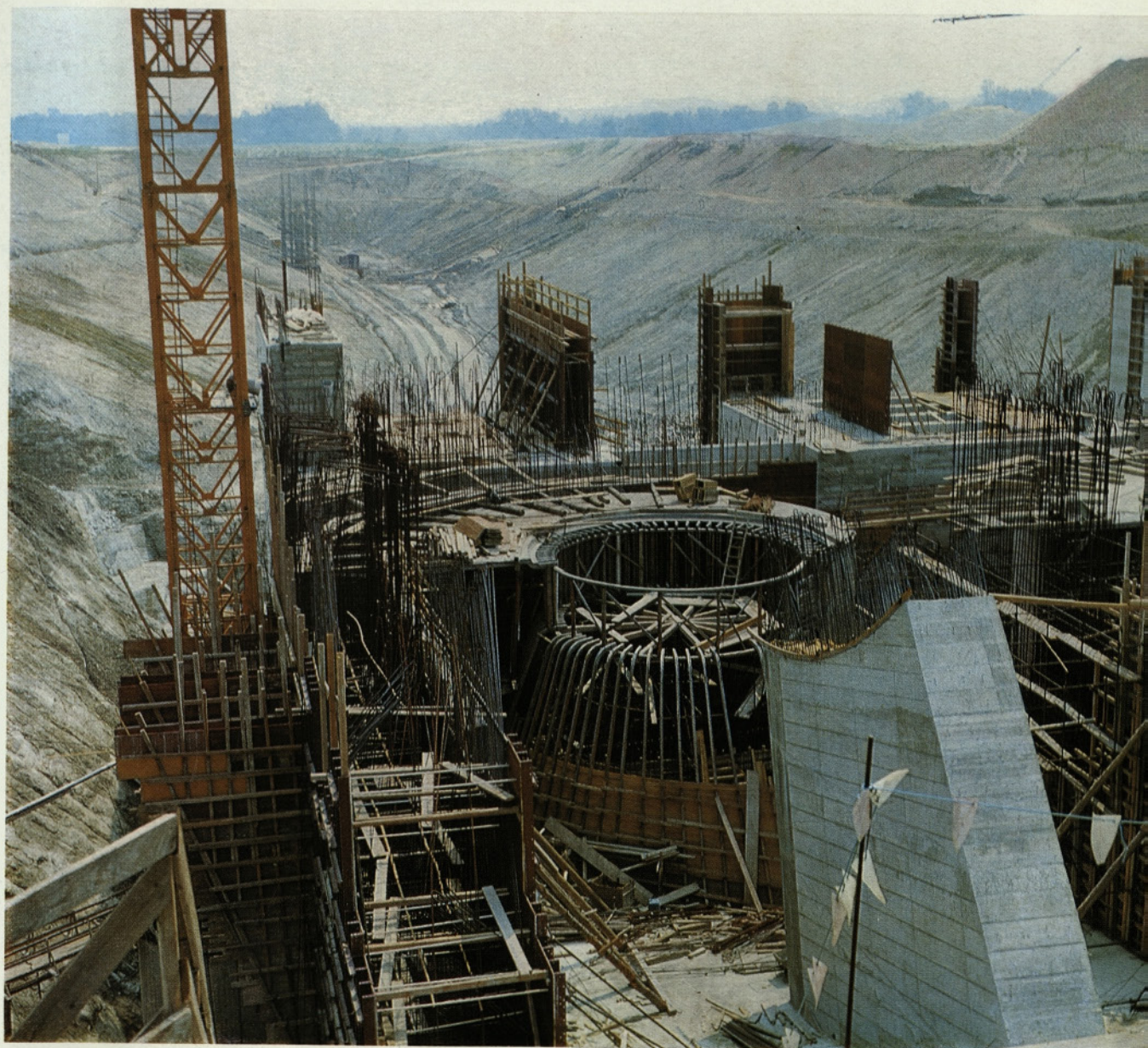
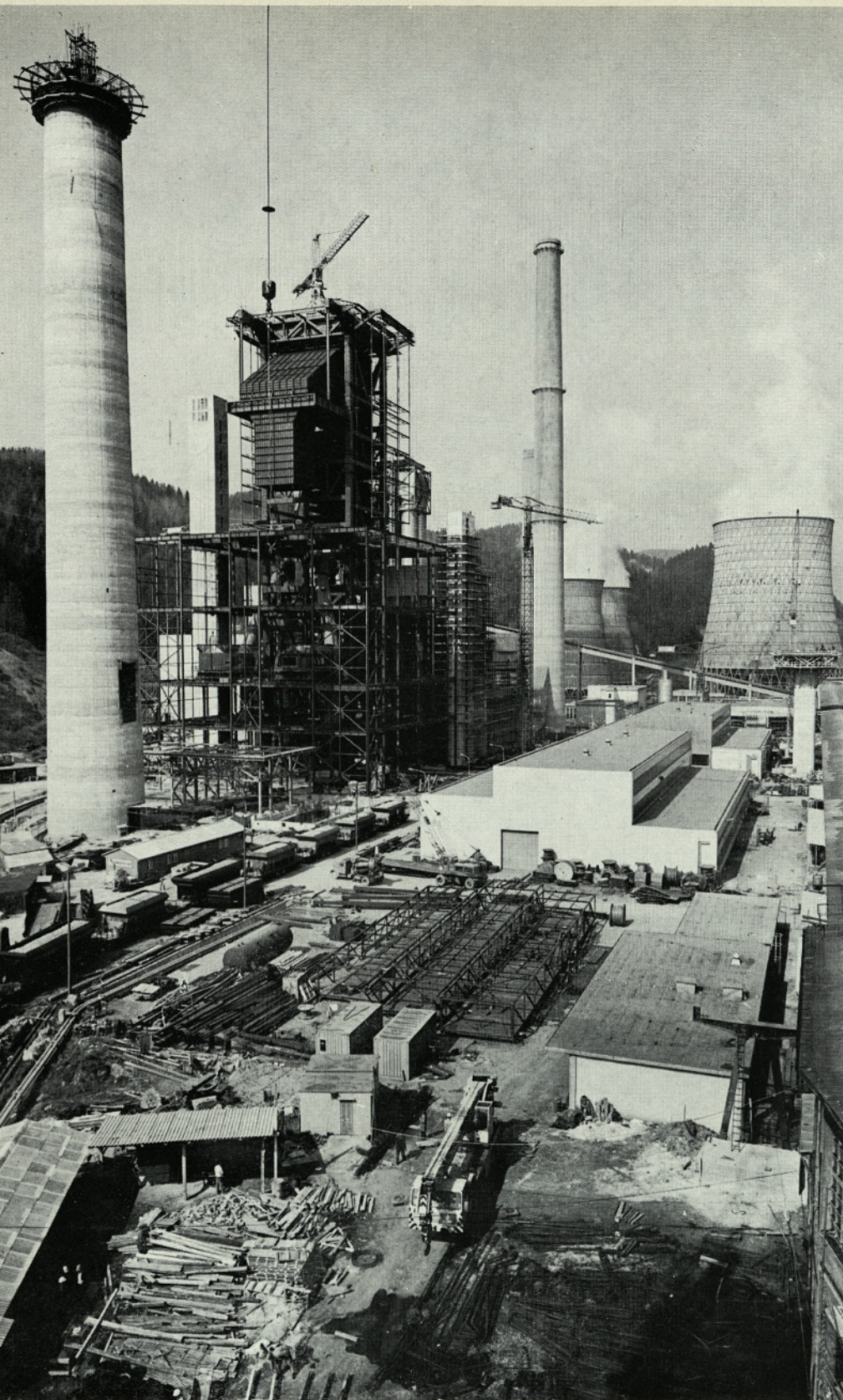


GRADBENI VESTNIK

LJUBLJANA, AVG. - SEPT. 1976
LETNIK 25, ŠT. 8-9 STR. 113-180

8-9





Z izgradnjo treh velikih energetskih objektov bo Slovenija pridobila novih **1079 MW** moči za letno proizvodnjo **6,4 milijarde kWh** električnega toka in sicer:

● **jedrska elektrarna Krško**
moč 632 MW
letna proizvodnja 4 milijarde kWh

● **IV. faza termoelektrarne Šoštanj**
moč 335 MW
letna proizvodnja 1,8 milijarde kWh

● **hidroelektrarna Srednja Drava II**
moč 112 MW
letna proizvodnja 600 milijonov kWh



na vseh treh objektih
gradbena dela
izvajajo delavci

Gradbeno
industrijskega podjetja
GRADIS, Ljubljana,
s svojimi TOZD

VSEBINA-CONTENTS

Clanki, študije, razprave Articles, studies, proceedings

SERGEJ BUBNOV:

Uvodna beseda 114

NATAN BERNOT:

Investicijski proces od družbenega plana do obratovanja 115

JANKO VALANT:

Hidroelektrarna Srednja Drava 2 (HE SD 2) 121

MIHA REMEC:

Projekt Termoelektrarne Šoštanj IV in problematika pri zasnovi konstrukcije z ozirom na rudarsko področje 128

JANEZ SVETLIČ:

Hladilni stolp Termoelektrarne Šoštanj IV 132

ADOLF WEDAM:

HE Ajba na reki Soči 139

ADOLF WEDAM:

HE Moste, četrti agregat 143

JANKO KOVAČEC:

ČE Pohorje 146

SAVO JANEŽIČ-FRANC ZUPAN:

Hidroelektrarna Piva (HE Mratinje) — prikaz projekta 151

PETER JERIHA-BOŽO KOGOVŠEK:

Sodelovanje IBE pri gradnji jedrske elektrarne Krško 161

NADA HVASTIJA:

Razdelilne (transformatorske) postaje RTP ali RP 166

BRANKO ZADNIK-JANEZ JAKŠE:

380 kV daljnovodi v Sloveniji 170

VALENTIN KOVAČ:

Vodnogospodarska ureditev področja Drine in Morače 174

JANEZ KRŽAN:

Podne obloge kot zaščita betona (Se nadaljuje) 177

Informacije Zavoda za raziskavo
materiala in konstrukcij Ljubljana
Reports of Institute for material and
structures research Ljubljana

Glavni in odgovorni urednik: Sergej Bubnov, dipl. inž.

Tehnični urednik: Bogo Fatur, prof.

Uredniški odbor: prof. dr. Janko Bleiweis, dipl. inž., Vladimir Čadež, dipl. inž., Marjan Gaspari, dipl. inž., Dušan Lajovic, v. g. t., prof. dr. Miloš Marinček, Saša Škulj, dipl. inž., Viktor Turnšek, dipl. inž.

Revijo izdaja Zveza gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 23 158. Tek. račun pri Narodni banki 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 100 din, za študente 38 din, za podjetja, zavode in ustanove 500 din

Uvodna beseda

V srednjeročnem planu razvoja SFRJ in SR Slovenije zavzema energetika zelo pomembno mesto. Izgradnja novih energetskih kapacitet v naslednjem srednjeročnem obdobju je prvi pogoj za uspešen in skladen razvoj našega gospodarstva kot celote.

Z namenom, da bi seznanili naše gradbeništvo s problemi graditve elektroenergetskih objektov pri nas, Gradbeni vestnik v tej številki prikazuje dosežke, ki jih je v zvezi s pripravo, projektiranjem in organizacijo graditve energetskih objektov realizirala naša vodilna organizacija združenega dela na tem področju Inženirski biro Elektroprojekt — IBE iz Ljubljane.

Od leta 1949 do danes je IBE projektiral številne pomembne energetske objekte, med njimi hidroelektrarne dravske verige, hidroelektrarni Moste in Medvode na Savi, soško elektrarno Ajbo, termoelektrarni v Šoštanju in Trbovljah, plinsko elektrarno v Brestanici, toplarno v Ljubljani, razširitev 380 volt-nega daljnovodnega omrežja v SR Sloveniji in še številne druge elektroenergetske objekte. Sodeloval je tudi pri projektiranju enega najpomembnejših elektroenergetskih objektov v SFRJ hidroelektrarne Mratinje z najvišjim jezo pri nas (220 m — 13. najvišji jezo na svetu). S temi projekti si je 276-članski kolektiv IBE nedvomno pridobil velike strokovne izkušnje, ki mu omogočajo uspešno poseganje v reševanje aktualnih problemov nadaljnje izgradnje elektroenergetskih objektov, pri čemer so zlasti pomembne študije nadaljnega izkoriščanja vodne energije Save in Soče, izgradnje nadaljnjih plinskih in termoeenergetskih kapacitet, razširitev daljnovodnega omrežja, izgradnje novih toplarn in še druge študije in projekti.

Pomembno je tudi angažiranje IBE pri izgradnji nuklearne elektrarne Krško, kjer sodeluje pri pregledu in nostrifikaciji projektne dokumentacije.

Dolgoletno uspešno delo na področju projektiranja in vodenja gradnje elektroenergetskih in drugih industrijskih objektov in številen strokovni kader naj bi omogočil Inženirskemu biroju Elektroprojekt v sodelovanju z nekaterimi našimi vodilnimi gradbenimi podjetji tudi prodor na inozemsko tržišče, kjer je naša prisotnost v primerjavi z drugimi republikami še vedno premajhna.

V tej smeri, kakor tudi pri izgradnji novih elektroenergetskih in industrijskih objektov pri nas želimo IBE v prihodnjih letih nadaljnje uspehe.

GLAVNI IN ODGOVORNI UREDNIK
Sergej Bubnov, dipl. ing.

na vseh treh objekti
gradbeni dela
izvajajo delavci

industrijskega podjetja
GRADIS, Ljubljana,
s svojimi TOZO

Investicijski proces od družbenega plana do obratovanja

UDK 336.645.1

NATAN BERNOT, DIPL. INŽ.

Uvod

Da marsikdaj sprejmemo za kakšno investicijo tudi slabši investicijski program je nujnost, saj smo zadovoljni, da imamo sploh kakšen program. Da nimamo pravočasno izdelanih projektov, nas močno tepe že dalj časa. Vzrok je pogosto nejasna slika odnosov v logični shemi investicijskega procesa, to je od plana do realizacije.

Osnovna shema poteka investicijskega procesa

Nova zakonodaja po novi ustavi prinaša na področju investicijske dejavnosti novosti, ki odpirajo široke možnosti uvajanja višje stopnje odgovornosti uporabnikov — upravljavcev družbenih sredstev. Novi zakon o gradnji objektov, zakon o investicijski dokumentaciji in zakon o zagotavljanju plačil določajo skupno enotni investicijski proces, ki ga lahko grafično ponazorimo na shemi (sl. 1).

Shema kaže vrstni red dogodkov oz. aktivnosti v največji možni meri po terminologiji naštetih zakonov, dopoljenih smiselno z aktivnostmi oz. dogodki, ki spadajo v proces, pa jih naštetih zakoni ne omenjajo posebej.

Med aktivnostmi so nanizani dogodki, vezani na sklepe pristojnega organa — upravljalca družbenih sredstev. Posebno so označeni obvezni sklepi, določeni z zakoni, ostali sklepi pa so dodani zaradi notranje logike procesa.

Odločitve in s tem prevzemanje materialne odgovornosti za nove naložbe so kot neodtujljiva pravica in dolžnost uporabnikov družbenih sredstev zato naštetih v posebni koloni.

Glavni tok aktivnosti in dogodkov v investicijskem procesu temelji na delovnih obvezah strokovnih služb investitorjev — vlagateljev ali uporabnikov družbenih sredstev — ne glede na to, ali so le te organizirane kot skupne službe (režijsko delo), ali pa kot pogodbeni partnerji uporabnikov sredstev, to je kot specializirane delovne organizacije.

