesnih betonskih zidov, je bila izvedena armiranobetonska konzolna stena.

Krona konzolne stene na prvih dveh odsekih sledi nivoju masivnega zidu in je na gorvodnem delu na koti 162.3 m.n.m., na dolvodnem koncu pa na koti 161.5 m.n.m.. Na odseku visokovodnega preлива je kota krone konzolne stene na koti 161.0 m.n.m., na zadnjem dolvodnem odseku, ki je na koti 162.0 m.n.m., pa se konzolna stena spusti do nivoja masivnega dela obodnega zidu in predstavlja zaščito dolvodne nasute pregrade. Debelina zidu v dnu je 0.9 m, na kroni pa od 0.54 m (pri višini 4.5 m) do 0.46 m (pri višini 5.5 m).

Ob zunanjem robu masivnega zidu je bila izvedena armiranobetonska greda višine 1,0 m, ki je služila fiksiranju sidrnih glav, hkrati pa omogočala tudi sodelovanje in raznos sile pri sidranju zidu. Greda predstavlja tudi spodnji del konzolne stene.

Zaradi potrebne stabilnosti obodnega zidu pri maksimalnem vodnem pritisku se je na dolžini zidu 214 m, na armiranobetonski gredi, na vodni strani izvedlo sidranje s prednapetimi sidri na medsebojni osni razdalji 2 m. Sidra so se začela 4 m od začetka vodnjaške stene in končala 28 m pred njenim zaključkom. Sidranje se ni izvajalo na dveh odsekih, kjer sta potekali prelomni coni. Izvalala so se sidra dolžine od 29 m do maks. 35 m.

Za zagotovitev nepropustnosti stika med obodnim zidom in hribinsko podlago se je izvajalo kontaktno injektiranje v osi vodnjakov skozi vrtine na osni razdalji 1,5 m. Vrtine so se izvajale ca 2 m v hribinsko podlago.

#### Priključni nasip s tesnilno zaveso

Nasuti del oboda gradbene jame je bil predviden kot nadaljevanje betonskega obodnega zidu na dolvodni strani gradbene jame. To je zaščitni nasipi višine 5 do 6 m. Nagib brežin je 1:1.5 do kote 155.0 m.n.m., na kateri se izvede berma širine 3 m, med koto 155.0 m.n.m. in do vrha krone nasipa pa je nagib 1:1.8. Krona nasipa je bila na 163.3 m.n.m.. Širina krone nasipa je 4.0 m. Tesnitev zaščitnega nasipa je bila izvedena po celotnem obodu gradbene jame s tehnologijo (jet-grouting), ki je segal skozi nasip in gramozni zasip do neprepustne podlage – izvedba tesnilne zaveso.

#### Gorvodni ločni zid

Gorvodno od vodnjaške stene prve gradbene jame se je izvedel ločni zid (pregrada) z radijem 47 m, ki se na rečni strani nasloni na 1. steber vodnjaške stene, na zaledni strani (ob železnici) pa na masiven betonski blok tlorisnih dimenzij 9 x 6 m. Masiven betonski blok se je v temelju

prilagajal koti matične (dolomitne) hribine. Višina masivnega betonskega bloka je znašala med 6.4 in 4 m.

Kota krone ločnega zidu je bila 162.30 m.n.m., debelina v temelju in spodnjem delu (višine 2.8 m) je bila 1.25 m, debelin v zgornjem delu, na višini 3.5 m pa je bila 1.00 m. Zid se je temeljil na plast podložnega betona debeline 0.5 m, pod katero se je izvedlo še kontaktno injektiranje do globine 2 m pod teren.

Masivni betonski blok se je proti železnici nadaljeval v zasip proti železniškemu nasipu, ki je na koti 162.80 m.n.m.. V podaljšku ločnega zidu se je v zasipu proti železnici in pod njo izvedlo še jet-grouting injektiranje do manj prepustne podlage, ki je zagotavljalo tesnitev gradbene jame. Zgornji rob tesnilne zavese je bil na koti 162.30 m.n.m..



Slika 8: Ograditev gradbene jame: betonski obodni zid in dolvodni priključni nasip s tesnilno zaveso

### 3.1.4.2 Prelivni objekt

Prelivni objekt je dilatirana armiranobetonska konstrukcija s petimi prelivnimi polji širine po 15 m, ki so med seboj ločena s stebri širine 3.00 m. Prva tri prelivna polja so s celotno širino

in dolžino situirana na levo obrežni poplavni ravnici, četrto je v območju roba obstoječe struge (brežina osnovne struge Save) in peto na skrajnem levem robu današnje rečne struge.

Polja so sestavljena iz natočnega dela do krone preliva na koti 153.30 m.n.m, zaokroženega prelivnega praga ( $r = 5.0$  m), ki v spodnjem delu preide v premo do najnižje točke na koti 145.09 m.n.m, podslapja s protitočnim naklonom dna, ter utrditve dna za podslapja v dolžini 36.34 m, kjer se poglobljeni del priključi na poglobljeno korito reke na koti 151.00 m.n.m.. Na poljih so nameščene segmentne zapornice z zaklopko, skupne višine 11.12 m, z radijem segmenta 11.00 m, radijem zaklopke 6.50 m in vertikalno višino zaklopke 2.95 m.

Skupna dolžina prelivnih polj v smeri prečno na rečni tok je 93 m, v smeri rečnega toka pa 56.85 m. Najnižja točka temeljenja gorvodnega zoba je 143.30 m.n.m. in najvišja kota (gorvodne) premostitvene konstrukcije za žerjavno progo je 166.00 m.n.m.



**Slika 9:** Prelivni objekt: štiri prelivna polja

Dimenzije podslapij so bile določene tako, da omogočajo učinkovito delovanje v večini realnih obratovalnih manevrov. Osnovne karakteristike podslapja so:

dolžina koritastega dela podslapja	25.30 m
• dolžina koritastega dela podslapja vključno s peto	26.80 m
• najnižja kota dna podslapja	145.09 m.n.m.
• kota dna podslapja na koncu koritastega dela	148.30 m.n.m.
• kota dna osnovne struge na iztoku iz podslapja	151.00 m.n.m.
• naklon dna podslapja	5.0 °
• dolžina uravnanega in poglobljenega izteka podslapja na koti 148.30	13.20 m
• dolžina povezovalne rampe poglobljenega dela in osnovne struge	15.00 m

Glavna elementa spodnjega dela konstrukcije prelivnih polj sta masiven armiranobetonski zob in grba prelivnega praga, ki se zaključuje v najnižji točki podslapja. Temeljni zob zagotavlja dodatno varnost na zdrs, prelivni prag s svojo značilno grbasto obliko pa optimalno prelivno sposobnost. Med zobom in temenom praga poteka na koti 146.10 vzdolž vseh prelivnih polj kontrolni in drenažni hodnik, ki je dostopen preko stopnišča v levem krilnem zidu strojnice oziroma šestem stebri prelivnih polj. Gorvodno od prelivnega praga je v bazenu še armiranobetonski natočni del, ki sega gorvodno do linije zaključka stebrov prelivnih polj.

Dolvodni del temeljne konstrukcije prelivnih polj predstavlja 25.3 m dolgo podslapje s protitočnim naklonom dna 5%, ki se v hribino zaključuje z zaščitnim zobom, s katerim je preprečena morebitna erozija temelja kot posledica odrinjenega vodnega skoka. V podslapju vsakega prelivnega polja je razmeščenih po pet razbijačev višine 3 m in sicer po trije v prvi in po dva v drugi vrsti. Na dolvodnem koncu podslapij je na vmesnih stebrih predviden prostor (utor) za plavajoče remontne zapornice s pripadajočo hidromehansko opremo.



**Slika 10:** Gradnja natočnega dela prelivnih polj

Zgornji del konstrukcije prelivnih polj predstavljajo stebri debeline 3 m, ki na delu gorvodno od podaljšane osi gonilnika (pregrade) nosijo tako osnovne segmentne kot tablaste remontne zapornice. Vzdolž podslapja se stebri prelivnih polj znižajo z 10 m na začetku na višino 7.5 m nad dnom podslapja na dolvodnem zaključku.



**Slika 11:** Gradnja stebrov prelivnih polj

Gorvodno od segmentne zapornice je preko stebrov prelivnih polj položena mostna konstrukcija za žerjavno progo, ki služi montaži, obratovanju in vzdrževanju tramovnih zapornic na prelivnih poljih.

Celotna površina prelivnega praga, podslapja z zaključnim pragom ter spodnji del stebrov prelivnih polj je obložena z abrazijsko odpornim betonom debeline najmanj 0.30 m. Razbijači so v celoti iz tega betona.

V primarnem betonu so predvideni tudi prostori za montažo nosilnih ležajev segmentnih zapornic in ležišč z prijemališč hidravličnih servomotorjev z vgrajenimi sidrnimi palicami in ploščicami. Na koti 166.00 m.n.m. so prelivna polja premoščena z nosilci, ki nosijo žerjavno progo in po katerih potekajo kanali z električnimi kablji za razvod moči in signalizacijo ter razvod hidravličnega olja do pogonov hidromehanske opreme. Mostni nosilci so montažne izvedbe, kanali so po končani montaži do betonirani.

V utore z vgrajenimi sidrnimi ploščicami se montirajo tirnice portalnega žerjava. Mostovi - nosilci preko prelivnih polj so v vzdolžni meri zaščiteni s fiksno pritrjeno zaščitno ograjo.

Na kontaktu s strojnico in z levo obrežno priključno pregrado so dilatacijski stiki tesnjeni z gumijastimi tesnilnimi trakovi širine minimalno 30 cm za prevzem velikih deformacij. Dno struge je pred prelivnimi polji v dolžini 10,0 m zaščiten s težko skalometno oblogo. Teža posameznih kamnov je 200 do 500 kg/kom. Debelina sloja obloge je 1.00 m.

### **3.1.4.3 Preusmeritev reke Save**

Po končani izgradnji levega dela jezovne zgradbe v prvi gradbeni jami, se pričnejo izvajati dela za postopno preusmeritev toka preko štirih prelivnih polj.