Faze investicijskega procesa

Investicijski proces v domeni uporabnikov družbenih sredstev — vlagateljev — in njihovih strokovnih služb je možno po obstoječi novi zakonodaji razvrstiti časovno na naslednje faze:

1. faza je faza družbenega dogovarjanja in planiranja (družbeni plan in plani organizacij združenega dela). V tej fazi procesa investicijske izgrad-

nje morajo biti strokovno angažirane in odgovorne raziskovalno-razvojne dejavnosti združenega dela;

2. faza obsega pripravljala dela, v katerih morajo biti obdelani idejni projekti in investicijski programi;

3. faza obsega izdelavo tehnične dokumentacije, katere rezultat mora biti pridobitev gradbenega dovoljenja, izdelava projektov za razpis z razpisno dokumentacijo, zbiranje ponudb izvajalcev del in dobaviteljev opreme, vrednotenje raznih ponudb s sklepanjem pogodb s prevzemniki del;

4. faza pomeni slovo od papirnatega dela z začetkom fizične izgradnje, v kateri teže bremena nosijo izvajalci in dobavitelji, vlagatelji in uporabniki družbenih sredstev pa so obvezani voditi strokovni nadzor nad izvajanjem del glede na skladnost s pogodbenimi določili glede rokov, količin in cen, kot glede doseganja dogovorjene kvalitete.

Pred pričetkom fizične izgradnje so seveda potrebni projekti za izvedbo. Izdelava te-teh je lahko pristojnost izvajalcev del oz. proizvajalcev investicijske opreme, ali pa strokovnih institucij vlagateljev investicijskih sredstev. Po končanju fizične izgradnje morajo biti izdelani projekti izvedenih del, kot osnova pričetka nove faze;

5. faza zajema tehnični pregled s pričetkom poizkusnega obratovanja, dokazovanjem doseganja dogovorjenih parametrov, odpravljanjem pomanjkljivosti s pregledi in soglasji kot osnove pridobitve uporabnega dovoljenja;

7. faza pa kot zadnja ugotavlja zaključek vseh obligacij izvajalcev in dobaviteljev s pričetkom redne eksploatacije s prevzemom polne odgovornosti vlagateljev oz. uporabnikov vloženih družbenih sredstev.

Tak potek investiranja je seveda, enako kot zakon, močno poenostavljen in ga je mogoče dosledno slediti samo pri preprostih objektih, kjer imajo arhitektonsko gradbena dela dominantni delež v investiciji in se oprema, kolikor je potrebna, podreja gradbenim prostorom. Pri vseh objektih, kjer pa je dominantna oprema oz. tehnologija proizvodnega procesa, pa takemu vrstnemu redu aktivnosti v praksi ne moremo slediti.

Zaplete se že takoj v prvi fazi, to je pri obdelavi možnih variant, preden se odločimo za izdelavo definitivnega investicijskega programa na osnovi idejnega projekta z izbrano varianto.

V tej fazi so potrebne bodisi preliminarne informativne ponudbe dobaviteljev tehnološkega dela (know-how + oprema), ki pa so ravno zaradi tega nezanesljive in nepopolne, ali pa jih moramo pridobiti na oficialni način z razpisom po specifikacijah na osnovi projekta za razpis. Ta pa v tem

- SKLEPI INVESTITORJA
(VLAGATELJEV)
● obvezni sklepi

STROKOVNO DELO
INVESTITORJA

OPOMBE

Stanje in trendi družbe-
nega razvoja in organi-
zacij združenega dela

družbeni plani, plani in-
terernih skupnosti,
plani organizacij združe-
nega dela

obdelava variantnih mož-
nosti, izbira najugodnejše
glede na:
-lokacijo
-tehnologijo
-kapaciteto
-financiranje

investicijski program po
izbranem idejnem projektu
(reference plan design)
ali tipski izvedbi

PROBLEM FINANCIRANJA

STANJE IN TRENDI

PLANI

OBDELAVA MOŽNIH VA-
RIANT Z ZAKLJUČKI IN
PREDLOGI

IDEJNI PROJEKT

INVESTICIJSKI PROGRAM

PROJEKT ZA PRIDOBITEV
GRADB. DOVOLJENJA

SOGLASJA

GRADBENO DOVOLJENJE

PROJEKT ZA RAZPIS

ZBIRANJE PONUDB

VREDNOTENJE PONUDB

POGODBA

PROJEKT ZA IZVEDBO

GRADNJA - NADZOR

TEHNIČNI PREGLED

ODPRAVA POMANJKLI-
VOSTI

SOGLASJA

UPORABNO DOVOLJENJE

SPREMLJANJE OBJEKTA
IN ODPRAVA POMANJKLI-
VOSTI V GARANC.D.

PROJEKTI IZVEDENIH DEL

primeru prehiteva scenarij po zakonu, ker ga moramo izdelati pred izdelavo projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja in pred pridobitvijo gradbenega dovoljenja samega. Obe možnosti sta neprijetni. Prva zahteva izdelavo investicijskega programa s pomanjkljivimi podatki in ga bo treba spreminjati, druga pa prejucira tehnologijo pred pridobitvijo gradbenega dovoljenja, ko zahteve do izvajalcev del in do opreme (tehnološke) še niso znane.

Kje si bo bodoča praksa pri tem utrla svojo logično pot, še ni jasno. Jasno pa je, da je prav na tem danes v Sloveniji precej tavanja, predvsem pri gradnji velikih zapletenih energetskega objektov, čeprav se tega pogosto niti ne zavedamo.

Naše izkušnje kažejo, da bi morala biti zakonjena za take objekte varianta logičnega investicijskega procesa.

Kako in kdaj do izbire tehnologije?

Poizkus določitve logičnega poteka investicije, ki bazira na zahtevni ali novi tehnologiji — posebno, če je le-ta uvožena, kaže slika 2. Ker so ti postopki izvedeni pred izdelavo definitivnega investi-

cijskega programa, to je preden je po zakonu o investicijski dokumentaciji investicija sploh odobrena, investitor v tej proceduri še ne more prevzeti od ponudnikov nobenih materialnih obligacij. Zato morajo biti postopki ali samo informativni, preliminarni, ali pa mora investitor zahtevati od ponudnikov take opcijske roke, da bo lahko, še preden se bo definitivno odločil za dobavitelja ter z njim sklenil ustrezno pogodbo, pripravil idejni projekt, investicijski program ter izvedel postopek njegove potrditve in sprejema.

Tudi ta možnost ni idealna, ker bi moral investitor strokovno obdelati po odobritvi investicijskega programa pred nakupom tehnologije z opremo še projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja s soglasji in pridobiti definitivno gradbeno dovoljenje z vsemi eventualnimi omejitvami in pogoji. Za vse to pa mora biti bodisi opcija ponudb zelo dolga, kar ni realno pričakovati, ali pa je treba pripraviti vse naštetu glede na obseg v izredno kratkem času. Za tak napor pa mora biti strokovna služba investitorja primerno močna in dobro organizirana.

Možnosti so seveda še druge, ki se že uporabljajo v praksi. Obstoji pa vprašanje njihove logične upravičenosti in kot že rečeno, celo zakonitosti.

Parcialno gradbeno dovoljenje

Osnovna shema investicijskega procesa se nadalje zaplete pri gradnji več objektov v okviru ene investicije, ki pa med seboj časovno niso usklajene. V takem primeru lahko sledimo logiki poteka ločeno za vsak objekt. Pri tem pa naletimo na vprašanje, ali lahko in ali je pravilno, da dobimo oz. zahtevamo gradbena dovoljenja parcialno, ko še ne vidimo celote.

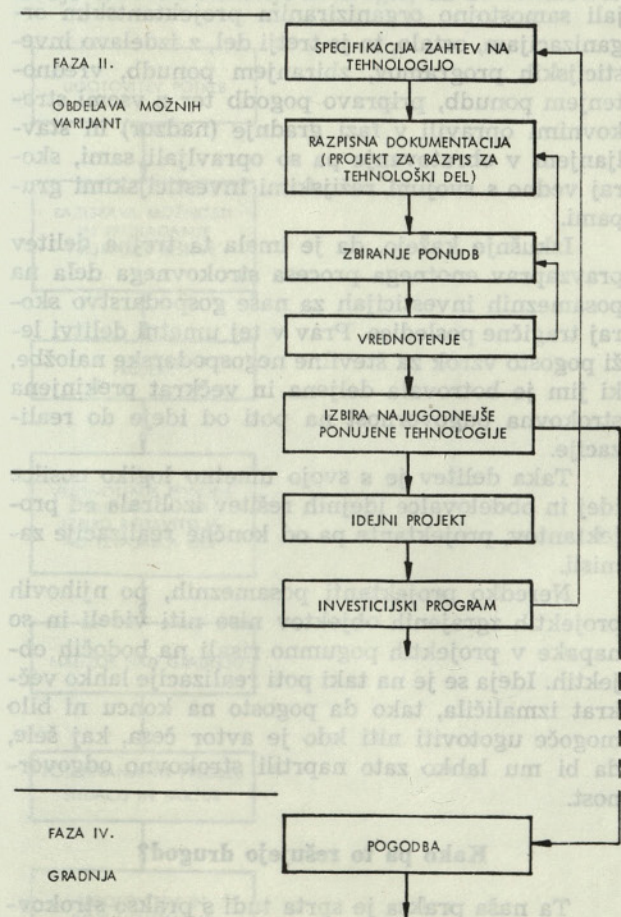
Projekti za izvedbo

V praksi nadalje naletimo na vprašanje, kdo bo delal projekte za izvedbo. Če jih dela projektant, ki je delal skladno z osnovno shemo investicijskega procesa projekte za pridobitev gradbenega dovoljenja in tudi projekte za razpis, je logično, da nastopa taka faza pred sklenitvijo pogodbe z izvajalci ter da so pravzaprav projekti za izvedbo identični s projekti za razpis.

Če pa investitor pričakuje, da bo dobil ugodnejše ponudbe za izvajanje in dobavo opreme, če prepusti izdelavo projektov za izvedbo, zaradi možnosti uporabe njihove lastne tehnologije, izvajalcem in dobaviteljem, pa sledi izdelava le-teh časovno šele po sklenitvi pogodbe z izvajalci.

V takem primeru pa nastopa legalno vprašanje, kdo strokovno jamči, da so projekti za izvedbo skladni s projekti za pridobitev gradbenega dovoljenja, posebno če je dobavitelj ali izvajalec del inozemska firma.

Projekte za izvedbo lahko torej delamo bodisi v III. ali pa v IV. fazi investicijskega procesa.



Sl. 2. Varianta investicijskega procesa pri zapleteni ali novi tehnologiji

Projekti izvedenih del

Podobne probleme srečamo pri projektih izvedenih del. Nesporno je za izdelavo projektov izvedenih del najlažje zadolžiti s pogodbo izvajalca del ali dobavitelja opreme. V tem primeru nastopajo isti problemi, kdo strokovno jamči oz. potrjuje, da so dela prvič izvedena skladno s projekti za pridobitev gradbenega dovoljenja in drugič, da so projekti izvedenih del resnično skladni z izvedbo. Ostaja tudi vprašanje, kdo smotrno uredi in kompletira vse projekte, kjer nastopa več izvajalcev, in kdo odgovarja za kompletnost tega dela tehnične dokumentacije. Še bolj je zadeva zapletena, če so dobavitelji mešani, domači in tuji.

Finančna konstrukcija

Vzporedno z osnovno shemo investicijskega procesa mora biti reševano vprašanje zbiranja sredstev oz. finančne konstrukcije, ki mora biti definitivno rešeno po zakonu o graditvi objektov pred vlogo za pridobitev gradbenega dovoljenja, po zveznem zakonu o zagotovitvi plačil pa dodatno z ustreznimi plačilnimi instrumenti do sklenitve pogodbe z dobavitelji in izvajalci (faza III).

Vračanje nazaj v proces

Osnovna shema ilustrira nadalje nujnost, da so pogosto rezultati dela posamezne faze ali aktivnosti negativni, nesprejemljivi, kar zahteva, da se vračamo v investicijskem procesu za enega ali več korakov nazaj. Izkušnje kažejo, da so te možnosti zelo realne, če ne celo nujne skoraj pri vseh aktivnostih, posebno pa pri obdelavi variant možnih rešitev med I. in II. fazo, pri izdelavi investicijskih programov, pri iskanju soglasij, pri zbiranju ponudb, pri vrednotenju ponudb, pri sklepanju pogodb in pri reševanju finančne konstrukcije. Investitorji običajno tem možnostim v svojih terminskih planih ne dajejo na razpolago nič rezervnega časa, kar se jim pogosto zelo otepa.

Delitev dela in pristojnosti

Shema na sliki 1 skuša potegniti črto med delom, pristojnostmi in odgovornostmi raznih udeležencev na strani vlagateljev, upravljavcev družbenih sredstev in njihovimi režijskimi ali pogodbenimi strokovnimi službami. Da potegnemo to črto, je nujno, ker se posamezni udeleženci v investicijskem procesu, pa čeprav opravljajo vsebinsko samo še tako majhno, točno določeno strokovno delo, v naši praksi še vedno vse preveč radi identificirajo kot klasični investitorji, to je tisti, ki vlagajo svoj denar in v proces vpletajo predvsem svoje lastne interese, širše družbene interese pa zanemarjajo.

Ta shema bazira na logiki nove ustave, da so vlagatelji TOZD, ki ustvarjajo in združujejo sred-

stva za nove naložbe, ali znotraj svojih organizacij združenega dela ali SOZD ali pa v okviru samoupravnih interesnih skupnosti, kjer združujejo sredstva za reševanje skupnih problemov. Po ustavi je odločanje v investicijskem procesu, ki ima za posledico materialne obveze, neodtujljiva pravica in dolžnost teh TOZD. Shema skuša grafično prikazati sklepe, ki jih morajo v tem procesu sprejeti TOZD ali njihove skupnosti.

Organizacija strokovnega dela

Strokovno delo v imenu in za račun investitorja (vlagatelj) je v shemi po aktivnostih nanizano v predalčkih. Bistvo tega strokovnega dela je, da za rezultate svojega dela prevzame strokovno in moralno odgovornost, materialno pa le v omejenem obsegu, kot to določajo sporazumi med vlagatelji in režijskimi strokovnimi službami ali pogodbenimi partnerji.

V naši povojni praksi smo se to delo navadili deliti vsaj na tri dele. Prvi del so obdelovale običajno razvojne službe TOZD ali redkeje pogodbeno samostojne znanstveno-raziskovalne institucije (I. faza), del druge, brez investicijskih programov, in del tretje faze, brez zbiranja ponudb, vrednotenja in priprave pogodb, so investitorji običajno oddajali samostojno organiziranim projektantskim organizacijam, ostalo, to je tretji del, z izdelavo investicijskih programov, zbiranjem ponudb, vrednotenjem ponudb, pripravo pogodb ter z vsemi strokovnimi opravili v fazi gradnje (nadzor) in stavljanjem v obratovanje pa so opravljali sami, skoraj vedno s svojimi režijskimi investicijskimi skupinami.

Izkušnje kažejo, da je imela ta trojna delitev pravzaprav enotnega procesa strokovnega dela na posameznih investicijah za naše gospodarstvo skoraj tragične posledice. Prav v tej umetni delitvi leži pogosto vzrok za številne negospodarske naložbe, ki jim je botrovala deljena in večkrat prekinjena strokovna odgovornost na poti od ideje do realizacije.

Taka delitev je s svojo umetno logiko nosilce idej in obdelovalce idejnih rešitev izolirala od projektantov, projektante pa od končne realizacije zamislila.

Neredko projektanti posameznih, po njihovih projektih zgrajenih objektov niso niti videli in so napake v projektih pogumno risali na bodočih objektih. Ideja se je na taki poti realizacije lahko večkrat izmaličila, tako da pogosto na koncu ni bilo mogoče ugotoviti niti kdo je avtor česa, kaj šele, da bi mu lahko zato naprtili strokovno odgovornost.

Kako pa to rešujejo drugod?

Ta naša praksa je sprta tudi s prakso strokovnega dela na investicijskem procesu v razvitem svetu, kjer režijska, pogostejša pa pogodbeno stro-

kovna služba investitorja opravlja vsa potrebna strokovna dela po shemi na sliki 3.

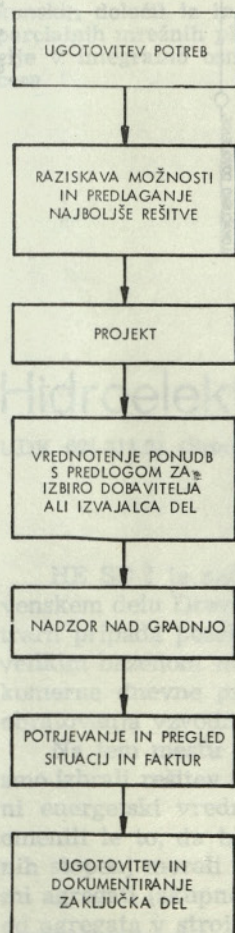
Slika 3 kaže logični tok investicijskega procesa od potrebe, preko raziskave možnih rešitev, preko projektov do zbiranja ponudb, izbire najugodnejših izvajalcev in dobaviteljev, vse naprej, ko logično nadaljujemo s pripravo pogodb in z nadzorom nad izvajanjem del in dobavo opreme in vse do konca, to je do ugotavljanja zaključka vseh del vseh pogodbenih partnerjev.

Strokovne storitve v tem obsegu opravljajo v svetu tako imenovane konzultantsko-inženirske firme (Consulting Engineers). Naša zakonodaja, kot je predstavljena v osnovni shemi na sliki 1, pravzaprav v tem vsebinsko sledi praksi razvitega sveta, v naši praksi pa je na žalost nujnost enotne, neprekinjene strokovne odgovornosti, celo med delavci, ki se že leta ukvarjajo z investicijsko dejavnostjo, še vse premalo znana, kaj šele tudi sprejeta.

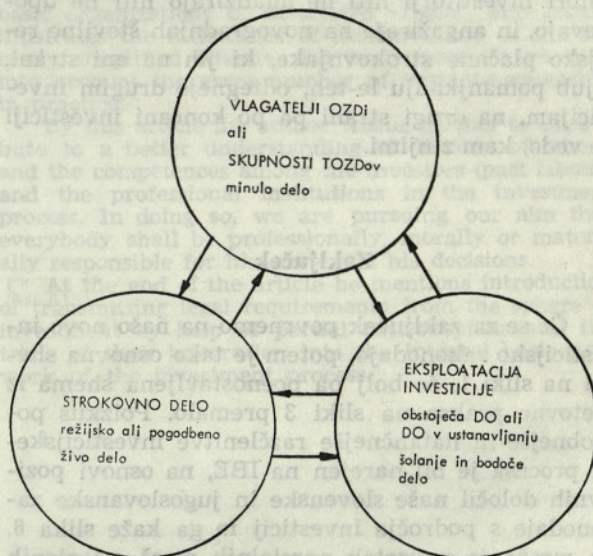
In kdo bo odgovoren za obratovanje?

V investicijskem procesu na strani vlagateljev, seveda nastopa poleg naštetih strokovnih služb še tretja sila, to so delavci, ki bodo prevzeli skrb, da bo novo zgrajeni objekt prvič opravljal normalno svojo osnovno funkcijo in drugič, da bo vračal vlo-

ženo ob dogovorjeni oz. planirani akumulaciji. V razvitem svetu formiranje takega teama spada pod strokovno profesionalno delo — šolanje in priprava kadrov za potrebe nove investicije, v naši praksi pa to skrb običajno prevzame eden od že obstoječih TOZD, ki bo prevzel novo investicijo v upravljanje, ali pa se formira nov TOZD v izgradnji. Za uspeh investicije je vsekakor bistveno, da je rast tega kolektiva z napredovanjem investicijskih del sinhronizirana ter da ima nastopajoči novi kolektiv zagotovljeno možnost smotrnega vpliva na projekt za izvedbo del z namenom, da bo v stanju avtoritativno prevzeti odgovornost za projektirano eksploatacijo novega objekta. Ta tretja komponenta je pri nas čisto ali zanemarjena ali pa pretirano poudarjena, kar zmanjšuje racionalnost dela na investiciji ali pozneje v eksploataciji. Na naši osnovni shemi na sliki 1 ta komponenta ni posebno predstavljena, medsebojne odnose vseh treh bistvenih komponent vsake investicije na strani vlagateljev pa zato ilustrira slika 4.

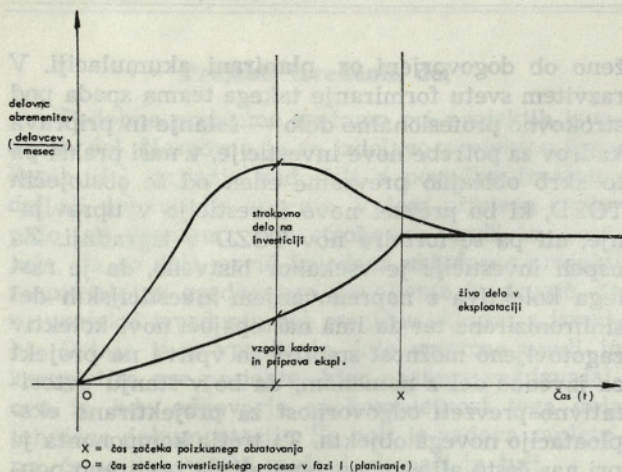


Sl. 3. Obseg storitev konzultantsko-inženirskih podjetij (Consulting Engineers)



Sl. 4. Delitev funkcij in medsebojni vpliv med vlagatelji, strokovnim delom in obratovanjem

Sodelovanje z intenzivnim medsebojnim vplivom, vendar s točno deljeno pristojnostjo in odgovornostjo vseh treh komponent je za uspeh vsake investicije nujnost. Zmešnjava, ki je pogosto prisotna pri delitvi pristojnosti in odgovornosti v naši praksi, je dostikrat boter neuspešnim investicijam. Slika ilustrira različne stopnje dela od vlagateljev, ki vlagajo že ustvarjeno, akumulirano minulo delo zaradi svojih lastnih interesov v bodočnosti, živo delo, ki ga v investicijskem procesu vlagajo strokovni delavci in šolanje kadrov, ki ima namen pripravo kadrov za uspešno eksploatacijo po dograditvi (bodoče delo). Časovni potek delovne obremenitve kaže slika 5. Slika ilustrira, da je delovna obremenitev strokovnjakov za investicijsko izgradnjo v času investiranja lahko tudi nekajkrat večja, kot



Sl. 5. Delitev delovne obremenitve na strokovnjake za investicijsko gradnjo in strokovnjake za obratovanje

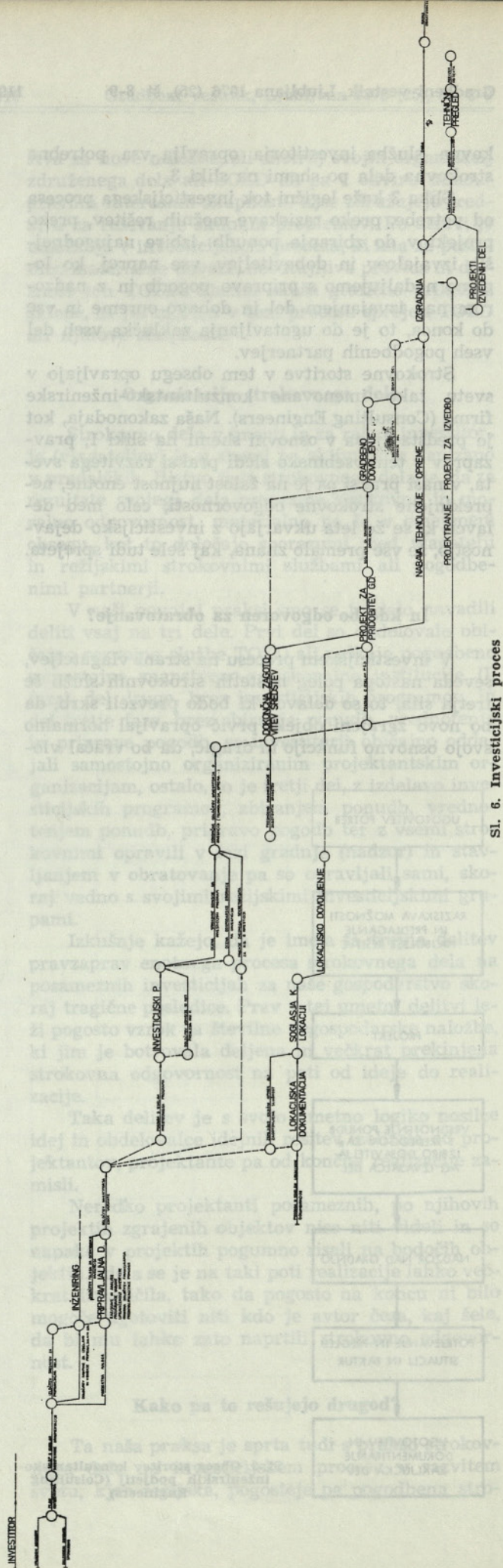
pa bo obremenitev v redni eksploataciji, česar ne kateri investitorji niti ne analizirajo niti ne upoštevajo, in angažirajo na novogradnjah številne režijsko plačane strokovnjake, ki jih na eni strani, kljub pomanjkanju le-teh, odtegnejo drugim investicijam, na drugi strani pa po končani investiciji ne vedo, kam z njimi.

Zaključek

Če se za zaključek povrnemo na našo novo investicijsko zakonodajo, potem je tako osnovna shema na sliki 1, še bolj pa poenostavljena shema iz svetovne prakse na sliki 3 premalo. Poizkus podrobnejše in natančnejše razčlenitve investicijskega procesa je bil narejen na IBE, na osnovi pozitivnih določil naše slovenske in jugoslovanske zakonodaje s področja investicij in ga kaže slika 6. Ta mreža je povzetek parcialnih mrež, narejenih po določitih posameznih zakonov. Za sedaj v naši praksi še ni verificirana in jo zanesljivo čakajo številne modifikacije, tako zaradi časovne logike, kot zaradi še ne odkritih ali na novo uzakonjenih medsebojnih odvisnosti.

Trud se bo vsekakor izplačal. Nam, ki želimo in smo tudi strokovno odgovorni, da racionaliziramo investicijske procese in se tudi profesionalno z njimi ukvarjamo, pomenijo te mreže že sedaj znaten prihranek na času. Že sedaj pomeni njihova uporaba prispevek k jasnejši sliki procesa, določitvi jasnejših pristojnosti in odgovornosti, jasnejši sliki o stanju in napredovanju del itd., kot nujno podlogo za avtomatsko obdelavo podatkov v investicijskem procesu.

Matjaž Senčar, IBE, oktober 1976: Osnovna mreža investicijskega procesa.



Sl. 6. Investicijski proces

Viri

1. Zakon o graditvi objektov, Uradni list, 11. dec. 1973.
2. Zakon o investicijski dokumentaciji, Uradni list SRS, 7/1976.

UDK 336.645.1

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ST. 8-9, STR. 115-121

Natan Bernot:

INVESTICIJSKI PROCES OD DRUŽBENEGA
PLANA DO OBRATOVANJA

Novi zakoni odpirajo nove odnose v investicijskem procesu. V članku jih avtor želi poenostaviti do stopnje, da lahko sledimo njihovi logiki. Ta nam je nujno potrebna prav na tej stopnji razvoja naše samoupravne socialistične družbe, ko želimo dosledno prenesti odločanje o razširjeni reprodukciji na delavce združene v TOZD. Članek ilustrira težave interpretacije že tako poenostavljene sheme, kaj šele, če upoštevamo množico variant, ki nastopajo v praksi.

Nadalje želi članek prispevati k jasnejši sliki o delitvi dela in pristojnosti med vlagatelji (minulo delo) in strokovnimi službami v investicijskem procesu. Pri tem zasledujemo cilj, da bo vsak za svoje delo in sklepe nosil svoj jasno določen del strokovne, moralne ali materialne odgovornosti.

Članek na koncu omenja uvajanje prenašanja zakonskih določil iz investicijskega področja s pomočjo parcialnih mrežnih planov in poizkuse njihove integracije v integralno osnovno mrežo investicijskega procesa.

3. Zakon o zagotovitvi plačil, Uradni list SFRJ. 60/1975.

4. The Association of Consulting Engineers: About Consulting Engineers, London, oktober 1972.

5. C. M. Stanley: The Consulting Engineer, London, december 1962.

UDC 336.645.1

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 115-121

Natan Bernot:

INVESTMENT PROCESS FROM SOCIAL PLANNING
TO OPERATION

New laws require new relations in the investment process. In the article the author has tried to simplify them to such a degree as to enable us to follow their logics which is inevitably necessary at this stage of development of our self — managing socialist society where we wish to carry over the decisions about the extended reproduction on the workers associated in basic organizations of associated labour. The article illustrates the difficulties of interpretation of the already simplified scheme and even more, if we take into account the great number of variants appearing in practice.

By this article the author wishes further to contribute to a better understanding of division of labour and the competences among the investors (past labour) and the professional institutions in the investment process. In doing so, we are pursuing our aim that everybody shall be professionally, morally or materially responsible for his work and his decisions.

At the end of the article he mentions introduction of transmitting legal requirements from the sphere of investment by help of partial networkplans and the trials of their integration into the integral basic network of the investment process.

Hidroelektrarna Srednja Drava 2 (HE SD 2)

UDK 621.311.21 (Srednja Drava 2)

JANKO VALANT, DIPL. INŽ.

1. Uvod

HE SD 2 je zadnja energetska stopnja na slovenskem delu Drave ter ji zato v verigi osmih elektrarn pripada posebna vloga. S svojim razmeroma velikim bazenom mora namreč izravnati neenakomerne dnevne pretoke, ki so posledica vršnega obratovanja vzvodnih naprav.

Na tem mestu ne bi razpravljali o tem, zakaj smo izbrali rešitev s kanalom, kakor tudi ne o njeni energetski vrednosti v sistemu. Glede tega bi omenili le to, da bi namesto SD 2 v primeru rečnih stopenj morali zgraditi tri elektrarne s po tremi agregati (skupno 9), od katerih bi vsak bil težji od agregata v strojnici Formin, kjer sta samo 2.

Če bi pa HE SD 2 ne zgradili, bi morali z obstoječimi elektrarnami tako obratovati, da bi HE Varaždin dobila vodo pravočasno. Ta okolnost bi zmanjšala energetsko vrednost že obstoječih elektrarn za eno že zgrajeno stopnjo. HE SD 2 zaradi svojega položaja dobiva vrednost dveh elektrarn.

Podatki o elektrarni:

P_p	— 13.664 km ² površina povodja do Maribora
Q_n	— 300 m ³ /s srednji letni pretok
Q_i	— 2×225 m ³ /s instalirani pretok
H_{br}	— 29 m bruto padec elektrarne
P	— 2×56.000 kW — instalirana moč naprave
E	— 582×10^6 kWh — srednja letna proizvodnja

Glavna gradbena dela

Objekt	pešč. prod	Izkop (1000 m ³) lapor	skupaj	Nasip 1000 m ³	Beton 1000 m ³	Armatura t	Asfalt 1000 m ²
Bazen	1160	—	1160	1200	6,9	280	183
Jez	278	11	289	86	49	1270	3,8
Dovodni k.	1170	—	1170	2850	0,2	4	556
Strojnica	468	258	726	370	70	2590	13
Odvodni k.	5140	1080	6740	490	1,6	75	—
Skupaj	8216	1349	9565	4996	127,7	4219	755,8

Iz gornjih podatkov je moč presoditi veličino tega 25 km dolgega gradbišča, ki naj bi bilo končano v treh letih.

Menimo, da bi tako velik objekt, pri katerem se pojavlja niz problemov, zanimivih za vse veje gradbeništva, zaslužil dosti področnejši prikaz v svoji posebni številki GV. Morda bo za to prilika kasneje ob koncu gradnje. V nadaljnjem bomo prikazali samo kratek opis in bežen pregled gradbenih del.

Z nadaljnjim opisom bomo torej skušali prikazati samo bežno sliko tega velikega objekta. Seveda je še mnogo zanimivih detajlov in problemov, ki se pojavljajo pri gradnji in ki bi zanimali gradbenika, vendar nam niti čas niti prostor v tem trenutku tega ne dopuščata. Vsekakor pa si je vredno objekt ogledati.