V prvem koraku preusmerjanja reke Save je bila izvedena rušitev gorvodnega ločnega zidu in znižanje dolvodnega priključnega nasipa prve gradbene jame do kote 159.0 m.n.m., s transportom materiala na začasno deponijo, večinoma na levi breg, dolvodno od novega mostu in deloma v traso obvoznice-cestni nasip. Z znižanjem nivoja zaščite prve gradbene jame se je zagotovila preplavitve le-te ob nastopu visokih vod in s tem aktiviranja že izvedenih štirih prelivnih polj.

Sledila je ureditev dostopa in izvedba treh dodatnih vodnjakov na gorvodnem in treh na dolvodnem koncu bodoče druge gradbene jame. Po končani izgradnji dodatnih vodnjakov se je postopoma popolnoma odstranil najprej dolvodni nasip prve gradbene jame in nazadnje gorvodni ločni zid prve gradbene jame.

Zapiranje druge gradbene jame in s tem dokončna preusmeritev celotnega toka reke Save na štiri prelivna polja, se je nadaljevalo z izgradnjo nasipa na dolvodnem koncu v drugi gradbeni jami. Nato je sledila izgradnja gorvodnega zaščitnega nasipa druge gradbene jame, s čimer pa se je preusmeritev končala in začela so se dela v drugi gradbeni jami.



**Slika 12:** Rušitev gorvodne ločne pregrade leve gradbene jame in preusmeritev reke Save na prelivna polja



**Slika 13:** Zajezitev desne struge in preusmeritev reke Save na prelivna polja

### 3.1.5 Strojnica

#### 3.1.5.1 Druga gradbena jama – na desnem bregu Save

V drugi gradbeni jami je potekala gradnja petega prelivnega polja, strojnice in desno obrežnih servisnih površin (zgornje in spodnje dvorišče). Kot prva gradbena jama je tudi ta v rečni strugi zaščitena z betonsko obodno steno, proti dotoku podtalnice iz zaledja pa s tesnilno zaveso.

Izvedba druge gradbene jame se je pričela na dolvodnem koncu z izgradnjo dolvodnega zaščitnega nasipa in sicer najprej kot dostopna pot za izvedbo treh dodatnih zaščitnih vodnjakov ter v drugi fazi z dvigom nasipa do projektirane kote krone nasipa. Sledila je izvedba gorvodnega zaščitnega nasipa. V nadaljevanju gradnje pa se je porušil osrednji del zaščitnega obodnega zidu gradbene jame (6 vodnjakov) in sicer do potrebne višine za izdelavo petega prelivnega polja.

Zaščita gradbene jame se je izvedla z nasipi ter vodnjaki. Za namen zaščite II. gradbene jame se zato ohranijo 3 gorvodni in 5 dolvodnih vodnjakov I. gradbene jame. Zgornjo in spodnjo linijo ohranjenih vodnjakov se z ločnima konstrukcijama naveže na 5. steber prelivnih polj, ostale vodnjake pa se poruši do nivoja konture 5. prelivnega polja.

Kljub izvedbi tesnitve gradbene jame, se je tudi pri II. gradbeni jami pričakoval dotok podtalnice, ki naj bi bil odvisen od višine podtalnice in gladine reke Save. Tako precejno kot meteorno vodo je bilo potrebno prečrpavati iz gradbene jame. Dotok precejne vode je bil na osnovi primerljivih podatkov iz gradbene jame HE Boštanj ocenjen na največ 100 l/s za vsako posamezno gradbeno jamo. Izvajalec del si je moral tudi v drugi gradbeni jami, postaviti ustrezen črpalni sistem, ki naj bi obvladoval dotoke vode v jamo in omogočil kontinuirano delo. Zadnja stopnja črpalnega sistema (črpališče, s katerim se prečrpava voda v površinski vodotok) pa je morala biti opremljena z usedalnikom zadostne kapacitete.

Gradbeno jamo II sestavljajo gorvodni priključni nasip, betonski obodni zid in dolvodni priključni nasip.

#### Betonski obodni zid

Betonski obodni zid gradbene jame je bil sestavljen iz 5. stebra prelivnih polj na območju prelivnega objekta ter treh vodnjakov I. gradbene jame na gorvodni in petih na dolvodni strani. Vodnjaki so bili v dnu dodatno sidrani (glej opis pri I. gradbeni jami) in s stebrom prelivnih polj povezani z začasnima ločnima konstrukcijama. Kota krone obodnega zidu je na gorvodnem delu 157.8 m.n.m., na dolvodnem pa 156.0 m.n.m.. Nad to koto se je v višini 5.0 m izvedla armiranobetonska konzola.

#### Gorvodni in dolvodni priključni nasip druge gradbene jame

Nasuti del oboda gradbene jame je bil predviden kot nadaljevanje betonskega obodnega zidu na gorvodni in dolvodni strani gradbene jame. To so bili zaščitni nasipi višine ca 13 m na gorvodni in 11 m na dovodni strani. Nagib brežin je 1:1.5 do kote 155.0 m.n.m., na kateri se izvede berma širine 3 m, med koto 155.0 m.n.m. in do krone nasipa pa je nagib 1:1.8. Krona nasipa na gorvodni strani je na koti 163.9 m.n.m., na dolvodni pa na 162.3 m.n.m.. Širina

krone zaščitnih nasipov je 4.0 m. Tesnitev zaščitnih nasipov po celotnem obodu gradbene jame je predvidena s tehnologijo jet-grouting, ki sega skozi nasip in gramozni zasip do neprepustne podlage. Po končani gradnji objekta strojnice, se oba nasipa odstranita v okviru izkopov za natočni in iztočni objekt elektrarne.



**Slika 14:** Druga gradbena jama, formirana na desnem bregu Save



Slika 15: Druga gradbena jama – zračni posnetek

### 3.1.5.2 Strojnica

Strojnica obsega v spodnjem delu pod koto 155.80 m.n.m. tri pretočne trakte Kaplanovih turbin, v zgornjem delu pa glavno strojnično dvorano s komandnimi in pomožnimi prostori. Komandni in pomožni prostori so razmeščeni v treh etažah na gorvodni strani glavne dvorane in v prizidku na njenem desnem boku. V tem prizidku so tudi pokrit montažni plato, zaprto stikališče in mrežni transformator. Na gorvodni strani se strojnica v bazenu zaključi s kratkim natočnim pragom, na spodnji strani pa s sifonskim iztokom, ki se izteče v iztočno rampo. Na dolvodni strani strojnice poteka nad turbinskimi iztoki armiranobetonska žerjavna proga, ki je v osrednjem delu s stebri oprta na delilne zidove med turbinskimi iztoki, na koncih pa na krilna zidova (prelivnih polj in desnega brega). Dolžina osrednjega kubusa strojnice, ki obsega glavno strojnično dvorano in gorvodne pomožne prostore, je 59.10 m in širina 19.80 m. Najnižja kota temelja pod agregatom je 134.65 m.n.m., najvišja kota strešne konstrukcije pa 173.90 m n.m., skupna konstrukcijska višina je 39.25 m. Skupna dimenzija objekta v smeri rečnega toka je 106.10 m.

Priključek strojnice na brežini na gorvodni in dolvodni strani je izveden z razčlenjenima armiranobetonskima krilnima zidovoma. Oba zidova sta temeljena na dolomitni hribini. Gorvodni zid je na enem koncu naslonjen na strojnico, na drugem pa tlorisno pod kotom  $45^\circ$  na gorvodno brežino bazena. V podaljšku gorvodnega krilnega zidu poteka linija tesnilne zavese pregradnega profila, ki se zaključi na robu doline pod obstoječo cesto. Dolvodni desnoobrežni zid se z nivoja spodnjega dvorišča strojnice z naklonom zaledne brežine (cca  $27^\circ$ ) spusti do kote dna struge. Vtočna in iztočna rampa sta armiranobetonski plošči, ki povezujeta dno Save z dnom vtočnega oz. iztočnega dela pretočnega trakta. Rampi se proti desnemu bregu stikujeta s krilnima zidovoma. Med iztočno rampo agregatov in strugo Save je ca 1.5 m visok delilni zid, ki je vpet v talno ploščo iztočne rampe.

Turbinski del strojnice je situiran v osrednji del obstoječe struge Save, ostali prostori v nižjem prizidku pa stojijo na desnem bregu, ki je na gorvodni strani z nasutjem dvignjen približno 0.7 m nad nivo obstoječe ceste, ki je sedaj na koti ca 165.2 m.n.m.. Strojnica bo od nekoliko v breg pomaknjene (za ca 12 m) glavne ceste oddaljena ca 24 m.



**Slika 16:** Strojnica - druga gradbena jama

### Splošni opis z osnovnimi dimenzijami

Strojnica obsega v spodnjem delu pod koto 155.80 m.n.m. tri pretočne trakte Kaplanovih turbin, v zgornjem delu pa glavno strojnično dvorano s komandnimi in pomožnimi prostori.

Komandni in pomožni prostori so razmeščeni v treh etažah na gorvodni strani glavne dvorane in v prizidku na njenem desnem boku. V tem prizidku so tudi pokrit montažni plato, zaprto stikališče in mrežni transformator. Prizidek je z dilatacijskim stikom ločen od glavne stavbe strojnice, ki je za vse tri agregate monolitna konstrukcija. Na gorvodni strani se strojnica v bazenu zaključuje s kratkim natočnim pragom, pod katerim je kontrolni hodnik, na spodnji strani pa s sifonskim iztokom, ki se izteče v iztočno rampo. Na dolvodni strani strojnice poteka nad turbinskimi iztoki armiranobetonska žerjavna proga, ki je v osrednjem delu s stebri oprta na delilne zidove med turbinskimi iztoki, na koncih pa na krilna zidova (prelivnih polj in desnega brega).

Dolžina osrednjega kubusa strojnice, ki obsega glavno strojnično dvorano in gorvodne pomožne prostore, je 59.10 m in širina 19.80 m. Tlorisne dimenzije prizidka na desnem boku so 26.30 m x 19.80 m. Najnižja kota temelja pod agregatom je 134.65 m.n.m., najvišja kota strešne konstrukcije pa 173.90 m.n.m., skupna konstrukcijska višina je 39.25 m. Armiranobetonski del gorvodnega natočnega praga je v smeri toka dolg 4.85 m, iztočna rampa med kotama 138.00 m.n.m. in 150.05 m.n.m. pa 50.55 m. Skupna dolžina objekta v smeri rečnega toka je 106.10 m.