2. Kratek opis objekta

Jezovna zgradba je postavljena v korito Drave pri vasi Markovci in ji je na levem bregu priključen vtok v dovodni kanal. Jez ima 6 pretočnih polj $17 \times 7,5$ m, ki lahko prepuščajo pretok $4150 \text{ m}^3/\text{s}$. Z dvigom gladine na koto 220,0 m nastane bazen dolžine 6 km s površino nad $4,2 \text{ km}^2$, ki sega do izliva kanala SD 1 v Dravo vzdolžno od Ptuja.

Ker je teren na področju bazena razmeroma nizek, je ves bazen obdan z nasipi, ki pri jezu dosežejo višino nad 8 m, na področju Ptuja pa prehajajo v visokovodne zaščitne nasipe (ali delno zidove).

Dovodni kanal, po katerem teče voda k strojnici, je dolg 8,5 km, speljan po visoki obdravski

terasi in preseka velik dravski ovinek, ki si ga je Drava izdolbla proti Borlu. Strojnična zgradba je nameščena pri vasi Formin. V njej so poleg dveh skupin strojev postavljene še druge pomožne naprave.

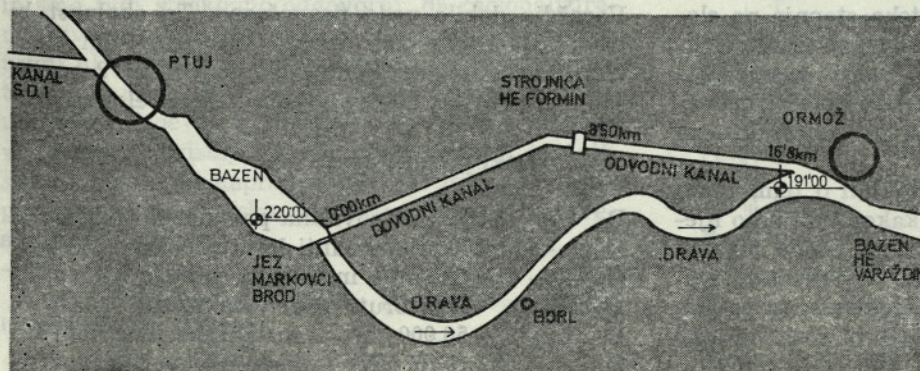
Odvodni kanal dolžine 8,2 km je globoko zakopan v nizko, halocensko teraso ter s svojim dnom in deloma brežinami sega v pliocenske laporje v dolžini 5700 m. Izliv odvodnega kanala v Dravo je določen pri izlivu Pesnice (v Dravo), do koder sega bazen nizvodne HE Varaždin.

3. Opis posameznih objektov

3.1 Bazen je projektiran kot zadrževalnik z nihanjem gladine od kote 220,0 do 219,0 m kar omogoča akumuliranje $4,205 \text{ hm}^3$ vode in zadostuje za izravnavo dnevnih variacij pogona, če je prirodni dotok $150\text{--}300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prehodna raziskovalna dela na bazenu so bila zelo obširna in so obsegala poleg ostalega:

1. Geološke raziskovalne vrtnice za določitev lege nepropustne pliocenske podlage (laporjev in prodov).
2. Ugotavljanje globine pliocenske podlage v trasi tesnilnih sten.
3. Ugotavljanje debeline peščeno meljaste krovnine na področju nasipov in na področju »preproge« pred nasipi.
4. Črpalne poskuse na obeh bregovih vzdolž nasipov za določitev koeficientov propustnosti prodov in meljev.
5. Raziskovanje lege in nihanja podtalnice (na celotnem vplivnem področju SD2).
6. Vrsto geomehanskih raziskav zemljin.



Slika 1

Geološko stoji bazen na 7 do 17 m debelem sloju kvartarnih naplavin, pod katerimi so večinoma pliocenski laporji, v vzvodnem delu pa pliocenski prodi, peski in konglomerati.

Kvartarni prodi so propustna osnova jezera s povprečnim koeficientom propustnosti $k = 2$ do 8×10^{-1} cm/s. Na srečo so prekriti s peščeno meljastim slojem debeline 50–100 cm, ki je ponekod tudi tanjši ali debelejši.

Prav ta sloj naj bi kot nepropustna »preproga« pred nasipi preprečeval večje uhajanje vode iz bazena. Koeficient propustnosti znaša $k = 10^{-5}$ do 10^{-6} cm/s. V nekaj primerih smo izmerili vrednost koeficienta $k = 10^{-4}$ cm/s, nekajkrat pa tudi 10^{-7} cm/s. Torej je površinski sloj od tisoč do stotisočkrat manj propusten kot peščeno prodna podlaga. Razen tega računamo še s tem, da se bo bazen zatesnil, ko bo prva višja voda odložila melj in pesek.

Kot že rečeno, je ves bazen omejen z bodočimi nasipi. Telo nasipa je iz peščeno prodnega materiala. Sam nasip je tesnjen z asfaltno oblogo (2×5 cm), nanjo pa se veže na vodni strani meljasti, zelo malo propustni sloj. Odvisno od potenciala (h) mora biti pas meljastega sloja širok najmanj 50–70 m. Ta pas bo na vseh mestih, kjer so sonde pokazale, da je tanjši od 60 cm, odebeljen do te mere. Nadaljnjih 50 m od nasipa proti koritu Drave je zaščiten pas, kjer prirodne preproge ne smemo oslabiti. Na tak način podaljšamo pot pronikli vodi (skozi

prodni sloj), torej padec zmanjšamo ($i = \frac{h}{l}$) in s tem količino pronicanja.

Kljub temu je teoretski račun pokazal, da bo na vsakem bregu v začetni fazi po ca. 8 m³/s izgub, ki jih zajamemo v drenažna kanala ob nasipih. To vodo speljemo v strugo Drave pod jezo.

Z drenažnim kanalom ob levem bočnem nasipu odvajamo obenem tudi potoka Grajeno in Ragoznico, ki sta se doslej izlivala v Dravo v Ptuj oziroma pri Budini.

S tem v zvezi moramo omeniti, da na področju mesta Ptuja proniklo vodo zajamejo v zaprto cevno drenažo, položeno na višino srednjega dravskega vodostaja. Drenaža kot celota mora obdržati podtalnico, ki se je doslej gibala odvisno od njene Drave, na približno isti višini.

Pri gradnji nasipov ni bilo večjih težav. Mestoma so nastale težave na področju starih dravskih rokavov, kjer so se pojavljala nenosilna (humusna, zamočvirjena) tla. Na teh mestih smo morali material zamenjati, da smo si lahko ustvarili dovolj odporen planum za gradnjo nasipa. Nekaj

težav je bilo tudi pri zbijanju planuma, ker ima meljasto peskasti sloj zelo ozko področje optimalne vlage, pri kateri se da doseči največjo zbitost. Kljub pogostemu slabemu vremenu so bile te težave premagane in gradnja nasipov dokaj hitro napreduje.

Se največji problem pri gradnji bazenskih nasipov je povzročal primanjkljaj nasipnega materiala. Skoraj vsega smo morali pridobiti iz stranskih odvzemov, deloma tudi iz vode. Pri jemanju materiala iz vode je izpiralo najfinejšje frakcije, kar ni bilo ugodno za doseg zahtevanih zbitosti nasipov.

Na mestih, kjer se nasipi preveč približajo Dravi in zato ni bilo moč zagotoviti dovolj širokega pasu meljaste preproge, tesnimo bazen z vertikalno tesnilno steno. Za tesnilno steno je izbran sistem ETF, po katerem vibracijsko zabijamo v teren jeklene I nosilce, pri izvlačenju pa se injektira v nastali prostor glineno-cementna masa. Na področju mestnega območja Ptuja smo se z oblikovanjem nasipov morali prilagoditi videzu tega starega naselja, zato sta brežini Drave obloženi s kamnito oblogo na peščeni podlagi do višine 1 m nad statično gladino, zavarovanje pred visokimi vodami pa bo izvedeno na levem bregu delno s kamnitim zidom, na desnem in delno levem bregu pa z zatravljenim nasipom.

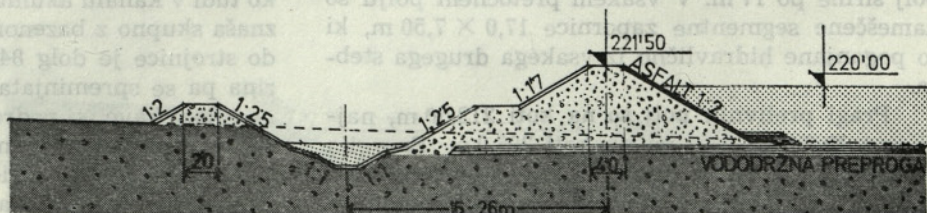
3.2 Jezovna zgradba in vtočni objekt

Pri projektiranju gradbene jame jezu smo morali upoštevati zelo kratek rok izgradnje in pogoj, da se v nobenem primeru ne sme gladina vzvodno od gradbene jame dvigniti za daljše obdobje zaradi izgradnje bočnih nasipov na nizkem terenu.

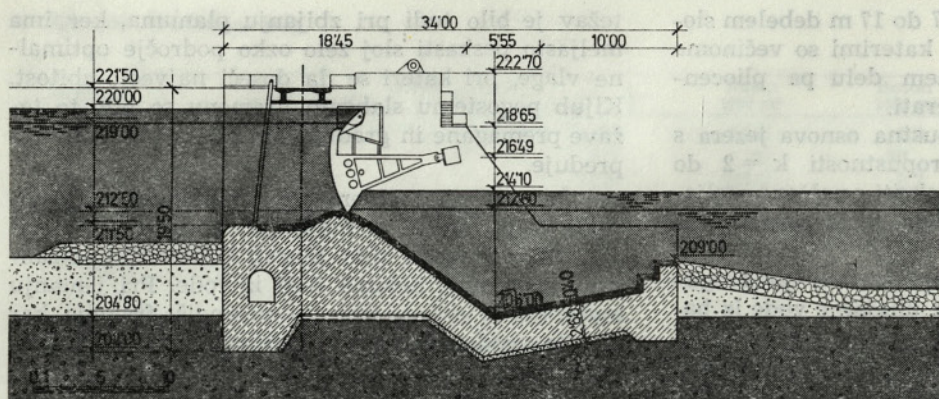
Zato nikakor nismo mogli uskladiti rokov z več gradbenimi jamami, ki bi parcialno razdelile korito in si časovno sledile, kajti pri ograjevanju smo vezani na nizke vode Drave. Zato smo se odločili za enotno gradbeno jamo, ki ščiti gradnjo jezu in vtočnega objekta v kanal.

Med gradnjo smo Dravo preusmerili v 900 m dolg in 40 m širok obtočni kanal, ki ga je kasneje voda sama razširila na projektirano širino 90 m. Zaradi možnosti visokih voda v času gradnje se bočni nasipi v dolžini 500 m od jezu na desnem bregu ne smejo graditi (poplavno ozemlje), preden Drava ni ponovno preusmerjena v staro korito.

Ko je bila kineta obtočnega kanala izkopana, smo z vzvodnim nasipom preko Drave vodo pre-



Slika 2



Slika 3

usmerili in nato zgradili nasip še na nizvodni strani ter povišali zaščito na desnem bregu. Skozi ta začasni nasip ter na obeh bregovih smo gradbeno jamo zatesnili še z glineno-betonsko tesnilno steno sistema »Rodio«. S tem smo dosegli minimalno pronicanje in gradnja poteka praktično v suhem, ob minimalnem prečrpavanju vode.

Predhodne raziskave so obsegale predvsem geološke raziskovalne vrtnice za določitev lege laporne plasti, na kateri sta temeljena jez in vtočni objekt in geomehanske raziskave kvalitete laporjev.

V Vodogradbenem laboratoriju pa smo preiskovali predvsem natočne razmere na jez, dolžino podslapja in uničevanja energije pretočne vode ter zaščito korita vzvodno in nizvodno od jez. Zaradi izredno velikih količin plavin, ki jih višje vode Drave lahko prinašajo v kanal in proti strojnici, smo se odločili kanal zaščititi s potopljeno steno na vtoku. Vodogradbeni laboratorij je v ta namen izdelal hidravlični model, ki je oblikoval »potopno steno« in predpisal način obratovanja z zapornicami, da se plavine odstranijo izpred stene.

Stebri in pretočna polja so temeljeni na miocenskih laporjih, katerih površina se giblje med kotama 204,2 do 206,7 m.

Laporji so po večini plastoviti. Plasti so zelo strme v nagibu 40° do 60° v smeri, ki je ugodna za stabilnost jez. Preiskeve propustnosti laporjev so pokazale, da so vodne izgube pri pritisku 10 atm po večini manjše od 1 l/s/m' (po Lugeonu), le v nekaj vrtninah je propustnost nekaj večja.

Konstrukcijsko je jezovna zgradba zasnovana tako, da so stebri in obrežna zidova z vzdolžno dilatacijo ločeni od pretočnih polj. Vendar je pretočno polje v stebra zaklinjeno, tako da se del horizontalnih sil na pretočno polje prenaša nanju.

Kot je bilo že omenjeno, ima jez 6 pretočnih polj širine po 17 m. V vsakem pretočnem polju so nameščene segmentne zapornice $17,0 \times 7,50$ m, ki so poganjane hidravlično iz vsakega drugega stebra.

Pragi prelivnih polj so na koti 212,50 m, najnižje točke podslapij pa na koti 206,0 m. Energija prepadačoče vode se uničuje ob razbijačih v dnu vsakega podslapja in ob nizvodnem zaključnem

pragu na koti 209,0 m. Vodni skok ostaja v podslapju tudi pri največjih visokih vodah.

Pretočna polja so proti eroziji zaščiteni z 0,2 m debelim slojem porfirnega betona.

Stebri med pretočnimi polji so široki po 4,0 m. Dimenzionirani so na horizontalne sile, ki se prek zapornic prenašajo nanje, prevzemajo pa tudi del sil pretočnega polja. Ležišče za zapornice je jeklen nosilec, s prednapetimi kabli sidran v kontrolni hodnik v vzvodnem temeljnem pragu.

Vsako pretočno polje je premoščeno z armiranobetonskim mostom širine 4,10 m. Mostovi montažne izvedbe so dimenzionirani za promet vozil do 25 t in na horizontalni pritisk pomožnih zapornic (»igel«), ki se postavljajo v primeru popravil na glavnih zapornicah.

Vzvodno je jez na levem bregu povezan z vtočnim objektom. Vtočni objekt je v bistvu most prek štirih polj razpona po 16,80 m in konzolnima nastavkoma po 7,55 m. Nosilec (potopna stena) je škatlatega prereza $4,10 \times 3,60$ m, potopljen za 1 m pod najnižjo vodno gladino, s čimer preprečimo plavajočim predmetom vstop v kanal in do strojnice. Nosilec leži na stebrih, ki so temeljeni na laporjih in so medsebojno pod koto 210,0 m povezani z armiranobetonskim tesnilnim zidom. Razen prometne obtežbe mora potopna stena prenesti še pritisk ledu $3,4 \text{ t/m}^2$. S posebnim pravilnikom bo določeno, kdaj se mora led pred potopno steno razstreljevati in spuščati prek jez, če bi dolgo trajal izjemno hud mraz.

3.3 Dovodni kanal

Kanal SD 1 lahko obratuje samo s stalno gladino, v tej hidroelektrarni pa je kanal dimenzioniran za pretok $450 \text{ m}^3/\text{s}$ tudi pri znižanju gladine jezera s kote 220 na 219 m. Na ta način se izrabi lahko tudi v kanalu akumuliranih 438.000 m^3 vode, kar znaša skupno z bazenom 4.640 hm^3 . Kanal od vtoka do strojnice je dolg 8475 m, njegova globina in širina pa se spreminjata.

Raziskave s področja kanala so obsegale 9 strukturnih vrtn, ki naj bi pokazale lego laporne podlage na začetnem delu kanala, kjer smo sumili, da je lapor razmeroma visok, in na lokacijah mo-

stov. Z 91 ročnimi vrtinami smo hoteli ugotoviti debelino humusnega ter peskasto meljastega sloja, oziroma se prepričati, da nasipi ne bodo ležali na glinasti podlagi.