#### Temeljenje

Temeljna tla na območju jezovne zgradbe so bila sestavljena iz dolomita z različno stopnjo porušenosti (razpokanosti). Na osnovi geofizikalnih raziskav je bilo ugotovljeno območje srednje porušenega dolomita, ki sega do nekaj metrov (kota 135 m.n.m.) pod nivo temeljenja strojnice in desnega dela prelivnih polj, na območju levega dela prelivnih polj, kjer se sekajo vzdolžni in prečni prelomi, pa je dolomit srednje porušen do globine 15 m pod koto temeljenja. Na dolomitni podlagi je bilo v dnu pregradnega profila (in celotne doline) lokalno odloženih do nekaj metrov prodnih naplavin, posamezna območja pa so bila tudi brez njih (razgaljena dolomitna podlaga). Na bokih doline so bile odložene plasti pobočnega grušča, ki je bil na levem bregu debel do 10 m, na desnem pa le do 3 m.

Strojnica je masivni betonski blok s Kaplanovimi turbinami, temeljen na koti 135,5 m.n.m.. Na masivnem delu temelji hala stojnice s stebri v rastru 6.5 m, z nosilcem žerjavne proge na koti 170.0 m.n.m., ter montažno streho. Žerjav je nosilnosti 100 t.

#### Tip konstrukcije

Od temeljne ploskve do kote 155.75 m.n.m. na območju strojnice in do kote 166.00 m.n.m. nad turbinskimi vtoki je zgradba masivni monolitni armiranobetonski blok z dovodi do turbin, sifoni in turbinskimi iztoki, turbinskimi jaški in utori za tablaste pomožne zapornice na turbinskih vtokih. Sifoni s turbinskimi iztoki so izvedeni v armiranem betonu. Z jekleno oblogo so obloženi konusni deli pod turbinskimi tekači ter spodnji del turbinskih jaškov. V primarni beton so vgrajeni elementi za sidranje in centriranje oblog in fiksnih delov turbine. V primarnem betonu tega dela strojnice so izpuščeni utori za vgradnjo vbetoniranih delov rešetk turbinskih vtokov, pomožnih tablastih zapornic na vtokih, pomožnih tablastih zapornic na turbinskih iztokih, tirnic portalnega žerjava ter tirnic dvigalnega mehanizma tablastih zapornic na turbinskih iztokih. V primarni beton so se vgradili tudi cevni vodi za praznjenje turbinskih vtokov in sifonov; obloge vstopnih jaškov v turbinske vtoke ter ostali cevovodi. Po vgraditvi fiksnih delov hidromehanske opreme in fiksnih delov turbinske opreme so se utori oziroma izpusti v primarnem betonu zabetonirali z zalivnim neekspanzivnim in neskrčljivim betonom. Stiki med primarnim in sekundarnim betonom turbinskih jaškov in sifonov so tesnjeni s PVC tesnilnimi trakovi. S PVC tesnilnimi trakovi so se zatesnili tudi delovni stiki objekta v stiku z zgornjo in spodnjo vodo, ter stiki na kontrolno injekcijski galeriji.

Strojnična stavba je nad etažo strojnice na koti 155.75 m.n.m. visoka zgradba s polno armiranobetonsko stransko steno na strani prelivnih polj ter z armiranobetonskimi stebri in nosilci na gorvodni in dolvodni strani. Polja med stebri dolvodne strani so polno zabetonirana za prevzem horizontalnih vzdolžnih obtežb mostnega žerjava, ki ima tirnice vgrajene na primarno v betonirane dele v beton žerjavove proge. Gorvodni nosilec žerjavne proge dimenzij 150 x 150 cm in dolvodni nosilec dimenzij 100 x 100 cm imata zgornjo površino na koti 170.00 m.n.m.. Prečne horizontalne sile žerjava se z dolvodne žerjavne proge preko zgornjega dela stebrov in stropnih nosilcev prenašajo v armiranobetonsko konstrukcijo

gorvodnega dela strojnice. Izvedeni so montažni stropni nosilci z vstavljenimi armaturo za monolitni spoj s stebri strojnice oziroma z zgornjim obodnim nosilcem strojnice.

V nadaljevanju sledi podrobnejši opis posameznih sklopov objekta strojnice.

#### Monolitni spodnji del - pretočni trakt

Vzdolž pretočnega trakta posameznega agregata si od gorvodne strani sledijo z rešetkami zaščitena in z vmesnim stebrom debeline 1.5 m predeljena vtočna odprtina svetlih dimenzij dvakrat po 7.25 m x 11.80 m, vertikalna tramovna zapornica za zapiranje pod delnim pretokom, turbinska spirala, sifonski in difuzorski del. Za difuzorjem je nameščena tablasta zapornica, ki je v času obratovanja dvignjena do nivoja spodnjega platoja. Pod pretočnim traktom potekata v konstrukciji vzdolž strojnice (prečno na rečni tok) dva hodnika in sicer kontrolno-injekcijska galerija pod zaključnim delom natočnega praga (kota dna 145.10 m.n.m.) in dostopni hodnik gradbenih drenaž znotraj strojnice cca 3 m gorvodno od osi agregata (kota dna 136.50 m.n.m.). Dostop do kontrolno-injekcijske galerije pod natočnim pragom je po stopnišču v delilnem stebri 1. in 2. agregata. Po galeriji vodi nato smer dostopa do delilnega stebra med prelivnimi polji in strojnico, v katerem se stopnišče z eno ramo spusti do vzdolžnega hodnika gradbenih drenaž v temelju konstrukcije. V stebri med prelivnimi polji in strojnico je tudi povezava kontrolno-injekcijskih galerij pod strojnico in pod prelivnimi polji. Na desni strani glavnega objekta strojnice sta dva večja materialna jaška za dostopa do hodnika pod natočnim pragom in hodnika pod agregatom, v stebri med 1. in 2. agregatom pa je še manjši jašek.

Betonske konstrukcije so se izvajale v natančni točnosti dimenzij, oblike ter gladkosti površine pri vseh betonih natokov na turbini, posebno pa turbinskih sifonov ter iztokov. Natočni prag je bil dvignjen do kote 154.60 m.n.m. in je tako za 1.3 m višji od krone prelivnega praga prelivnih polj (kota 153.30 m.n.m.), kar omogoča remont rešetk pri praznem bazenu in pretokih Save do cca 200 m<sup>3</sup>/s. Vsak turbinski vtok je z vertikalno steno razdeljen na dva simetrična razpona. Vertikalna stena, ki služi za vmesno podporo, je na mestu pomožnih zapornic prerezana, ker so zapornice enodelne.

Za praznjenje turbinskih natokov v sifon ter sifonov v drenažni jašek so v primarni beton vgrajene jeklene cevi. Tudi turbinski iztoki so s srednjo vertikalno steno razdeljeni na dva razpona. Stena služi za vmesno podporo zapornicam turbinskih iztokov. Ta del odvodnega kanala ima dno zaščiteno z armiranobetonsko ploščo debeline 2.0m. Pod to ploščo se drenažni sistem strojnice nadaljuje do zaključne pete plošče. Od tu se odvodni kanal nadaljuje v liniji desnoobrezne zaščite do priključka v strugo Save.

Drenaža objekta strojnice je predvidena z vzdolžnimi kolektorji ter prečnimi povezavami na osni razdalji 8.00 m. Drenažne cevi so profilov 2 x 150 mm na začetnem delu in 1 x 250 mm na zaključnem delu. Vzdolžni kolektorji so na gorvodni strani priključeni na injekcijsko galerijo, kjer je na povezovalno cev možno priključiti vodo za izpiranje drenažnega sistema v času injektiranja injekcijske zavese in kontaktnega injektiranja spoja objekta s terenom.

Pred začetkom betoniranja so se namestili tudi sistemi za merjenje vzgonskih tlakov na temelje objekta. Kape za merjenje vzgona so s spodnje strani zaščitene s filtrom enake izvedbe kot pri drenažnih ceveh, ki preprečuje vnašanje peska v merski sistem. Spojne cevi od merskih kap do injekcijsko kontrolne galerije so pocinkane. Položene so tako, da se od merskih kap do galerije dvigajo v vzponu najmanj 2 %.

V dnu kontrolno-injekcijske galerije strojnice so v primarni beton vgrajene na razmaku 1,5 m poševno v nagibu 150 od vertikale PVC cevi Ø 100 mm za kontaktno injektiranje spoja objekt - podloga.



**Slika 17:** Gradnja spodnjega monolitnega dela- pretočnega trakta

#### Osrednji del z glavno dvorano

V osrednjem delu se na koti 155.75 m.n.m v glavni dvorani nahajajo zvezdišča treh agregatov, naprave hladilnega sistema in naprave turbinske regulacije. Na gorvodni strani poteka vzdolž objekta kabelski hodnik širine 2 m, ki je na tem nivoju tudi osrednja komunikacijska pot med strojnico in prizidkom. Med posameznima agregatoma sta stopnišči 1 in 2 za komunikacijo z zgornjima nivojema objekta in levo od 2. agregata kompresorska postaja. Na skrajnem levem gorvodnem vogalu objekta je še prostor, namenjen upravljanju zapornic prelivnih polj. Na koti 159.95 m.n.m., so gorvodno od agregatov trije prostori za namestitev opreme za vzbujanje, komande in lastno porabo agregatov, dve skladišči, arhiv ter povezovalna stopnišča za spodnjo in zgornjo etažo. V tretji etaži na koti 164.15 m.n.m. so gorvodno od glavne hale po vrsti razmeščeni bazen tehnološke vode, prostor za akumulatorsko baterijo, naprave enosmerne lastne porabe, stopnišče 1, transformator lastne porabe za NN, stopnišče 2, prostor za telekomunikacije in osrednja komandna soba HE. Na koti 170.00 m.n.m. poteka vzdolž glavne dvorane žerjavna proga širine 13.1 m z mostnim žerjavom nosilnosti 100 t.



**Slika 18:** Gradnja osrednjega dela – trije agregati in peto prelivno polje

V glavni strojnični dvorani so nameščeni trije agregati s Kaplanovimi turbinami z vertikalno gredjo, ki so direktno spojeni z generatorjema.