Gibanje podtalnice je bilo na Ptujem polju raziskovano 10 let. Dokaj točna ugotovitev njenega nihanja in smeri toka je bila podlaga za določitev lege dna dovodnega kanala.

Izbira trase kanala je bila — na splošno vzeto — podana z lego jezu in strojnice. Teren je ravninski in enakomerno pada v smeri toka vode, zato s premikanjem proti severu ali jugu od generalne linije ne bi mogli bistveno vplivati na količino zemeljskih del. Pač pa smo se izogibali predvsem naseljem in posameznim hišam.

Bolj kot zgradbe je prizadeto kmetijsko zemljišče, saj poteka kanal po intenzivno obdelanih površinah.

S traso kanala presekamo tudi komunikacije, od katerih je najvažnejša cesta Ptuj—Borl—Varaždin, druge ceste pa so lokalne ali poljske poti. Važnejše presekane komunikacije so povezane prek kanala s petimi mostovi. Ker smo se morali izogniti vplivu podtalnice, je bila s tem podana lega dna kanala in višina vode v kanalu. Iz izkušenj pri graditvi kanalov s težko mehanizacijo in pri polaganju obloge vemo, da nagib brežine, strmejši od 1 : 2, ni umesten. Zato smo izbrali notranji nagib brežine 1 : 2, zunanji pa 1 : 1,5, kar še dopuščajo stabilnostne analize. Da bi omogočili polaganje obloge, smo določili širino krone nasipa 4,0 m na koti 221,0 m. Na vseh teh osnovah in s hidravličnimi računi smo dali kanalu tole obliko:

Na odseku prvega kilometra je dno kanala široko 35,7 m s padcem 0,2 ‰ ter s srednjo višino vode 6,2 m. Od km 1,0 do 5,4 se kanal enakomerno oži na širino dna 8,0 m, padec dna je 1,1 ‰ in doseže globino vode 11,14 m. Od km 5,4 do strojnice je širina dna nespremenjena (8,0 m), padec dna 0,3 ‰ in globina vode 12 m. Tako oblikovan kanal daje pri polnem pogonu 450 m³/s 0,65 m hidravličnih izgub pri normalni gladini bazena in 1,25 m pri gladini. znižani za 1 m. Višina terena, po katerem poteka kanal, določa količino premikov zemeljskih

mas. Le na zelo kratkem odseku blizu km 1 je kanal v celoti vkopan, večinoma je profil mešan, na zadnjem kilometru pa je cel profil kanala v nasipu.

Zemeljska dela obsegajo tele količine:

— izkopa je 1,170.000 m³, od česar gre:

500.000 m³ v prečno izravnavo

445.000 m³ v nasipe bazena, ostanek

215.000 m³ pa za izdelavo betona in asfalta;

— vseh nasipov je 2,400.000 m³, pri čemer je ob upoštevanju stalne stisljivosti 17 ‰ treba vgraditi 2,850.000 m³ materiala. Ves material, razen iz prečnega izenačenja, je bil pripeljan iz strojnice (100.000 m³) in iz izkopov odvodnega kanala na transportno razdaljo 3.900 m (2,290.000 m³).

Pri gradnji nasipov s težko mehanizacijo se je pokazalo, da je zbitost nasipov mnogo večja od prirodnega stanja in to za 17 ‰ več vgrajenega materiala.

Vodotesnost kanala je zagotovljena z dvoslojno asfaltno oblogo 2 × 5 cm.

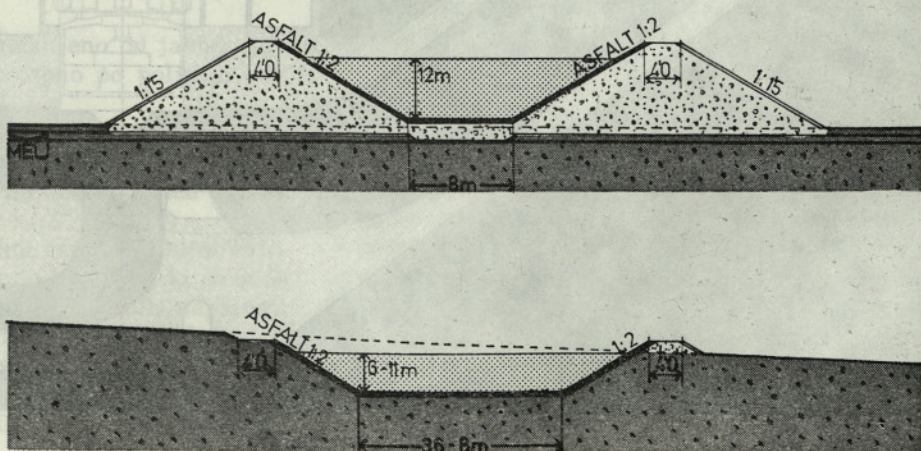
Gradnja kanala je potekala zelo hitro, brez večjih težav in zastojev. Nekoliko težav je nastalo na nekaterih mestih, kjer se je v podlagi pojavil debelejši sloj meljasto peskastega materiala, ki zelo počasi izpušča vlago in se ob neprimerni vlažnosti težko zbija. Taka mesta smo sproti sanirali z zamenjavo materiala.

Polaganje asfaltne obloge po začetnih težavah poteka brez večjih zastojev. Vse asfaltne obloge je 155.500 m² na dnu in 400.000 m² na brežinah.

3.4 Strojница HE Formin je dobila svoje ime po vasi, poleg katere je postavljena. To je projektantsko in operativno najbolj zahteven objekt.

Predhodne raziskave terena so obsegale geološke materialne raziskovalne vrtnice, s katerimi smo določili lego in kvalitete laporjev, na katerih je objekt temeljen. Razen tega smo ugotovili položaj podzemne vode, ki je bila praktično le nekaj desetim cm pod površino terena.

Raziskave so pokazale, da leži lapor povprečno na koti 194 m, nad njim pa je ca. 8 m kvartalnih naplavin, prod, peska in melja, deloma pa tudi nenosilna, humusna, močvirska tla.



Slika 4

Zamočvirjenost povzročajo potok Zvirenčina in izviri podtalnice, ki na tem mestu pridejo na dan izpod zgornje terase.

Strojnica je temeljena na trdnem, terciarnem laporju. Plasti padajo pod kotom $17-20^\circ$ proti severu. Pri izkopu se je pokazalo, da so mestoma med plastmi laporja tanki vložki temnosive gline, ki imajo kot notranjega trenja samo 12° , to je več kot dvakrat manj od laporja. Ti vložki niso bili ugotovljeni pri raziskavah. Zaradi njih so v gradbeno jamo zdrsnile zgornje laporne plasti, kar je nekoliko zavrlo tempo gradnje.

Da bi gradili v suhem, smo celotno gradbeno jamo ogradili s tesnilno steno sistema »Rodio«. Gradbena jama je zatesnjena v takem obsegu, da smo imeli v njej tudi transportne poti za odvoz materiala tega 30 m globokega izkopa. Vsa precejena voda je zajeta na kontaktu lapor—prod približno na koti 194,0 m.

Strojnica je masivna, armiranobetonska zgradba in v širšem pojmu obsega pogonski del z dvema agregatoma, vzvodne in nizvodne krilne zidove, za varovanje podslapja, priključek na odvodni kanal ter ureditev elektrarniškega dvorišča z razdelilno postajo ter okoljem.

Strojnična zgradba obsega vtočni del, strojničo, iztočni del ter pomožne obratne prostore.

Vtok v strojnico je opremljen z grobimi grabljami, čistilnim strojem in portalnim žerjavom za

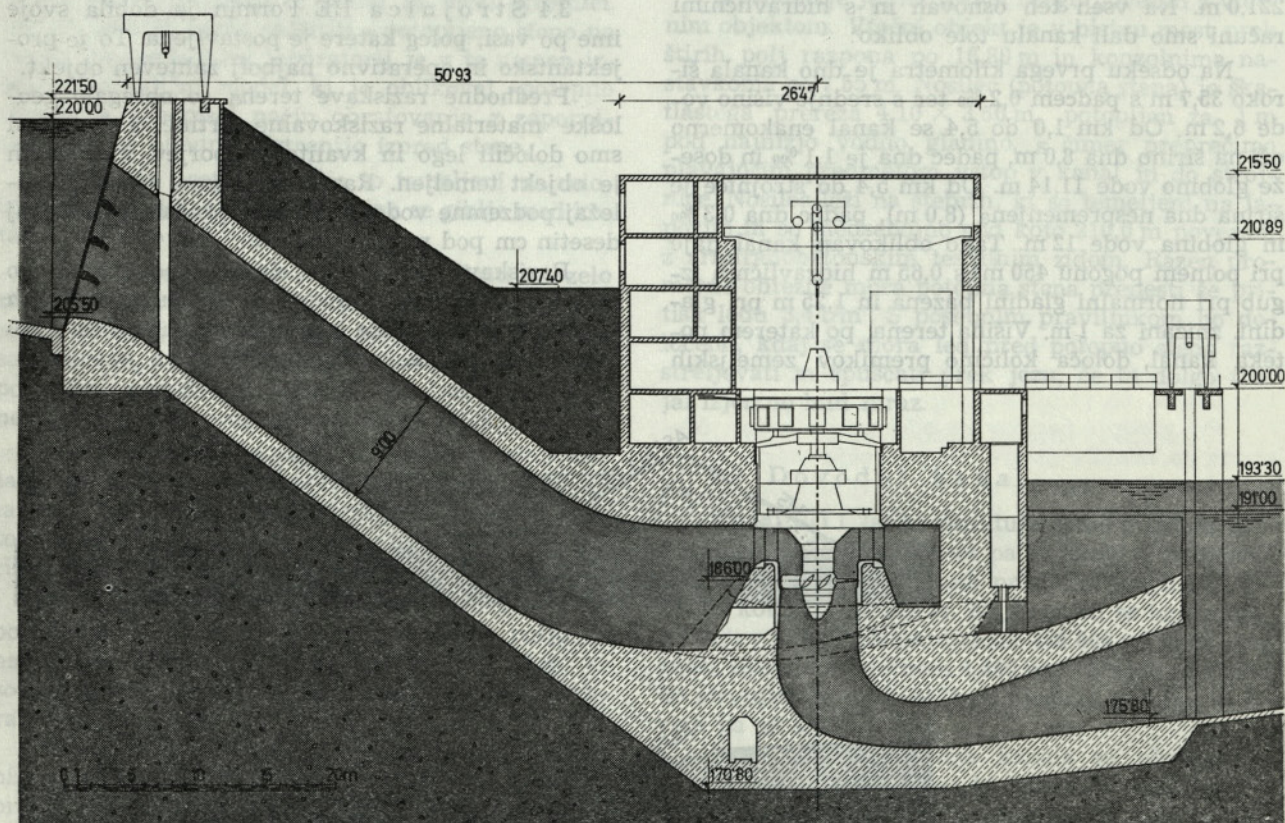
vlaganje pomožnih zapornic. Po vtočnih komorah voda priteka v armiranobetonsko spiralo ter skozi turbino v sifon, ki je enako kot vtok armiranobetonske konstrukcije.

Glavni pogonski element je armiranobetonska zgradba med vtokom in iztokom. V temelju tik pod spiralo je kontrolni hodnik, ki omogoča spremljanje dogajanj v tleh (vzgon, porni tlak, injektiranje), kakor tudi izčrpavanje vode iz vtoka, spirale in sifona ob revizijah. Spirala objema turbinski stožec, na katerega desni strani je predviden razbremenilec, ki avtomatsko stopi v funkcijo v primeru izpada agregata.

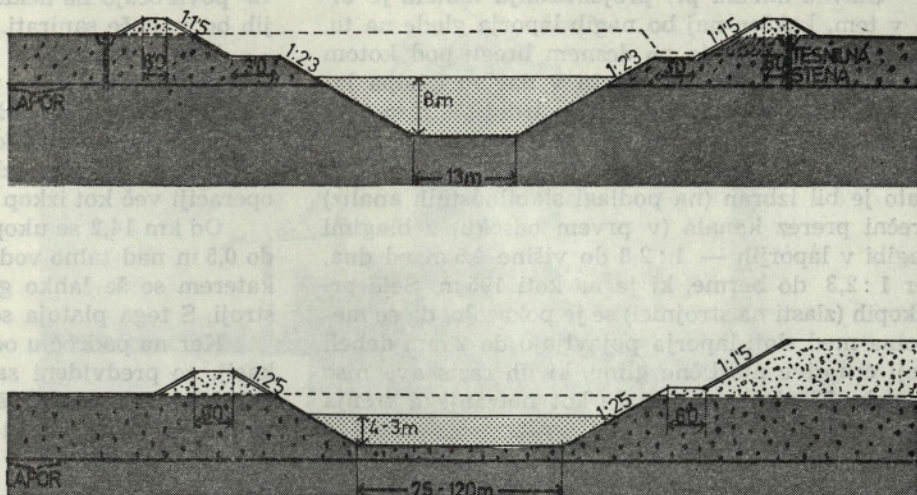
V turbinskem stožcu imamo Kaplanovo turbino, nad njim pa turbinski jašek, v katerem je nameščen servomotor in vsa potrebna oprema za reguliranje turbine.

V generatorski etaži sta oba generatorja ter ostala oprema za reden pogon. Med obema generatorjema je predviden prostor za montažo, ki je v drugih dravskih elektrarnah v strojnični dvorani.

V strojnični etaži sta generatorski pokrov in na levi strani ob vhodu ploščad, po kateri pride oprema v elektrarno, kjer jo prevzame v nadaljnji transport glavni mostni dvojni žerjav nosilnosti 2×150 MP. Na vzvodni strani strojnične zgradbe imamo obratovalno pogonski del, visok pet etaž. V tem delu zgradbe so: v višini generatorske etaže kabelski hodnik, prostori za transformatorje lastne rabe, kabelski in akumulatorski prostor, CO_2 na-



Slika 5



Slika 6

prava za gašenje generatorjev in celica za črpalke in filtre za dovod hladilne vode.

V višini strojnične etaže je komandni prostor ter drugi pomožni prostori. Ob strojnični zgradbi sta simetrično na levi in desni strani predvidena boksa za transformatorje, garaže in pomožni agregat.

Nizvodno od strojnice je priključek na odvodni kanal, utrjen z betonskimi ploščami v dolžini 200 m. Hitrost in valovanje vode zaradi razbremenilca povzročata namreč takšen pritisk, da morajo biti dno in brežini utrjeni.

Na desni strani strojnice je predvidena razvodna postaja. Celotno elektrarniško dvorišče bo primerno urejeno z dostopnimi potmi in zelenicami.

3.5 Odvodni kanal je po svojem obsegu in zemeljskih delih največji objekt v sklopu elektrarne. Od strojnice do izliva je njegova dolžina 8200 m. Trasa kanala poteka po nizki, holocenski terasi, spremlja Dravo do km 11,5, nato preseka velik dravski ovinek ter se pri izlivu Pesnice izteka v Dravo v km 16,650 m. Severno od kanala teče Pesnica, ki je v zgornjem delu regulirana, v spodnjem delu pa ne. Pesnica in Drava s svojimi rokavi večkrat prepravljata to inundacijsko ozemlje. Zato se je na tem področju le na razmeroma majhnih, nekoliko vzvišenih površinah razvilo poljedelstvo.

Celotno področje je odmaknjeno od javnih komunikacij in je le delno dostopno po poljskih poteh.

Odvodni kanal je globoko vkopan in bi ga vsaka poplava Drave ali Pesnice ogrožala. Da bi se temu izognili, predvidevamo na obeh straneh vzdolž celega kanala zaščitne nasipe.

S predhodnimi geološkimi raziskovalnimi vrtnami smo določili lego in vrsto laporjev, ki so podlaga ca. 8 m debelemu sloju kvartarnih naplavin. Krovni sloj so peščeni prodni material debeline 6 do 7 m, nad njim pa peščeno melje zemljine debeline 1 do 2 m. Podtalnica je razmeroma visoka. Z izkopom kanala bi jo izsušili, če ne bi predvideli

vzdolž obeh strani vodotesne zagatne stene. Ta stena bo obenem omogočila osušitev gradbene jame (kanala), kar je posebno важно pri izkopih laporjev. Tesnilna stena je predvidena na tistem odseku, kjer je kanal globoko zakopan v laporje, tj. do km 14,2 v dolžini 5,5 km na vsaki strani. Povprečna globina tesnilne stene je 8 m. Uporabljena sta oba sistema in sicer »Rodio« in ETF.