Odvod električne energije od generatorjev do transformatorja, ki se nahaja v prizidku, je kabelski. Kabli potekajo pod tlakom kabelskega hodnika na gorvodni strani glavne dvorane. Na gorvodni strani je vzdolž armiranobetonske masivne stene turbinskih vtokov predviden zračni prostor, ki preprečuje eventualno vlaženje prostorov na vseh etažah komandnih in pomožnih prostorov. Eventualno pronikla voda se zbira v vzdolžni kineti in je odvodnjena v kontrolno injekcijsko galerijo pod prelivnim pragom. Gorvodne stene pomožnih prostorov so izvedene v obliki sendviča. Na predhodno v primarni beton vbetonirane sidrne ploščice so pritrjene montažne tanke armiranobetonske plošče, na katere je izvedena vertikalna hidroizolacija. Na notranji strani je nato pozidan opečni zid iz modularne opeke in ometan z grobim in finim ometom. Na dolvodni strani glavne dvorane ima vzdolžni hodnik enako tamponsko funkcijo v smislu prestrezanja eventualne pronikle vode v času visokih vod.

Ravna streha je iz montažnih armiranobetonskih PI nosilcev. Nosilci so montirani v padcu 2 % proti dolvodni strani strojnice. Izolirana je z varjenimi bitumenskimi trakovi, ekstrudiranim polistirenom 12 cm prekritim s PES filcom in pranim prodcem. Enako je izveden tudi strop in izolacija nad prizidkom montažnega platoja. Med strojnico in prizidkom montažnega platoja je na hidroizolaciji izveden dilatacijski stik. Enako je izvedena tudi izolacija strehe nad pomožnimi prostori nad turbinskimi vtoki.

Predelne stene pri garderobi in sanitarijah so enako kot stena med glavno komando in montažnim platojem zidane z opeko in ometane. Vse betonske notranje stene so prepleskane z barvo za beton, ometane stene pa z disperzijsko barvo. Vsa okna so aluminijasta, dvojno zastekljena. Okna na strojnici so fiksna. Vrata so montirana v kovinske mokro montirane podboje. Zunanja vrata so kovinska in toplotno izolirana. Stopniščna vrata v strojnici so protipožarna, enako kot vrata med komandnim prostorom in stikališčem.

#### Prizidek na desnem bregu

Glavni namen prizidka na desnem bregu je zagotovitev pokritega montažnega platoja ter zaprtih prostorov za mrežni transformator in stikališče. Spodnji del objekta pod koto dolvodnega platoja 163.00 m.n.m. je namenjen predvsem kabelskim povezavam agregatov s transformatorjem in oljni lovilni jami transformatorja. V višjem delu prizidka, ki je zaradi enakih gabaritov vizualno zlit z glavnim objektom, se nahajajo pokrit montažni plato dimenzij 13.7 m x 15.6 m ter prostora za mrežni transformator in GIS stikališče, vsi višine 8.0 m. V nižjem gorvodnem delu prizidka so v dveh etažah razporejeni pomožni prostori; spodaj diesel agregat (zavzema dve etaži), delavnica in skladišče, zgoraj pa stranišča, kopalnica, garderoba in čajna kuhinja.

Vstopna harmonika vrata v strojnico oziroma na pokrit montažni plato dimenzij 680 x 595 cm z osebnim prehodom 100 x 200 cm so nameščena na dolvodni fasadi prizidka. Predvidena so termoizolirana vrata iz jeklene pločevine z dvojnimi tesnjenjem. Z montažnega prostora so poleg vhoda v prostore na koti 163.00 m.n.m. predvidene še kovinske stopnice na koto 159.95 m.n.m..

Na robu montažnega prostora je varnostna ograja iz jeklenih cevi. Srednji del ograje je v dolžini 5 m demontažne izvedbe. Tlak montažnega prostora in tlak strojnice na koti 166.15m.n.m. je epoksidni. Betonski tlaki pod navedeno koto so obdelani s premazom za betonske površine.

#### Gorvodna stran

Gorvodno od objekta strojnice po njeni celotni dolžini in naprej preko prelivnih polj poteka vozna proga žerjava, samo vzdolž strojnice pa še proga čistilnega stroja. Prva je namenjena montaži, obratovanju in vzdrževanju opreme na gorvodni strani pregrade, t.j. vtočnih rešetk, zapornic na turbinskih vtokih in prelivnih poljih, druga pa obratovanju čistilnega stroja. Progi imata eno skupno tirnico, sta na koti 166.00 m.n.m. in se na desnem bregu obe, na levem pa le žerjavna, iztečeta v razširjene platoje na isti koti 166.00 m.n.m.. V zvezi z dejavnostjo čistilnega stroja je na desno obrežnem gorvodnem platuju predvidena manjša začasna deponija plavja, ki ga je zaradi pomanjkanja prostora treba sproti odvažati. Na levem bregu je na gorvodni strani deponija gorvodnih zapornic za prelivna polja.

#### Dolvodna stran

Nad turbinskimi iztoki se na koti 163.65 m.n.m. nahajata nosilca dvižne naprave tablastih zapornic turbinskih iztokov. Oba nosilca imata prigrajeno konzolno ploščo - hodnik, zavarovan s cevno ograjo. Na koti 155.80 m.n.m. sta na gorvodni in dolvodni strani utora za zapornico turbinskih iztokov na razponu nad 3. agregatom predvidena nosilca - podesta, ki omogočata vzdrževanje tablastih zapornic. Dostop na podesta je z vertikalno jekleno lestvijo ob desnem dolvodnem krilnem zidu elektrarne. Podesti in dostopi so zaščiteni s cevnimi ograjami. Po nosilcih na koti 163.65 m.n.m. poteka vzdolž celotne dolžine strojnice žerjavna proga širine 3.10 m, namenjena montaži, obratovanju in vzdrževanju zapornic difuzorjev.

Deponija plavajočih zapor (za zapiranje podslapij) se nahaja na dolvodnem levo obrežnem platuju na koti 163.00 m.n.m.. Od te lokacije je po brežini predviden tudi dostop v strugo za splavljanje plavajočih zapor.

### Krilni zidovi, natočna in iztočna rampa

Priključek strojnice na brežini na gorvodni in dolvodni strani je izveden z razčlenjenima armiranobetonskima zidovoma – krilna zidova. Oba zidova sta temeljena na dolomitni hribini. Gorvodni zid je na enem koncu naslonjen na strojnico, na drugem pa tlorisno pod kotom  $45^\circ$  na gorvodno brežino bazena. V podaljšku gorvodnega krilnega zidu poteka linija tesnilne zavese pregradnega profila, ki se zaključi na robu doline pod obstoječo cesto. Dolvodni desnoobrežni zid se z nivoja spodnjega dvorišča strojnice z naklonom zaledne brežine (cca  $27^\circ$ ) spusti do kote dna struge.

Vtočna in iztočna rampa sta armiranobetonski plošči, ki povezujeta dno Save z dnom vtočnega oz. iztočnega dela pretočnega trakta. Rampi se proti desnemu bregu stikujeta s krilnima zidovoma. Med iztočno rampo agregatov in strugo Save je ca 1.5 m visok delilni zid, ki je vpet v talno ploščo iztočne rampe.

## **4 IZVAJANJE GRADNJE TEHNOLOŠKO ZAHTEVNEGA OBJEKTA V SPREMENJENIH RAZMERAH GLEDE NA IZHODIŠČNI PLAN**

### **4.1 POSPEŠENA GRADNJA JEZOVNE ZGRADBE ZARADI ZAMUD PRI IZGRADNJI SPREMLJAJOČIH OBJEKTOV**

Zaradi ozke doline, nedostopnosti levega brega, omejenega prostora za ureditev gradbišča, bližine glavne ceste in železnice, ter globokih izkopov v močno pretrti dolomitni hribini je bila gradnja HE Krško zahtevnejša v primerjavi z drugimi že zgrajenimi elektrarnami na spodnji Savi.

Glavne štiri faze gradnje so se ves čas gradnje med sabo prekrivale, vendar pa bi morale biti terminsko usklajene, saj so pogojevale nadaljevanje gradnje posameznih faz HE Krško in s tem zagotavljanje, doseganje zastavljenih rokov dokončanja objekta.

Glavni trije mejniki, ki prikazujejo nujnost terminsko usklajene, fazne gradnje, so bili:

1. Gradnja mostu bi mora biti zaključena pred začetkom izvajanja del na jezovni zgradbi HE Krško
2. Izvedba štirih prelivnih polj v I. gradbeni jami mora biti zaključena pred začetkom izvedbe II. gradbene jame zaradi preusmeritve toka Save iz obstoječe struge, v kateri se formira druga gradbena jama skozi štiri prelivna polja I. gradbene jame
3. Prestavitev cestnega odseka glavne ceste G1-5 in gradnja krožnega križišča obvoznice mora biti izvedena pred začetkom glavnih zemeljskih del v II. gradbeni jami, saj obstoječa deviacija glavne ceste poteka po robu izkopa II. gradbene jame, s prestavitvijo glavne ceste G1-5 pa je pogojen tudi gradbiščni priključek - dostop za II. gradbeno jamo.

#### **4.1.1 Gradnja mostu obvoznice Krško**

Gradnja mostu obvoznice čez Savo pri HE Krško bi se morala zaključiti pred začetkom aktivnosti del v prvi in drugi gradbeni jami gradbišča HE Krško. Izveden most obvoznice čez

Savo bi v prvih letih obratovanja služil izključno kot gradbiščni most hidroelektrarne HE Krško kasneje, ko bo v celoti zgrajena obvoznica pa bo služil prvotnemu namenu.

Gradnja jezovne zgradbe HE Krško se je začela novembra 2007, ko bi izvajalec del moral začeti s pripravljalnimi deli na levem bregu Save, formiranjem gradbišča in ograditvijo prve gradbene jame. Ker pa gradnja mostu obvoznice čez Savo še ni bila končana, izvajalec jezovne zgradbe HE Krško ni imel dostopa do levega brega Save, ravno tako pa ni bilo možnosti priključitve gradbišča na energetska infrastrukturo, ki je bila predvidena z inštalacijami mostu.

Kljub temu se je na levem bregu Save začelo formirati gradbišče HE Krško in začele so se aktivnosti za ograditev prve gradbene jame. Sledile so spremembe projekta, ki so do dokončanja mostu obvoznice Krško omogočale, da so se dela v prvi gradbeni jami sploh začela, istočasno pa so spremembe pri vodenju celotnega projekta zagotavljale, da bo zaključek del v prvi gradbeni jami do julija 2009.

**Preglednica 3:** Prikaz prvih sprememb pri vodenju projekta zaradi zamujanja gradnje mostu obvoznice čez Savo

<b>GRADNJA MOSTU ČEZ SAVO</b>		
<b>Aktivnosti pri napredovanju del, ki bi morale biti zagotovljene</b>	<b>Sprememba aktivnosti zaradi zamud pri gradnji mostu čez Savo</b>	<b>Posledice</b>
Most bi zagotavljal dostop do gradbišča, formiranega na levem bregu Save in prve gradbene jame jezovne zgradbe	Izvedba nove začasne dostopne poti na levem bregu Save, po trasi bodoče obvoznice Krško	Strošek začasne izvedbe nove dostopne poti, daljša transportna pot in spremenjeni vplivi gradbišča na okolico
Formiranje gradbišča za potrebe izgradnje HE Krško na levem bregu Save	Gradbišče se ne more formirati, saj je predvideno na nasutem platoju novozgrajenega mostu, ki je istočasno trajna deponija izkopanega materiala. Zato začasna koordinacija gradbišča poteka na platoju gradbišča HE Blanca.	Oteženo vodenje gradbišča, daljša transportna pot režijskih delavcev, zamuda pri izvedbi izkopov, saj se izkopani material ne more deponirati na trajno deponijo - gradbiščni plato pred novozgrajenim mostom
Izgradnja energetske infrastrukture za potrebe izvajanja gradnje in gradbišča (NN napetost in vodovod)	Ker so se aktivnosti pri izkopih gradbene jame začele izvajati že v poglobljenem delu gradbene jame, jama pa je že tesnila je bilo potrebno formiranje črpališča. Za potrebe napajanja črpališča z NN napetostjo je izvajalec morali začasno napajanje črpališča.	Izjemno oteženo izvajanje izkopov, ki potekajo v vodi, saj formiranje črpališča, ki se napaja na agregate ni zadostno. Izvedba začasnega napajanja črpališča z NN napetostjo TP RORE, pa je dodaten strošek tako z izvedbo kot z potrebno dokumentacijo.

#### **4.1.2 Izvedba štirih prelivnih polj v prvi gradbeni jami in preusmeritev toka Save**

Intenziteta del v prvi gradbeni jami je pospešeno napredovala. Kljub začetnim oteženim pogojem zaradi zamujanja pri gradnji mostu čez Savo in izjemno oteženimi pogoji gradnje zaradi stalnih dotokov vode v gradbeno jamo so se dela v prvi gradbeni jami pravočasno končala. Gradbišče se je formiralo na nasuti ploščadi levega brega Save, z vso potrebno energetsko infrastrukturo, izvedena so bila štiri prelivna polja z izobešenimi zapornicami, in začele so se pospešene aktivnosti za preusmeritev reke Save.

Začetek postopne preusmeritve reke Save se je začel julija 2009 z rušitvijo zaščite prve gradbene jame, sledila je izvedba treh dodatnih vodnjakov na gorvodni in treh na dolvodni strani bodoče druge gradbene jame, na desnem bregu reke Save. Vse te aktivnosti so se izvajale z levega brega, na območju prve gradbene jame.

Za popolno prestavitev reke Save na štiri prelivna polja prve gradbene jame, pa je bilo potrebno tudi vzporedno zapiranje druge gradbene jame in s tem izgradnja gorvodnega zaščitnega nasipa druge gradbene jame. Nujno so se morale začeti aktivnosti v drugi gradbeni jami, ki pa ni imela dostopa saj prestavitev glavne ceste G1-5 še ni bila končana, s tem pa druga gradbena jama ni imela izvedenega začasnega gradbiščnega priključka.

#### **4.1.3 Prestavitev cestnega odseka glavne ceste G1-5 in gradnja krožnega križišča obvoznice**

Avgusta 2009 so se začeli izkopi v drugi gradbeni jami. V začetku se je izkopan material vgrajeval direktno v gorvodne in dolvodne nasipe druge gradbene jame, vendar so aktivnosti pri izkopih napredovale, prestavitev cestnega odseka glavne ceste G1-5 pa še vedno ni bila v zaključni fazi.

Prišli smo do točke, ko je bilo potrebno vodenje projekta izgradnje HE Krško ponovno popolnoma preučiti. Ugotovili smo, da tretja faza projekta prestavitev glavne ceste G1-5 predvidoma ne bo končana še najmanj pol leta, zato smo se morali odločiti, kako z deli nadaljevati, da bi kljub temu, z deli v gradbeni jami lahko nadaljevali. Za doseg tega cilja je bilo potrebno z intenziteto izkopov še bolj intenzivno nadaljevati, nujen pa je bil tudi začasni gradbiščni priključek, saj je bilo potrebno začeti z odvozi izkopanega materiala iz gradbene jame.

Začele so se aktivnosti za začetek izvedbe novega začasnega gradbišnega priključka druge gradbene jame na gorvodnem nasipu druge gradbene jame glavne ceste G1-5 Krško – Brestanica. Naročil se je projekt novega gradbišnega priključka, na desnem bregu Save, z dostopom na gorvodni strani gradbene jame in glavne ceste G1-5. Vzporedno s projektom priključka pa je stekel postopek pridobivanja potrebnih dovoljenj. V začetku septembra 2009 je izvajalec del pridobil dovoljenje za začasni gradbišni priključek druge gradbene jame, s tem pa je druga gradbena jama dobila dostop.

**Preglednica 4:** Prikaz sprememb pri vodenju projekta zaradi zamujanja gradnje glavne ceste G1-5

<b>PRESTAVITEV GLAVNE CESTE G1-5</b>		
<b>Aktivnosti pri napredovanju del, ki bi morale biti zagotovljene</b>	<b>Sprememba aktivnosti zaradi zamud pri predstavitvi ceste</b>	<b>Posledice</b>
S predstavitvijo ceste G1-5 se drugi gradbeni jami izvede dostop na mestu bodočega stalnega gradbišnega priključka	Izvede se nov gradbišni priključek, ki je lociran na gorvodni strani druge gradbene jame	Dodatni strošek izvedbe začasnega gradbišnega priključka in potrebne projektne dokumentacije
Obstoječa deviacija ceste tangira rob druge gradbene jame zato je predstavitve ceste G1-5 nujna pred izvedbo izkopov	Tehnologija izvedbe izkopov se je popolnoma spremenila in prilagodila faznosti gradnje predstavitve glavne ceste. Izkopi brežine gradbene jame, ki tangira glavno cesto G1-5, so se izvajali v zadnji, zaključni fazi.	Oteženo, nekontinuirano izvajanje izkopov v izredno majhni gradbeni jami. Nujna so bila dodatna črpališča, kar je bil dodatni strošek, samo izvajanje izkopov pa je potekalo počasneje, ker se je izvajalo v več fazah. Izkop brežine gradbene jame, ki tangirala glavno cesto G1-5 se je izvajal v zadnji dodatni fazi.

Izvedba druge gradbene jame na desnem bregu Save se je nadaljevala z gradnjo petega prelivnega polja, strojnice in desnoobrežnih servisnih površin. Po pričakovanjih je bil dotok precdne vode v drugi gradbeni jami še večji kot v prvi jami, poleg tega pa je druga gradbena

jama imela kar dve veliki poplavi. Prva poplava leta 2009 je delno poplavela gradbišče, druga leta 2010 pa je jamo popolnoma poplavela.

Po pričakovanjih so nastale manjše zamude pri izgradnji druge gradbene jame in strojnice, vendar lahko danes rečemo, da se je 12. junija 2012 začelo uspešno prvo vrtenje z vodnim natokom, 3. julija 2012 pa je bila sinhronizacija 1. agregata HE Krško.

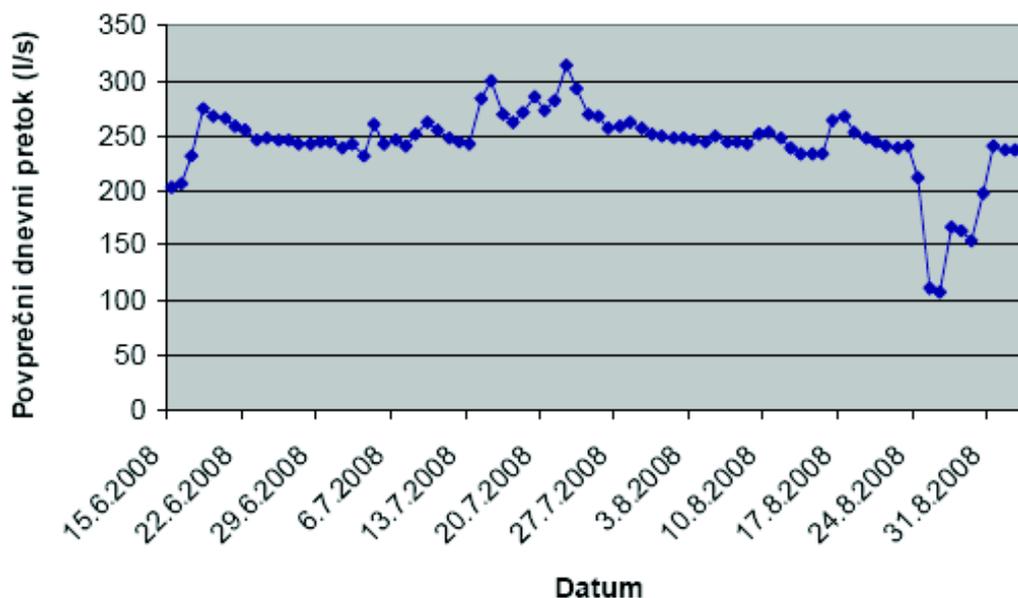
#### **4.2 NEPREDVIDENI DOTOKI VODE V GRADBENO JAMO**

V obeh gradbenih jamah se je kljub izvedeni tesnitvi gradbenih jam pričakoval dotok podtalnice v gradbeno jamo, ki pa naj bi bil odvisen od gladine podtalnice, gladine reke Save in globine izkopa gradbene jame. Predviden dotok vode je bil na osnovi primerljivih podatkov iz gradbene jame HE Boštanj in HE Blanca ocenjen na največ 100 l/s za vsako posamezno gradbeno jamo. Z namenom zmanjšanja dotoka vode v gradbeno jamo, je bilo v času gradnje predvideno, da si izvajalec del postavi ustrezen črpalni sistem, s katerim obvladuje vodo (površinske dotoke vode in podtalnico) v gradbeni jami in omogoči izvedbo zemeljskih in betonskih del na objektu jezovne zgradbe.