Položaj trase smo skušali določiti po morfoloških in hidrogeoloških razmerah in jo peljati tam, kjer bi bil izkop laporja najmanjši. Prav tako smo se izognili križanju s Pesnico, ki bi jo sicer morali preložiti, kar pa se ni skladalo s kratkimi gradbenimi roki. Po možnosti smo se skušali izogniti tudi obdelanim površinam in plantažam topolov, vendar to povsod ni bilo mogoče.

Kanal smo glede na lego laporjev razdelili na tri odseke. Prvi odsek do km 14,2 je karakterističen po visoki legi laporja, ki ga je nujno treba izkopati. Zato je ta del kanala globok pri strojnici 18 m, v km 14,2 pa 13 m, računano od površine terena. Hidravlična globina kanala je 8 m. Ves ta del kanala je zatesnjen z zagatno steno, zato so vsi izkopi v suhem.

Pri km 14,2 laporji že toliko potonejo, da je možno predvideti hidravlično globino 4 m nad njimi. Temu primerno se seveda kanal razširi na širino dna 75 m, vse do km 15,2. Od tu do konca kanala se laporji zopet dvignejo, zato smo morali kanal razširiti na 120 m, pri čemer je hidravlična globina 3,0 m.

Ves odsek od km 14,2 do izliva kanala je kopan pod koto 192 podvodno.

V odvodnem kanalu imamo 6,140.000 m³ izkopov, od česar 1,080.000 m³ laporjev. Ves lapor odlagamo v deponije. Peščeno gramozni material se pa porabi za:

zavarovanje odvodnega kanala	490.000 m ³
zasip strojnice in bet. agregat	440.000 m ³
nasipe dovodnega kanala	2,290.000 m ³
deponije ob kanalu	1,840.000 m ³

Glavna dilema pri projektiranju kanala je bila v tem, kakšen naj bo nagib laporja glede na to, da se plasti spuščajo na desnem bregu pod kotom 17° do 20° proti osi kanala in v načinu izkopa laporjev, ki so kot masa čvrsti in trdni (če niso prepereli).

Kot notranjega trenja laporjev je 26° do 28° . Zato je bil izbran (na podlagi stabilnostnih analiz) prečni prerez kanala (v prvem odseku) z blagimi nagibi v laporjih — $1:2,8$ do višine 4,5 m od dna, ter $1:2,3$ do berme, ki je na koti 195 m. Šele pri izkopih (zlasti na strojnici) se je pokazalo, da se mestoma med sloji laporja pojavljajo do 2 mm debeli sloji črnosive plastične gline, ki jih raziskave niso zaznale. Ti vložki, ki imajo kot notranjega trenja

12° povzročajo na nekaj mestih lokalne zdrse, ki pa jih bo mogoče sanirati.

Izkopi laporja z današnjo mehanizacijo ne predstavljajo večjega problema. Z rijači se lapor preorje, nakar z buldožerjem preorano količino zriremo v večje gomile, ki jih nato nakladač premeče v kamione. Celoten izkop laporja zahteva torej 2 operaciji več kot izkop nevezanih zemljin.

Od km 14,2 se ukop nad koto 192 vrši normalno do 0,5 m nad talno vodo. S tem se ustvari plato, po katerem se še lahko gibljejo izkopi in transportni stroji. S tega platoja se nato poglablja kanal.

Ker na področju odvodnega kanala ni komunikacij, so predvideni samo trije mostovi za dostop na obdelovalna zemljišča, vzdolž vsake strani kanala pa poljska pot, ki je povezana z obstoječimi.

UDK 621.311.21 (Srednja Drava 2)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ST. 8-9, STR. 121-128

Janko Valant:

HIDROELEKTRARNA DRAVA 2 — PRIKAZ PROJEKTA

HE SD 2 ima kot druga največja hidroelektrarna in kot zadnji člen v verigi poseben pomen, ker izravna pogonske vode in s tem omogoča nemoten obrat vzvodnim in nizvodnim elektrarnam. Zaradi tega ima velik kompenzacijski bazen z možnostjo nihanja gladine za 1 m, na kar je dimenzioniran tudi dovodni kanal.

Vzporedno se rešujejo z gradnjo nastali problemi, kakor kanalizacija v Ptuj s čistilno napravo, komunikacije, dokončna rešitev regulacije Pesnice itd., pri čemer gledamo na to, da v danih možnostih čim manj posegamo v okolje.

UDC 621.311.21 (Srednja Drava 2)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 121-128

Janko Valant:

HYDROELECTRICAL POWER PLANT DRAVA 2 — DESCRIPTION OF DESIGN

Hydroelectrical Power Plant SD 2 is of special importance being the second biggest plant and the last link in the chain. It compensates the operating discharge and enables in this way the undisturbed operation of upstream and downstream power plants. Therefore a relatively big storage reservoir with the possibility of level oscillation of 1 m is foreseen. The headwater channel is designed taking into consideration the above oscillation.

At the same time the problems arising due to the construction are being solved e. g. the sewerage system at Ptuj with the clarification plant, the communications, the final solution of the regulation of the Pesnica etc. Special attention was being paid to the environment protection problems.

Projekt termoelektrarne Šoštanj IV in problematika pri zasnovi konstrukcije z ozirom na rudarsko področje

(UDK 621: 311.22 (Šoštanj IV))

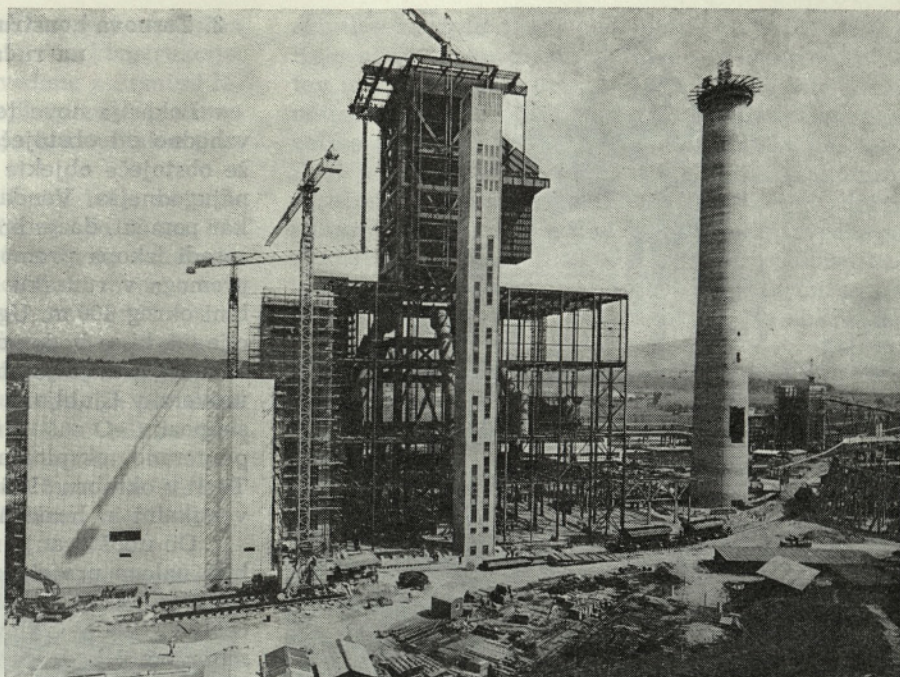
MIHA REMEC, DIPL. INŽ.

1. Uvod

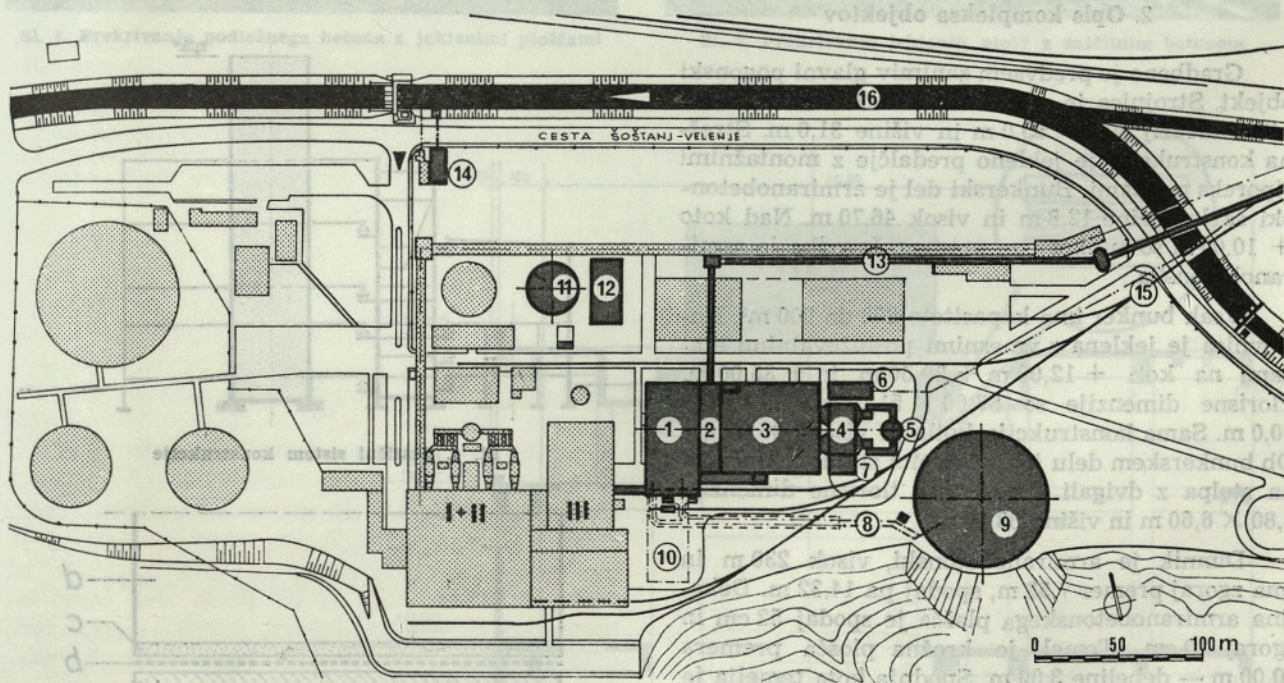
Gradnja termoelektrarne Šoštanj IV. se je pričela februarja 1975. Objekt kot tak predstavlja s svojimi 335 MW do sedaj kot enota največji tovrstni objekt v Jugoslaviji. Investitor TE Šoštanj je izbral kot glavnega dobavitelja opreme konzorcij KWU (ZR Nemčija) — Sulzer (Švica) ob angažiranju priznanih jugoslovanskih podjetij: Metalna. Hidromontaža, Braća Kavurić, IMP Ljubljana, Li-

tostroj itd. Gradbeni del projekta je izdelal IBE iz Ljubljane. Odgovorni vodja gradbenega dela projekta pa je avtor članka s sodelavci. Kot zelo uspešen glavni izvajalec gradbenih del pa nastopa gradbeno industrijsko podjetje Gradis TOZD Celje.

Poleg opisa samega objekta naj bi bil namen članka posvetiti glavno pozornost problemom pri projektiranju, ki so zanimivi predvsem za gradbene strokovnjake, če želite izvedeti, kako je bilo



Sl. 1. Glavni pogonski objekt

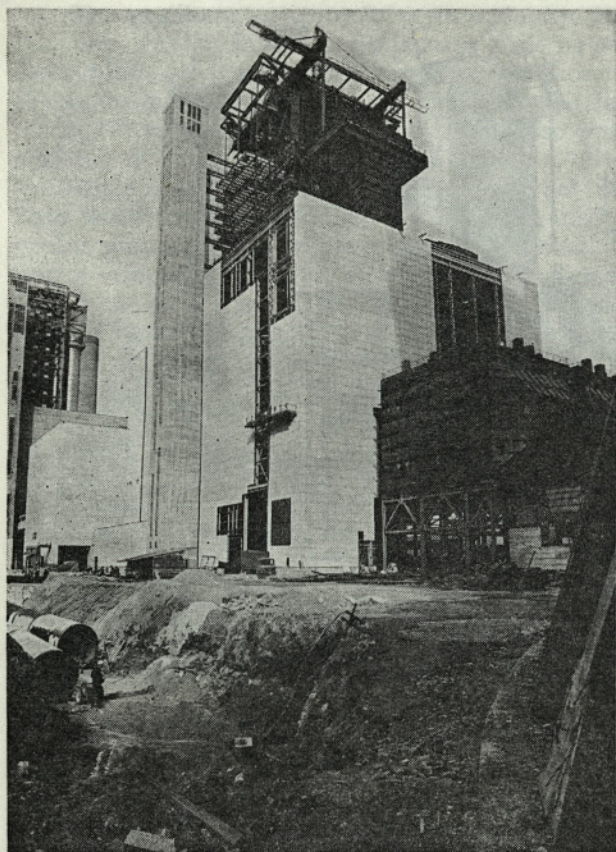


Sl. 2. Situacija

1. strojnica
2. bunkerski del
3. kotlovnica
4. e. filtri

5. dimnik
6. objekt za odpepeljevanje
7. črpalnica in sklad, olja za zagon
8. cevovodi hladilne vode
9. hladilni stolp
10. stikališče 400 kV

11. reaktor
12. kemična priprava vode
13. transportni trakovi za premog
14. črpalnica in vtočni objekt
15. industrijski tir
16. reka Paka



Sl. 3. Kotlovnica s stopnišnim stolpom

2. Opis kompleksa objektov

Gradbeno je predvsem zanimiv glavni pogonski objekt. Strojnica je armiranobetonski skelet tlorisnih dimenzij $30,5 \times 65,0$ m in višine 31,0 m. Strešna konstrukcija je jekleno predalčje z montažnimi siporeks ploščami. Bunkerski del je armiranobetonski skelet širine 12,8 m in visok 46,70 m. Nad koto $+10,00$ m so bunkerji za premog. Izvedba je armiranobetonska.

Vsak bunker ima kapaciteto 800 do 900 m³. Kotlovnica je jeklena z vmesnimi posluževalnimi etažami na koti $+12,00$ m $+20,50$ m in $+35,00$ m. Tlorisne dimenzije so $57,60 \times 51,00$ m in višina 50,0 m. Sama konstrukcija kotla je visoka 96,0 m. Ob bunkerskem delu in kotlovnici sta dva stopnišna stolpa z dvigali. Večji ima tlorisne dimenzije $5,80 \times 6,60$ m in višino 83,00 m.

Dimnik je armiranobetonski, visok 230 m in ima zgoraj premer 7,52 m, spodaj pa 14,32 m. Debelina armiranobetonskega plašča je spodaj 52 cm in zgoraj 20 cm. Temelj je krožna plošča premera 30,00 m — debeline 3,00 m. Spodnja kota temelja je na globini — 6,50 m.

Ostali objekti (objekti priprave vode, transformatorji, stikališče itd.) so tudi zanimivi, vendar ne predstavljajo posebnih problemov za gradbenike.