Z začetkom poglobljanja prve gradbene jame si je izvajalec del pripravil črpalni sistem za obvladovanje dotoka precejne vode v gradbeno jamo. S poglobljanjem gradbene jame pa so postali dotoki vode praktično neobvladljivi, kljub temu, da se je vsa zaledna in površinska voda odvajala ločeno, stran iz gradbene jame.

Vsa prečrpana voda se je iz glavnega črpališča poglobitvenega dela gradbene jame prečrpavala v usedalnik na vodnjaški steni, kjer se je umirila pretakala skozi Thomsonov preliv, kjer je merilec pretoka meril volumen pretečene vode v določenem času. Merilec pretoka je meritve izvajal avtomatično, vsako sekundo, 24 ur na dan, ves čas izvajanja črpanja vode. Na podlagi meritev in zbranih podatkov z merilca pretoka, pa smo izračunali povprečni dnevni pretok prečrpane vode iz gradbene jame. Na sliki 19 je prikazan diagram, ki prikazuje povprečni dnevni pretok izčrpane vode iz gradbene jame v enem tednu od 15.6.2008 do 31.8.2008, to je v času izvajanja zemeljskih del na najnižji koti gradbene jame, ko so bili dotoki vode v gradbeno jamo največji.

Ugotovimo lahko, da samo iz glavnega črpališča, ki je prečrpaval vodo iz poglobitvenega dela gradbene jame dnevno prečrpavamo kar preko 250 l/s vode.



Slika 19: Povprečni dnevni dotok vode v I. gradbeni jami HE Krško (Podatki z merilca pretoka)

Tako veliki dotoki vode so trajali ves čas gradnje, v obeh gradbenih jamah, tako pri gradnji prelivnega objekta kot pri gradnji strojnice, zahtevali pa so izjemno prilagajanje vedno novih dotokov in udorov vode. Črpalni sistem je moral delovati ves čas gradnje, 24 ur na dan, brez okvar. Celotno gradbišče, vsa tehnologija se je morala prilagajati črpanju, saj le z obvladovanjem dotoka vode je bilo delo sploh mogoče.

Da bi lahko tako velike dotoke obvladali, se je začelo ugotavljanje vzroka in iskanje rešitve. Na ta način bi lahko zagotovili, da da bo gradnja lahko potekala po predvidenem planu.

S hidrogeološko in geološko spremljavo se je ugotovilo, da so prelomne cone, ki so bile napovedane že v fazi projektiranja, širše od pričakovanih, vpliv prelomov pa ni bil vezan samo na ožje območje preloma (10-25 m), temveč je bila kamnina pretrta ali razpokana skoraj na celotnem območju gradbene jame, kljub temu da je bila večinoma dobro nosilna. Posledica močno razpokane kamnine, prepredene z glavnimi in spremljajočimi prelomi, je njena velika vodoprepustnost. Zaradi tega so bili dotoki vode iz gradbene jame mnogo večji od pričakovanih.

Voda je pritekala iz brežin gradbene jame po prelomnih ploskavah in po razpokah, kar nazorno prikazuje slika 20, vrela pa je tudi iz dna gradbene jame kar prikazuje slika 21. Spodnji sliki odražata stanje v prvi gradbeni jami, na dan 16.6.2008, ko so bili izkopi gradbene jame v zaključni fazi. Potrebno je tudi poudariti, da so se lokacije in število dotokov v gradbeno jamo pri napredujočih delih ves čas spreminjale, da so izviri, oziroma dotoki, ki so lepo vidni na spodnjih dveh slikah izjemno veliki, število le-teh pa se je ves čas spreminjalo. Ugotovili smo, da bo ves čas gradnje dotok vode v gradbeno jamo povečan za več kot 250% in, da se dotoka vode ne da zajeziti, da bo gradnja morala potekati v spremenjenih okoliščinah. Na primer: pri dnevnem betoniranju cca 350m<sup>3</sup> vgrajenega betona je bila najtežja izvedba preprečitev izpiranja betona.



**Slika 20:** Prikaz dotoka vode v gradbeno jamo iz preloma kamnine



**Slika 21:** Prikaz dotoka vode z dna gradbene jame

#### 4.2.1 Prikaz izvedbe črpališča

Ker se je tehnologija gradnje morala prilagajati črpanju vode, so se ves čas gradnje pojavljale pri izvedbi črpališč izjemne težave. V obeh gradbenih jamah je bilo več črpališč, ki so se ves čas gradnje spreminjala po velikosti in po lokaciji. Izvajalec črpanja vode je imel izjemne težave

- pri nabavi zadostnih potopnih črpalk, ki smo jih s poglobljanjem gradbene jame potrebovali zmeraj več,
- umeščanjem črpališč, ki je lokacijsko moralo biti na najnižji točki posamezne faze in
- zapiranjem posameznega črpališča, saj so se morali posamezni sklopi izvajati monolitno.

Izvedba črpališča je odvisna od na faznosti gradnje:

- začasno črpališče, v času izvedbe izkopov in
- glavno črpališče, v času izvedbe prelivnih polj in strojnice.

#### 4.2.1.1 Izvedba začasnega črpališča

Začasno črpališče v fazi izkopov sledi faznosti izvedbe izkopov. V fazi izkopov je bilo več črpališč, lociranih čim bližje vodnjaški steni, na kateri je usedalnik in razdelilna elektro omarica za napajanje črpališča.

Zasnova začasnega črpališča je »poglobljena luknja« v kamniti hribini, dim cca 3,0mx3,0m, v kateri je jeklena košara s potopnimi črpalkami, ki so vezane na gibljive PVC cevi fi 200, za odvod vode. Cevi so speljane na vrh vodnjaške stene, kjer je tudi najvišja točka prečrpavanja vode. Prečrpana voda se v odprtem propustu, ki ima funkcijo usedalnika umiri in pretaka skozi Thomsonov preliv, ki je vezan na merilec pretoka in zaključi z izpustom v reko Savo.

Na vodnjaški steni, na izpustu prečrpane vode se montirajo ventili, ki v primeru visokih voda onemogočajo udor povratne vode v gradbeno jamo.



**Slika 22:** Prikaz začasnega črpališča s petimi potopnimi črpalkami

#### 4.2.1.2 Izvedba glavnega črpališča

Glavno črpališče je zasnovano tako, da lahko glede na dotok zaledne, podtalne in savske vode črpališče ustrezno povečujemo ali zmanjšujemo, s tem pa vzdržujemo gradbeno jamo suho in omogočamo izvedbo betonskih del.

Tlorisno je glavno črpališče predvideno dimenzij 10,0m x 4,0m. Zasnovano je kot poglobitev hribine, z ojačanimi stranicami izkopa iz armiranega betona. V pripravljeno črpališče pa se gravitacijsko preko cevljenja, drenažno in precejno steka voda iz gradbene jame. Iz glavnega črpališča se voda po jeklenih ceveh, ki so na začasnih nosilcih, prečrpava v usedalnik na vodnjaški steni, kjer se voda umiri in prečisti, spelje preko merilca pretoka in gravitacijsko izpusti v reko Savo.

V fazi izvedbe glavnega črpališča je potrebno na gorvodnem in dolvodnem platoju obeh gradbenih jam formirati tudi dve pomožni črpališči (kota dna na koti cca 149,50), iz katerega prečrpavamo zaledno vodo z brežin.



**Slika 23:** Prikaz glavnega črpališča z pomožno jekleno konstrukcijo

#### 4.2.1.4 Električno napajanje črpališča

Ker se je vedelo, da v prvi fazi prečrpavanja vode iz prve gradbene jame gradbišče še ne bo priključeno na električno omrežje, smo predvidevali, da bomo potopne črpalke napajali z agregatom.

Vendar se je s poglobljanjem gradbene jame dotok vode v jamo močno povečal, (skoraj 200% več od predvidenega) črpališče pa je za obratovanje potrebovalo dodaten vir električne energije. Zato smo za zagon dodatnih devetih potopnih črpalk morali izvesti začasen priključek na javno elektro omrežje.

Po dokončanju izvedbe mostu obvoznice Krško se je črpališče napajalo z električno energijo iz transformatorske postaje na platoju pod mostom. Za potrebe napajanja črpališča se je v ta namen na vodnjaški steni izvedla glavna električna omarica, ki je napajala razdelilne omarice posamezne potopne črpalke.

Še vedno pa je bil ves čas gradnje na gradbišču dizelski agregat, ki je zagotavljal napajanje črpališča v primeru izpada električne energije, saj je črpališče moralo prečrpavati vodo 24 ur na dan, brez prekinitve.

### 4.3 VISOKE VODE V ČASU GRADNJE

Obe gradbeni jami HE Krško sta bili zaščiteni z gorvodno in dolvodno nasuto pregrado, ter vodnjaškim zidom, izvedenim v prvi gradbeni jami. Jami sta bili varovani pred 20 letnimi visokimi vodami Save ( $Q_{20}$ , verjetnost nastopa 5%), s pretokom večjim od  $2730 \text{ m}^3/\text{s}$ .

V izrednih primerih, ko nivo vode preseže  $500 \text{ m}^3/\text{s}$  in se gladina Save zviša nad sidrno gredo, se gradbena jama začne pripravljati na kontrolirano poplavljanje. V tem času mora črpanje vode iz gradbene jame potekati nemoteno, zaprejo se vsi zaporni ventili, da preprečimo udor povratne vode, vse cevi potopnih črpalk, pa dvignemo nad konzolni zid in začnemo prečrpavati vodo direktno v Savo. Ves čas spremljamo vodostaj reke Save na zunanji strani gradbene jame, gradbišče pa začnemo pripravljati na morebitno evakuacijo in kontrolirano poplavljanje.

Kontrolirano poplavljanje gradbene jame se izvaja v primeru napovedi pretoka višje od 20 letne visoke vode, ki znaša  $2730 \text{ m}^3/\text{s}$ . Namen kontroliranega polnjenja gradbene jame je

preprečevanje prekomerno erozijo priključnih nasipov pregrade in ustvarjanje zadostne globine vodne blazine pred končnim prelivanjem preko zaščitne stene. S tem se prepreči erodiranje dna v bližini temeljnih tal zaščitnega zidu.