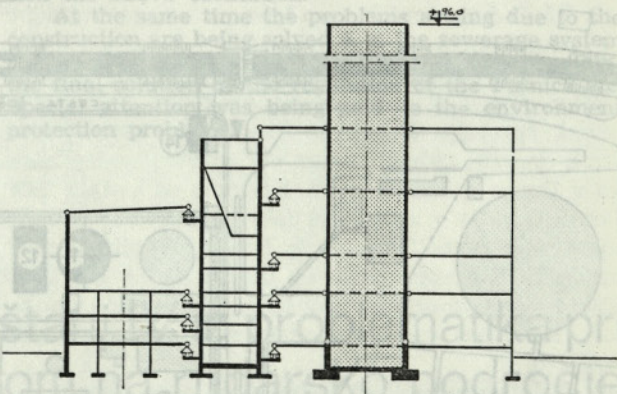
3. Zasnova konstrukcije zaradi izbrane lokacije na rudarskem področju

Lokacija nove termoelektrarne je bila izbrana vzhodno od obstoječe TE Šoštanj 3. Z ozirom na že obstoječe objekte je bila tehnološko ta lokacija najugodnejša. Vendar je to že rudarsko področje, kar pomeni, da se bo teren na tem delu deformiral zaradi izkopa premoga v bližnjem rudniku. Plasti premoga v rudniku so nad 100 m debele in v globini okrog 400 m. Ugotoviti, kakšne bodo deformacije tal, ki se bodo pojavile zaradi rudarjenja je bila naloga, ki jo je obdelal prof. dr. Ivan Sovinc na univerzi v Ljubljani. Delo je bilo objavljeno tudi na simpoziju »O zaščiti čovjekove sredine od posledica podzemne eksploatacije mineralnih sirovina« v Tuzli v oktobru 1975. Za to področje so bili podani vertikalni in horizontalni pomiki površja tal.

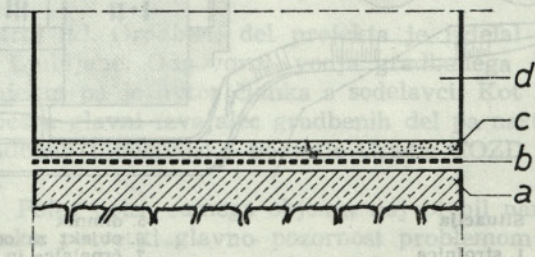
Ob upoštevanju navedenih pomikov površja je bila naloga projektanta zasnovati konstrukcijo, ki bo sposobna prevzeti te deformacije. Tik pred začetkom izdelave glavnega projekta pa se je investitor odločil, da predvidene premike tal poveča s faktorjem 4.

Sprememba tehnološke zasnove in konstrukcije ni bila več mogoča. Brez upoštevanja varnostnega faktorja bi bile deformacije še v mejah, ki jih armiranobetonski skelet z dodatnim armiranjem lahko prenese. Ob upoštevanju varnostnega faktorja pa je bila naloga projektanta z dodatnimi ukrepi zagotoviti potrebno varnost objektov.

Glavni objekt termoelektrarne (slika 5), je z dilatacijami razdeljen na več samostojnih sta-



Sl. 4. Statični sistem konstrukcije



Sl. 5. Izvedba temeljev

a) podložni beton; b) drsna ploskev; c) zaščitni beton; d) temelj

tičnih sistemov. Tako je v veliki meri zmanjšan vpliv horizontalnih premikov tal na konstrukcijo. Dilatacije s konzolami, ki so izvedene z drsnimi ležišči, omogočajo, da se prek njih prenašajo samo vertikalne obtežbe in omogočajo horizontalne premike do 30 cm.

Absolutni vertikalni premiki tal bodo na področju novogradnje velikostne stopnje do 70 cm. Diferenčni usedki, ki vplivajo na temelje in konstrukcijo, so ocenjeni do 4 mm na dolžinski meter s krivinskim radijem površja temeljnih tal 25 000 m. Vpliv teh usedkov na konstrukcijo je preračunan posebno podrobno. Horizontalni premiki tal za rušnimi ravninami — kot posledica drsenja porušene krovline v smeri proti odkopom — so bili ocenjeni do 2,4 mm na 1 m. Takšnih deformacij armiranobetonska konstrukcija ne more prenesti. Ker je treba računati s trenjskim količnikom med beton-

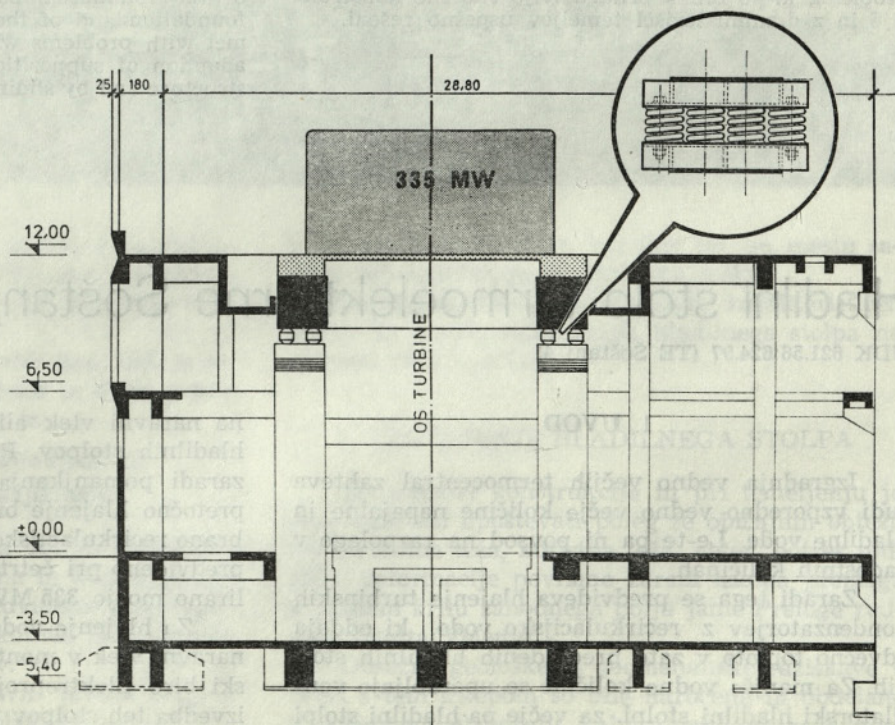
skimi temelji in tlemi pod njimi, ki jih predstavljajo oligocenske plasti, zgrajene iz laporjev, tufitov in tufskih glin med 0,75 in 0,85, bi bile sile v nateznih horizontalnih vezeh kljub dilatacijom zelo velike (na bunkerskem delu, npr. 5000 t na vez). Zato je projektirana in izvedena med podložnim betonom in temelji po vsej širini temeljev drsna ploskev, ki takšne premike tal omogoča. Izvedba je shematično prikazana na sliki 6: med podložni beton in 6 cm debelo plastjo zaščitnega armiranega betona je vložena jeklena pločevina. Na sliki 7 vi-



Sl. 6. Prekrivanje podložnega betona z jeklenimi ploščami



Sl. 7. Prekrivanje jeklenih plošč z zaščitnim betonom



Sl. 8. Temelj turbine na peresih

dimo polaganje pločevine na zgajeno (po potrebi tudi zbrušeno) betonsko podlogo, na sliki 8 pa prekrivanje pločevine z zaščitno armiranobetonsko plastjo. Z vložitvijo vmesne pločevine se trenjski količnik zmanjša do vrednosti okrog 0,4. Možno so seveda tudi druge variante izvedbe drsne ploskve z uporabo različnih vrst pločevin ali plastike ali kombinacije obeh. Obsežne preiskave trenjskega količnika so pokazale redukcije vse do vrednosti 0,15. Natezne sile v vezeh lahko prevzamemo z običajno armaturo ali s prednapenjanjem. Vpliv deformacij vezi na gornji del konstrukcije se da ugotoviti zelo natančno. Izvedba takšne drsne ploskve je enostavna, finančno ni prezahtevna in jo je uspešno uporabil tudi projektant hladilnega stolpa.

Zanimive so tudi rešitve fundiranja strojev (turbine, mlinov za premog, napajalnih črpalk itd.). Temelji strojev leže na peresih (slika 9).

Na ta način lahko ob primerni izbiri peres lastno frekvenco temeljev poljubno znižamo in zmanj-

šamo vpliv na podporno konstrukcijo. Z ozirom na klasično izvedbo je možna namestitev raznih strojev na tehnološko ugodnejših mestih. V tem primeru pa je možna tudi ob neenakomernem poseданju kasnejša izravnava temeljev.

Zaradi velike višine konstrukcije kotla (96 m) bi znašali odkloni spodnjega dela konstrukcije okrog 40 cm. Zato so stebri nosilne konstrukcije na koti $\pm 0,00$ izvedeni tako, da je vanje možno vstaviti hidravlična dvigala za izravnavo.

Z ekonomskega stališča so morda zanimivi dodatni stroški zaradi izgradnje objektov termoelektrarne na rudarskem področju. Po sedanjih ocenah — bodo gradbeni stroški zaradi navedenih dodatnih del maksimalno do 8 % večji. Pri celotni investiciji pomeni to največ 1,6 %. Sprememba lokacije bi predstavljala neprimerno večje stroške. Gradnja na rudarskem področju je torej v tem primeru izvedljiva in tudi ekonomsko upravičena.

UDK 621.311.22 (Šoštanj IV.)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 128—132

Miha Remec:

TERMoeLEKTRARNA ŠOŠTANJ IV

Članek obravnava gradbeni projekt za termoelektrarno Šoštanj IV. Poleg splošnega opisa objekta obravnava članek problematiko temeljenja na rudarskem področju. Poseben problem pri zasnovi konstrukcije predstavljajo horizontalni pomiki tal. Pri zasnovi temeljev in ostale konstrukcije so zaradi tega nastopili problemi, ki so bili s prilagoditvijo statične konstrukcije in z drsnimi ležišči temeljev uspešno rešeni.

UDC 621.311.22 (Šoštanj IV.)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 128—132

Miha Remec:

THERMAL POWER PLANT ŠOŠTANJ 4

The civil part of the project for the Thermoelectric Power Plant Šoštanj IV is described in the article. Besides the general description of the plant, the author is explaining the problems of foundation in the mining region. A special problem in the conception of construction represent the horizontal displacements of the foundation soil. In solving the problems of foundation and of the structure as a whole, we have met with problems which were successfully solved by adaption of suppositions for static calculations of the structure and by sliding surfaces under the foundation.

Hladilni stolp termoelektrarne Šoštanj IV

UDK 621.56:624.97 (TE Šoštanj 4)

JANEZ SVETLIČ, DIPL. INŽ.

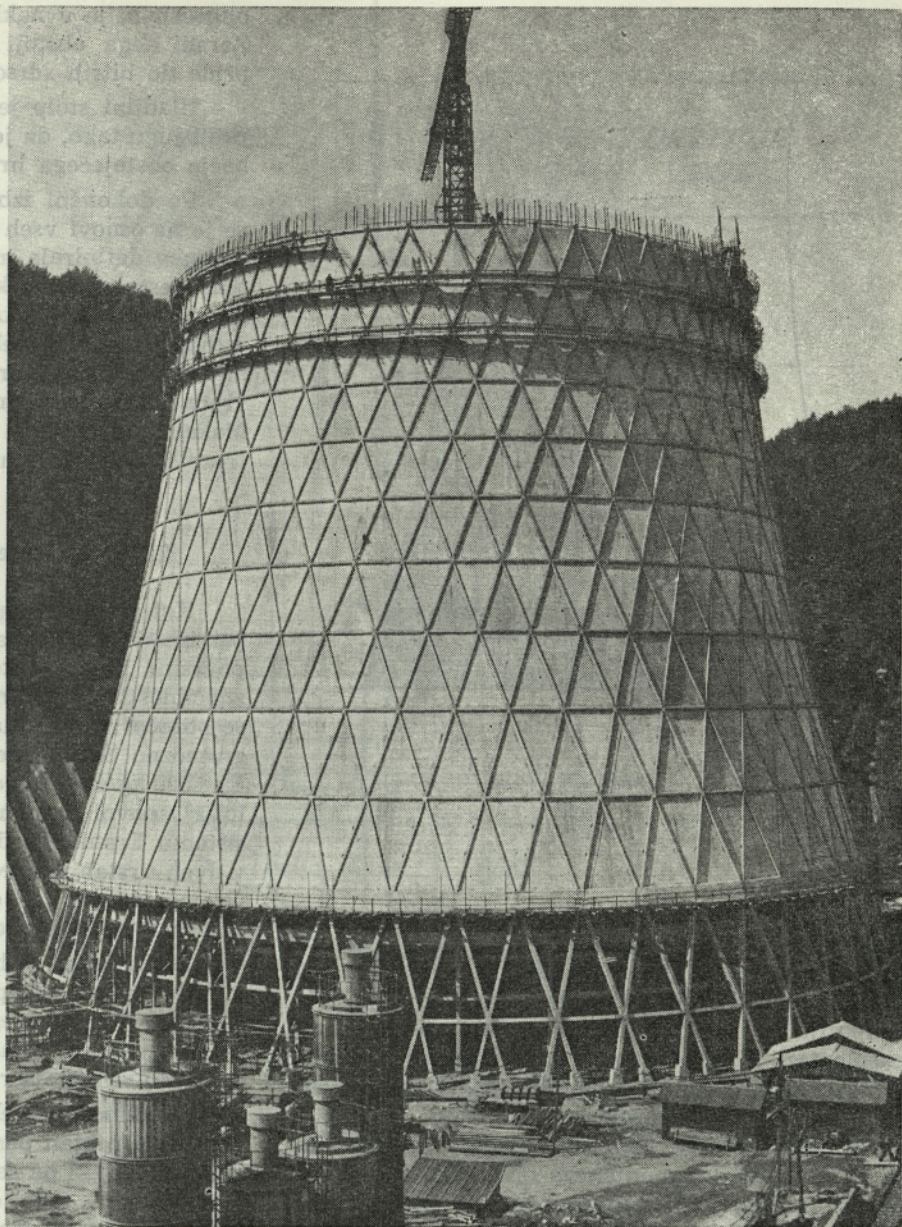
1. UVOD

Izgradnja vedno večjih termocentral zahteva tudi vzporedno vedno večje količine napajalne in hladilne vode. Le-te pa ni povsod na razpolago v zadostnih količinah.

Zaradi tega se predvideva hlajenje turbinskih kondenzatorjev z recirkulacijsko vodo, ki oddaja odvečno toploto v zato predvidenih hladilnih stolpih. Za manjše vodne količine se uporabljajo ventilatorski hladilni stolpi, za večje pa hladilni stolpi

na naravni vlek ali pa sistem več ventilatorskih hladilnih stolpov. Pri Termoelektrarni Šoštanj je zaradi pomanjkanja ustreznih vodnih količin za pretočno hlajenje bilo že pri prvih treh fazah izbrano recirkulacijsko hlajenje, prav tako pa je tudi predvideno pri četrti fazi, termoelektrarni z instalirano močjo 335 MW.

Za hlajenje vode je bil izbran hladilni stolp na naravni vlek v montažni izvedbi sistema Industrijski biro Elektropjekt Ljubljana. Konstruktivna izvedba teh stolpov je plod dolgoletnega študija in



Slika 1

raziskovanj. Poleg originalnih sistemov in računskih postopkov so bili izvršeni tudi številni laboratorijski preizkusi in meritve na že zgrajenih stolpih.

Hladilni stolp na naravni vlek tipa IBE je sestavljen v konstruktivnem pogledu iz dveh popolnoma ločenih sistemov, in sicer iz:

- plašča z ustreznim temeljenjem, in
- pršišča z ustreznim temeljenjem.

Plašč hladilnega stolpa ima obliko rotacijskega hiperboloida. Elegantna, jasna in konstruktivno enostavna zasnova plašča je predvidena v montažni izvedbi iz izdelanih tankih trikotnih plošč, obročnih nosilcev in poševnih stebrov.

Pršišče, kjer se vrši učinkoviti prenos toplote, pa je prav tako pretežno iz izdelanih betonskih ste-

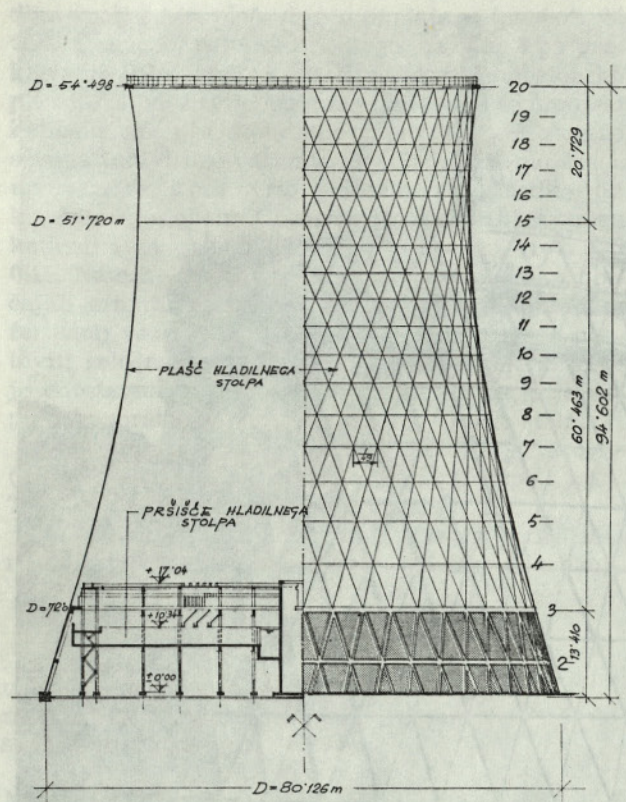
brov, nosilcev, plošč in kanalov ter na mestu samem zabetoniranega centralnega jaška.