V primeru kontroliranega poplavljanja jame z vodo je potrebno prekiniti vsa dela v gradbeni jami ter odstraniti vse važnejše naprave in opremo na poplavnem območju ter izklopiti črpališče. Gradbena gama se začne polniti z vodo preko preliva v konzolni steni obodne stene gradbene jame in z zapornico, ki jo odpira vodni pritisk po izvlečenju stranskih zapahov, ki jih je možno sprostiti z vrvjo z varne razdalje.

Nastopijo izredne razmere, ko je delo popolnoma onemogočeno, do praznjenja gradbene jame, ki je možno šele, ko vodostaj reke Save pade pod višino izpustov za gravitacijsko praznjenje jame iz dveh jeklenih cevi.

Gradbena jama se začne prazniti najprej gravitacijsko, nato pa dodatno z prečrpavanjem vode. Črpanje začnemo na varni razdalji s spuščanjem potopne črpalke v poplavljeno jamo. V začetni fazi, praznjenja jame črpalke napajamo z agregatom, ki ga skupaj s črpalkami predstavljamo proti najnižjemu delu gradbene jame. Takoj ko se nivo vode v gradbeni jami zniža, pa se ponovno formira obstoječe črpališče z napajanjem na el. omrežje, izvedejo se vsi potrebni sanacijski ukrepi in čiščenje poplavljenih gradbene jame.

V petih letih gradnje je gradbišče HE Krško imelo tri primere visokih voda.

Prva visoka voda, ki je napovedovala poplavljanje gradbišča prve gradbene jame, je bila jeseni 2008, ko gradbena jama še ni bila formirana in zaprta v celoti, črpanje pa se še ni intenzivno izvajalo. Poplavljenno gradbišče prve gradbene jame na zamudo pri gradnji ni imelo bistvenega vpliva, nastala pa je materialna škoda.



**Slika 24:** Poplavitve prve gradbene jame, na levem bregu (dolvodno)



**Slika 25:** Poplavitve prve gradbene jame, na levem bregu (gorvodno)

Slabše je bilo v drugi gradbeni jami, na desnem bregu Save. Druga visoka voda je bila božiča leta 2010, ko je gradbeno jamo delno poplavelo in je bilo potrebno črpališče ustaviti ter umakniti opremo. Tretja visoka voda pa je gradbeno jamo popolnoma poplavela in je bila septembra leta 2011. Ta poplava je poleg precejšnje škode, onemogočala nadaljevanje gradnje za cca 45 dni. To pa je že napovedovalo, da bo moral izvajalec gradbenih del zamudo zaradi poplavitve gradbene jame nadoknaditi z izvajanjem pospešene gradnje, ki bo zajemala izvajanje del izven delovnega časa in povečane delovne sile.



**Slika 26:** Poplavitev druge gradbene jame, na desnem bregu (gorvodno)



**Slika 27:** Poplavitev druge gradbene jame, na desnem bregu (dolvodno)

## **4.4 DRUŽBENO EKONOMSKE RAZMERE, V KATERIH SE JE GRADILA HE KRŠKO**

### **4.4.1 Sklenitev pogodb in delitev del**

Kljub temu, da je gradnja HE Krško že zaključena, so vsi podatki, ki izvirajo iz pogodbenega razmerja, poslovna skrivnost. Zato podatke, vezane na specifikacijo, vrednost del, termiski plan, načrte in informacije, ki jih sprejema naročnik v nadaljevanju ne morem in ne smem predstaviti.

V nadaljevanju bom predstavila pogodbeno dela ter njihovo delitev med izvajalci. Nadalje bom analizirala potek izvajanja del s pomočjo razpoložljive korespondence med naročnikom in izvajalcem del. Še zlasti bom izpostavila probleme, ki so nastajali med gradnjo, in predlagala možne ukrepe, ki bi jih lahko uporabili naročniki podobnih objektov.

Pred sklenitvijo pogodbe o izvajanju del je naročnik del pripravil razpisno dokumentacijo, katere predmet je bila izgradnja jezovne zgradbe:

- pripravljalna dela (ograditev in izkop gradbene jame),
- gradbena dela za jezovno zgradbo,
- gradbene elektro inštalacije,
- gradbene strojne inštalacije.

Razpisna dokumentacija je zajemala vsa dela s popisom del po sistemu enotnih fiksnih cen na enoto mere zahteve iz dodatnih tehničnih pogojev. V razpisni dokumentaciji so zajeti vsi stroški za popolno in kvalitetno dokončanje jezovne zgradbe in vsi ostali stroški iz dodatnih tehničnih pogojev, za katere izvajalec del ni bil dodatno upravičen do plačila, jih je pa bilo potrebno izvesti:

- dela vezana na storitve iz opisov v tehničnem poročilu in v projektu,
- dela z notranjimi in zunanjimi prevozi materiala,
- dela vezana na organizacijo gradbišča: montaže in demontaže opreme in naprav ter strojev, izgradnja pisarn, skladišč, komunikacijskih naprav, preskrba z energijo, vodo, razsvetljavo,...
- dela pri izvedbi gradbiščnih dostopov in vzdrževanju le-teh,
- dela pri odvodnjavanju padavinske, talne in rečne vode v času gradnje,
- vsa pomožna gradbena dela kot so odri, opaži, začasne ograje,

- vsa dela v zvezi z monitoringom vplivov gradnje na okolje vključno z opazovanjem posedanja objektov med gradnjo,
- vsa dela v zvezi z zahtevami predpisov o varstvu in zdravju pri delu, varnostni načrt, varovanje delovišča,....
- vsi odškodninski stroški zaradi povzročene škode, ki bi nastali med gradnjo, kakor tudi stroški za ureditev uporabljenega in prizadetega zemljišča po dokončanju del
- vsi stroški za pridobitev ustreznih deponij,
- vsi stroški za prostore, opremo, laboratorije, terenske preiskave in tekoče preiskave.

Tako je bil na podlagi javnega razpisa razpisnih del izbran najugodnejši ponudnik za izvedbo del konzorcij PRIMORJE d.d. / RGP d.o.o.. Med glavnim naročnikom del Hidroelektrarne na Spodnji Savi d.o.o. (HESS d.o.o.) in izvajalcem del se je sklenil pogodbeni sporazum.

Na podlagi pogodbenega sporazuma so prevzemniki del PRIMORJE d.d., CGP d.d. in KOSTAK d.d. za projekt izvedbe jezovne zgradbe HE Krško s pripravljalnimi deli sklenili sporazum o združenem podjetju (Joint Venture).

Vodilni partner PRIMORJE d.d. in prevzemnika del CGP d.d. in KOSTAK d.d. so se dogovorili za delitev pogodbenih del v razmerju:

PRIMORJE d.d. Ajdovščina	40% pogodbene vrednosti,
KOSTAK d.d. Krško	30% pogodbene vrednosti,
CGP d.d. Novo mesto	30% pogodbene vrednosti.

S konzorcijsko pogodbo so se izvajalci del, PRIMORJE d.d., CGP d.d. in KOSTAK d.d., dogovorili o delitvi del, ki se deli po postavkah iz pogodbenega predračuna, pri tem da delitev upošteva tehnično racionalno in zaključeno celoto posameznih del. Dela zajemajo naslednje postavke:

I. gradbena jama, levi breg: CGP d.d. izvede vsa dela na prelivnih poljih, tesnilno zaveso in injekcijska dela, KOSTAK d.d. izvede vsa zemeljska dela in zaščito I. gradbene jame, PRIMORJE d.d. izvede sidranja pri zaščiti I. gradbene jame.

II. gradbena jama, desni breg: KOSTAK d.d. izvede vsa zemeljska dela in zaščito II. gradbene jame, PRIMORJE d.d. izvede strojnico in peto prelivno polje, ki se mora izvesti v II. gradbeni jami.

Sklenjena pogodbeni razmerja med glavnim naročnikom del in izvajalcem del definira še:

- delitev skupnih stroškov gradbišča (Skupni stroški se delijo v pogodbenem razmerju med vodilnim partnerjem in prevzemnikoma del.)
- pripravljala dela (Partnerji se dogovorijo, da bo vsak zase opravil potrebna pripravljala dela, za svoj obseg del.)
- korespondenco med izvajalcem del in glavnim naročnikom del (Celotna korespondenca med izvajalcem del in glavnim naročnikom je potekala preko glavne pisarne, ki jo vodi vodilni partner. Naloge vodilnega partnerja so zajemale: zagotavljanje izpolnjevanje določil pogodbe z naročnikom del in pogodbenimi partnerji, vodenje internih koordinacijskih sestankov, usklajevanje terminskih planov, pripravljanje mesečnih poročil in gradiv za pogodbene sestanke z naročnikom del, vodenje skupnega gradbenega dnevnika in knjigo obračunskih izmer, izdajanje skupne mesečne situacije naročniku del, koordinacija in priprava zahtevkov za dodatna dela, zbiranje in potrjevanje skupnih računov in zagotavljanje enotnega vodenja korespondence z naročnikom in izvajalcem.)

#### **4.4.2 Vpliv gospodarske krize na gradnjo jezovne zgradbe**

Gradnja jezovne zgradbe se je prevesila v zadnjo tretjino, izvedeno je bilo približno 70% vseh pogodbenih del, ko so na projektu nastali novi problemi.

Vodilni izvajalec gradbenih del v drugi gradbeni jami, Primorje d.d., je zašel v resne težave v poslovanju, ki so bile v veliki meri kadrovske (odhodi delavcev), pa tudi finančne, saj niso imeli sredstev za nabavo osnovnih materialov kot so opaži, betoni, sanacijski material, kar je podaljševalo čas gradnje. Ker pa gradnja jezovne zgradbe ni več potekala v okviru pogodbenega terminskega plana, dela na gradbišču druge gradbene jame pa so se še upočasnila, je bilo potrebno nujno ukrepati. Naročnik del je zahteval, da drugi konzorcijski partnerji prevzemajo del obveznosti glavnega, vodilnega partnerja, ki predvidene dinamike gradnje ni zmožal. Sklenila se je nova pogodba za izvajanje gradbenih del, z namenom

dokončanja izvedbe jezovne zgradbe in objekt zaključiti v predvidenem terminskem času. Z novo pogodbo so se obveznosti vodilnega partnerja Primorje d.d. prenesla na Kostak d.d.. Gradbišče je znova dobilo zagon, dela so se začela pospešeno nadaljevati, povečala se je gradbena mehanizacija in delovna sila na gradbišču, dela na objektu so se zaključevala, gradnja se je znova izvajala v predvidenem terminskem času.

Vodstvo projekta pa se je ukvarjalo tudi s poslovnimi težavami glavnega dobavitelja opreme Montavar Metalna Nova, ki je junija 2011 oznanil postopek likvidacije.

#### **4.5 POVZETEK NEPREDVIDLJIVIH AKTIVNOSTI MED GRADNJO, KI SO VPLIVALE NA SPREMENJENE OKOLIŠČINE VODENJA IN IZVAJANJA PROJEKTA**

Podrobno določitev projekta, njegovih aktivnosti, dogodkov, rokov in stroškov pomeni planiranje projekta. Natančno planiranje vseh aktivnosti na projektu vodi k uspešnemu, pravočasnemu zaključku projekta.

Projekt gradnje jezovne zgradbe je potekal okvirno pet let, kar je izjemno dolga doba za gradbene projekte, zato je bilo v začetni fazi izvedbe praktično nemogoče napovedovati, da bo gradbišče dvakrat popolnoma poplavljen, da bodo nastale nove družbenoekonomske razmere,....

V preglednici 5 sem za zaključek prikazala ključne, prelomne aktivnosti na projektu gradnje HE Krško, ki bi brez ustrezne analize in ukrepanja ogrozile dokončanje jezovne zgradbe HE Krško. Te aktivnosti so bistveno vplivale na samo gradnjo, pomenile so popolnoma spremenjen način izvajanja del, posledica spremenjenih aktivnosti pa je uspešen zaključek projekta.

**Preglednica 5:** Prikaz ključnih odstopanj, ki so vplivale na spremembo projekta izgradnje HE Krško

<b>ODSTOPANJA, KI SO VPLIVALA NA GRADNJO HE KRŠKO</b>			
<b>Aktivnost, ki je posledica spremenjenega načina izvedbe in odstopa od začetnega plana</b>	<b>Vrsta spremenjene aktivnosti</b>	<b>Posledice pojava na izvedbo projekta</b>	<b>Prikaz dodatnih stroškov in aktivnosti pri gradnji jezovne zgradbe</b>
<b>POSPEŠENA GRADNJA SPREMLJAJOČIH INFRASTRUKTURNIH OBJEKTOV JEZOVNE ZGRADBE</b>	Zamuda pri dokončanju mostu čez Savo in prestavitev glavne ceste G1-5 v območju druge gradbene jame.	-spremenjena tehnologija izvajanja del jezovne zgradbe, -formiranje gradbišča ni možno, -izvedba gradbiščnih infrastrukturnih priključkov ni možna, -ni dostopov do obeh gradbenih jam -zamuda pri izvedbi zemeljskih del v drugi gradbeni jami, ki ni imela izvedenega gradbiščnega priključka	-dodatni stroški za izvedbo novih dostopov v gradbeni jami, -dodaten strošek napajanja črpališča z agregati -dodaten strošek izvajanja izkopov pod vodo -dodaten strošek zaradi izvajanja pospešenih del (dela se izvajajo izven delavnega časa, z več gradbene mehanizacije in delovne sile)
<b>NEKONTROLIRANI DOTOKI VODE V GRADBENO JAMO</b>	Dotoki vode v obeh gradbenih jamah so bili v povprečju preseženi za 250% od predvidenih.	-oteženo izvajanje izkopov in -oteženo izvajanje betonskih del	-dodatni stroški za izvedbo povečanih črpališč,  Ker so se zemeljska in betonska dela izvajala v oteženih razmerah in so se vsa dela morala prilagajati črpanju vode so potekala počasneje.
<b>VISOKE VODE V ČASU GRADNJE</b>	V času gradnje so se pojavile kar tri visoke vode.	-v času poplavljanja gradbene jame se dela ne izvajajo	- dodaten strošek, ki je posledica poplav na napravah in strojih - dodaten strošek sanacijskih ukrepov na gradbišču, - dodaten strošek praznjenja gradbene jame - dodaten strošek zaradi izvajanja pospešenih del in s tem doseganje pogodbenega roka dokončanja del (dela se izvajajo izven delavnega časa, z več gradbene mehanizacije)

			<p>in delovne sile)</p> <p>Zamuda pri poplavljanju gradbišča je neizbežna. V času poplave dela sploh niso možna, nato pa sledijo sanacijski ukrepi in praznjenje gradbene jame, ki pa se izvajajo tudi deset dni. Skupaj zaradi poplavitve gradbišče ne obratuje cca en mesec.</p>
<p>DRUŽBENOEKO NOMSKE RAZMERE, V KATERIH SE JE GRADIL OBJEKT JEZOVNE ZGRADBE</p>	<p>V času gradnje so se pojavile finančne težave vodilnega partnerja pri izvajanju gradnje HE Krško.</p>	<p>-zaradi finančnih težav izvajalca del se je gradnje močno upočasnila (težave pri dobavi materiala) -korespondenca med glavnim naročnikom in izvajalci je potekala oteženo</p>	<p>- dodaten strošek zaradi spremembe pogodbenih odnosov - prevzemnik del je moral dela izvajati pospešeno, z namenom zmanjšanja zamude</p>

## 5 ZAKLJUČEK

Gradnja jezovne zgradbe je potekala od novembra 2007 do maja 2012, ko so bila dela na jezovni zgradbi končana in je naročnik del lahko uspešno opravil prvo vrtenje z vodnim natokom na agregatu št. 3.

V 4. poglavju diplomske naloge so prikazani ključni dogodki, oziroma spremenjene okoliščine gradnje, ki so v fazi izvajanja jezovne zgradbe bistveno vplivali na potek gradnje, spremembo gradnje in v končni fazi na spremenjene okoliščine izvajanja del. Vsaka opisana sprememba, je prinesla ogromno prilagajanj, usklajevanj, prepoznavanje spremenjenih razmer, spremembo v načinu izvajanja del, v končni fazi pa tudi znanja in izkušnje pri vodenju projektov. Vendar kljub vsem oteženim okoliščinam gradnje in posledično spremenjeni gradnji, so se gradbena dela na jezovni zgradbi zaključila v predvidenem času, za kar gre zasluga prav vsem udeležencem projekta. Danes (januar 2013) lahko rečemo, da je gradnja jezovne zgradbe HE Krško zaključena. Elektrarna je v fazi testiranja in pogodbenega poskusnega testiranja, ki pa se zaradi znižanega vodostaja v akumulacijskem bazenu ne izvaja v celoti.

Menim, da je to rezultat vseh udeležencev projekta, od naročnika del do nadzora in vseh pogodbenih izvajalcev. Preteklo petletno obdobje je prineslo mnogo skoraj nepredvidljivih sprememb tako na globalni kot tudi na konkretni ravni obravnavanega projekta, kar bi lahko vodilo tudi k ustavitvi del. To dejanje sicer ne bi bilo v interesu projektnih udeležencev. Kljub temu pa sodim, da je dokončanje del zasluga vseh vodilnih udeležencev projekta, ki so skupaj pokazali voljo in razum, se prilagodili danim razmeram in projekt izgradnje HE Krško uspešno zaključili.

**VIRI**

- [1] IBE d.d. projektiranje in inženiring, Ljubljana. Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o., Brežice. Idejna zasnova 2006, št. IBKK-3G/01. HE Krško – jezovna zgradba: 36-50 f.
- [2] IBE d.d. projektiranje in inženiring, Ljubljana. Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o., Brežice. Projekt za izvedbo 2007, št. IBKK-A200/023B HE Krško – jezovna zgradba – gradbena jama I: 1-28 f.
- [3] IBE d.d. projektiranje in inženiring, Ljubljana. Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o., Brežice. Projekt za izvedbo 2009, št. IBBL-A200/023B HE Krško – jezovna zgradba – gradbena jama II: 3-12 f.
- [4] IRGO CONSULTING d.o.o., Ljubljana. Kostak komunalno stavbno podjetje d.d., Krško. Ljubljana 2008. Končno poročilo o geološki spremljavi I. gradbene jame HE Krško: 1-25 f.
- [5] Uredba o državnem lokacijskem načrtu za HE Krško, Uradni list RS, št. 103/2006
- [6] Odlok o strategiji prostorskega razvoja Slovenije, Uradni list RS, št. 76/2004
- [7] Hauc A. 2007. Projektni management. Ljubljana, založba GV: 26, 172 str.
- [8] Vodnik po znanju projektnega vodenja - tretja izdaja (PMBOK vodnik). Ameriški nacionalni standard ANSI/PMI 99-001-2004. 2004. Založba moderna organizacija: 5, 7, 29 str.
- [9] Slana M. 2005. Investicijski procesi in vodenje projektov: seminarsko gradivo za strokovne izpite. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 44-49 str.

- [10] Šoba G. 2005. Management priprave in vzpostavitve projekta. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Ekonomska fakulteta: 11-17 str.

## **INTERNETNI VIRI**

Hidroelektrarne na Spodnji Savi, d.o.o., Brežice. 2013.

<http://www.he-ss.si/he-krsko-tehnicne-specifikacije.html> (Pridobljeno:28.2.2013.)

GEN energija, d.o.o., Krško. 2012.

<http://www.gen-energija.si/si/novinarsko-sredisce/he-krsko> (Pridobljeno:24.11.2012.)

Holding Slovenske elektrarne d.o.o., Ljubljana. 2013.

<http://www.hse.si/si/projekti/hidro/gradnja-he-na-spodnji-savi> (Pridobljeno:15.2.2013.)

1A Internet d.o.o., Krško. 2012.

<http://www.eposavje.com/eposavje/rekli-so/9492-niko-galesa.html> (Pridobljeno:5.12.2012.)

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana. 2012.

<http://www.zveza-dgits.si/gradnja-he-krsko-na-spodnji-savi> (Pridobljeno:25.11.2012.)

Revija Naš stik, Ljubljana. 2012.

<http://www.nas-stik.si/1/Novice/Clanki/tabid/208/ID/474/Izgradnja-HE-Krsko.aspx>

(Pridobljeno:4.12.2012.)

Kostak komunalno stavbno podjetje d.d., Krško, 2013.

<http://www.kostak.si/hidroenergetski.htm> (Pridobljeno:27.2.2013.)