Na slikah 2 in 3 so prikazani karakterističen prerež in floris omenjenega hladilnega stolpa na naravni vlek tipa IBE.

2. TEMELJENJE HLADILNEGA STOLPA

Pri zasnovi konstrukcije in pri temeljenju je bilo potrebno upoštevati poleg že običajnih obtežb kot so lastna teža, koristna teža, veter, potres tudi vpliv deformacije površine zaradi izkopa premoga v južnem krilu zahodnega polja jame Preloge rudnika lignita Velenje.

Obsežne geološke in geomehanske raziskave v zvezi s tem izkopom so bile naročene in obdelane v posebnem elaboratu Laboratorija za mehaniko



Slika 2

tal Univerze v Ljubljani, o katerem je govor v članku ing. Remca Projekt TE Šoštanj IV, ki je objavljen v tej številki GV in problematika pri zasnovi konstrukcij na rudarskem področju. Na simpoziju o zaščiti človeka pred posledicami eksploatacije surovin v podzemeljskih rudnikih je v Tuzli 2. do 5. oktobra 1975 v strokovnem referatu Gradnja energetskih objektov na rudarskem področju prof. dr. Ivan Sovinc, dipl. inž., objavil rezultate že omenjenega elaborata. Tu so obdelani tudi premiki tal na površini na področju za zdrsko mejo, preračunani po metodi končnih elementov.

Velikosti vertikalnih premikov in njih poti ter glede na to predvidena lega najmarkantnejših objektov Termoelektrarne Šoštanj IV so prikazani na sliki 2 v zgoraj citiranem članku.

Za dokončno izbiro mesta temeljenja hladilnega stolpa so bile naročene in izvršene dodatne raziskave zemljišča glede na to, da se je že pri predhodnih geoloških raziskavah ugotovila precejšnja neenakomernost zgornjega sloja pliocena oziroma laporaste oligocenske podlage.

Linije enakih globin oligocenskih laporjev so bile ugotovljene na osnovi rezultatov refrakcijsko seizmičnih raziskav in z dodatnimi vrtnami po obodnem temelju plašča.

Kot je razvidno iz slik 4 in 5, se prične lapor na severnem območju lokacije lijakasto in strmo spuščati navzdol. Kontaktni sloj med pliocenom in

oligocenom je v naklonu 60° glede na horizontalo. Zaradi tega obstoji potencialna nevarnost, da pride do hitrih zdrsov.

Hladilni stolp je bilo potrebno locirati še bolj proti jugu tako, da je prišlo do večjega useka v pobočje obstoječega hriba.

Po dokončni izbiri lokacije hladilnega stolpa se je na osnovi vseh izvršenih meritev, raziskav in računov definirala možna deformacija površine na tem mestu s krivniškim radijem $R = 54\,000\text{ m}$. Velikosti posedkov, dobljenih pri upoštevanju tega radija, pa je bilo treba na zahtevo investitorja pomnožiti z varnostnim faktorjem 4. Tako dobljene vrednosti so maksimalne za določitev posedkov. Maksimalni raztezki poprečne pa znašajo 60% ustreznih maksimalnih vertikalnih odnosov.

2.1 Temeljenje plašča hladilnega stolpa

Kot je bilo že uvodoma omenjeno, se morajo pri izbiri temeljenja upoštevati vpliv deformacije površine zaradi izkopa premoga, in pa geološke značilnosti na izbrani lokaciji. Odločeno je bilo, da se obročni temelj plašča na koti — $1,55$ postavi na gramozno blazino debeline $1,0\text{ m}$ in širine $3,0\text{ m}$ z $E = 800\text{ kg/cm}^2$. Spodaj so predvideni gramozni piloti. Osnovni premer pilotov, ki so bili narejeni po sistemu Franki, je 52 cm . Nameščeni so po obodu v dveh vrstah in medsebojni razdalji $1,5 d \approx 80\text{ cm}$. Gramoz so nabijali do take zbitosti, da je bilo doseženo v centru pilota $E = 800\text{ kg/cm}^2$.

Pazili so, da so bile deformacije teh gramoznih pilotov čim manjše pri primarni obtežbi s konstrukcijo plašča hladilnega stolpa. Globina gramoznih pilotov variira, vendar je vedno dosegla sloj laporja, ki se nahaja različno v globinah od $0-14\text{ m}$.

Značilnost temeljenja je v tem, da je na južnem delu prstan postavljen že direktno na laporasto podlago, ki pa se spušča v naklonu ca. 10° proti severovzhodu tako, da je na nasprotnem kraju na nekaterih mestih lapor na globini ca. $10-14\text{ m}$, kar je razvidno iz refrakcijsko seizmične raziskave in priloženih poročil o raziskavi terena. Prav zaradi raznolikosti tal je bil izbran način z nabitimi gramoznimi piloti, ker smo na ta način uspeli primarne diferenčne posadke temeljnega prstana spraviti na minimum, to je ca. 1 cm .

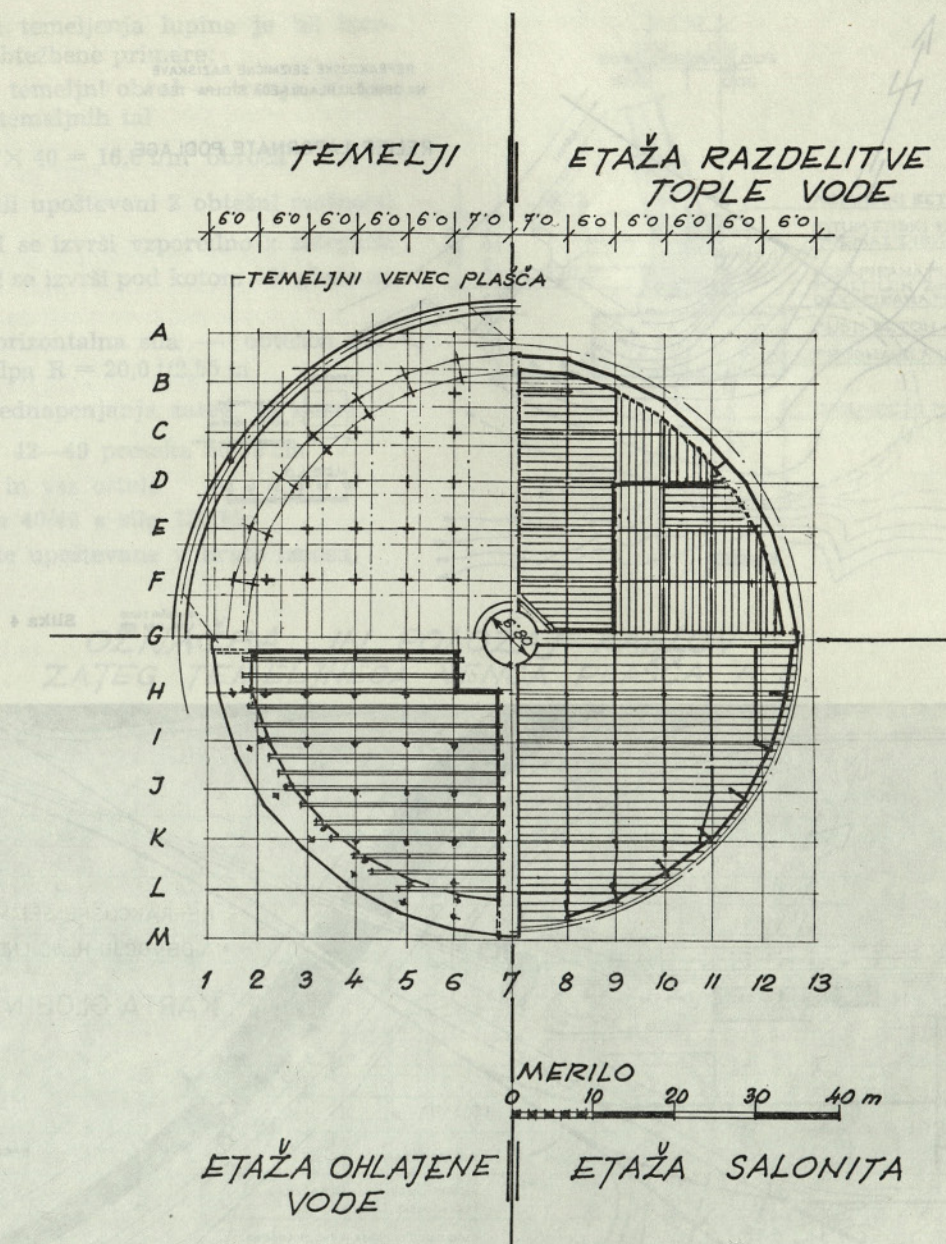
Diferenčni vertikalni posedki za krivinski radij 45.000 m znašajo pri temeljnem obroču plašča, ki ima premer $80,0\text{ m}$:

$$y = \frac{2 \times 45.000}{80^2} = 0,71\text{ m}$$

$$\text{oziroma: } 4 \times y = 0,284\text{ m}$$

in ustrezni horizontalni premiki

$$x = 0,6 \times 4 \times y = 0,1704\text{ m}$$



Slika 3

Predpostavka, da bodo vertikalni premiki nastopali linearno, glede na velik radij ukrivljenosti, je zelo verjetna tako, da se bo v posameznih fazah vertikalnih deformacij stolp kot celota ustrezno nagibal največ za:

$H_{ST} : D_{ST} \times y \times 4 = 95 : 80 \times 0,284$ to je za ca. 34 cm na višini 95,0 m glede na vertikalno.

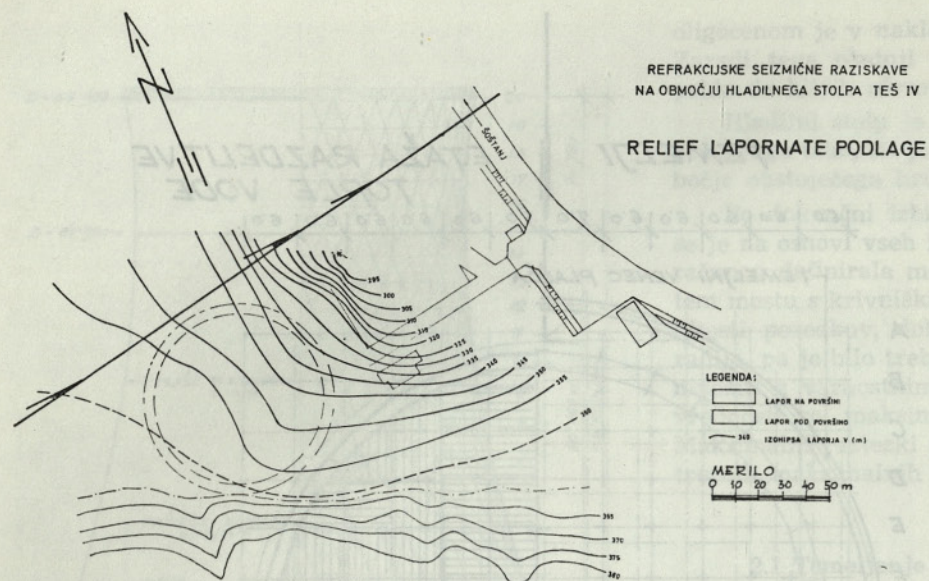
Zato niso bile predvidene posebne naprave za izravnavo v vertikalni smeri.

V horizontalni smeri pa so raztezki taki, da jih konstrukcija plašča ne more prenesti.

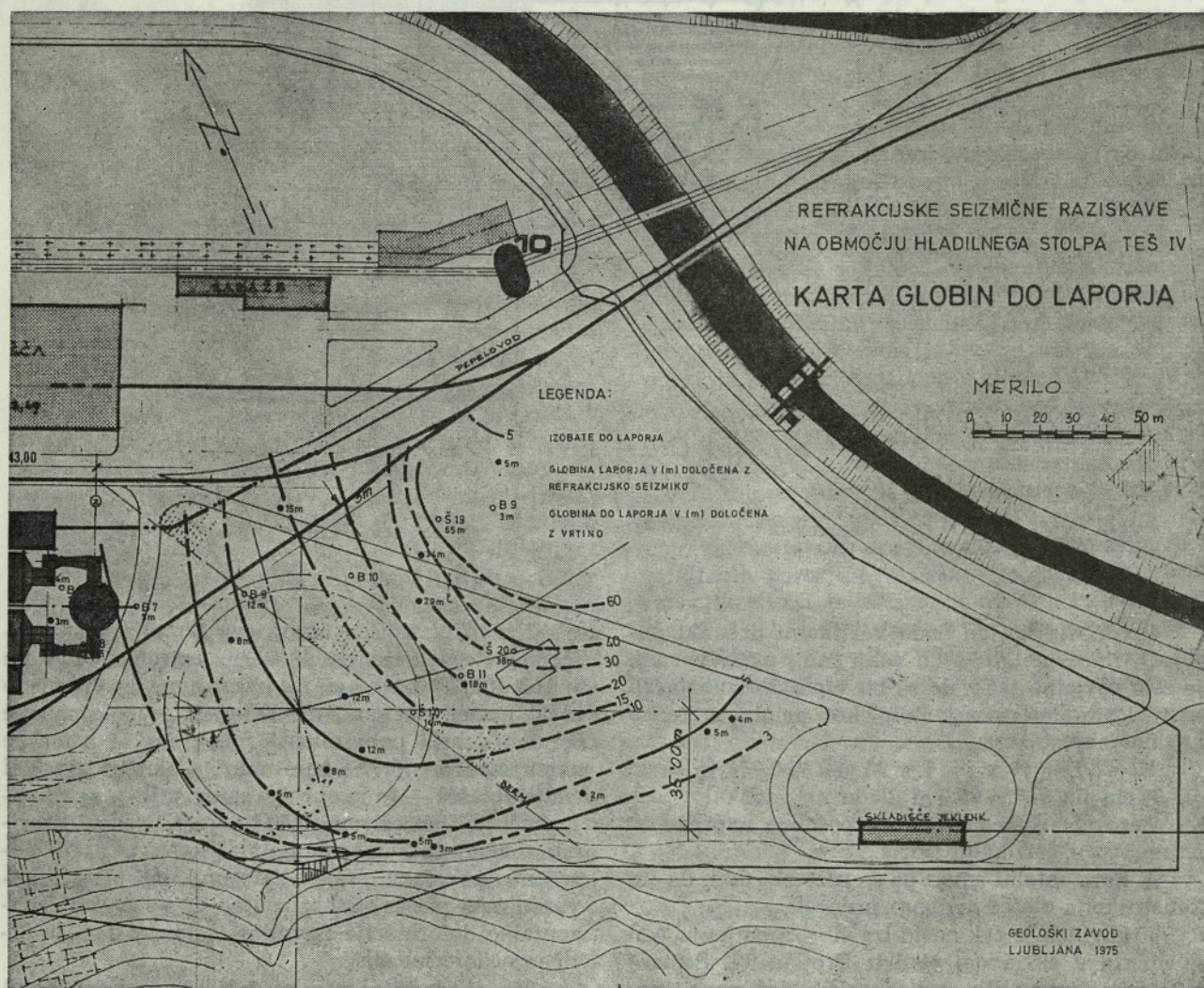
Predviden je tak način izvedbe temeljenja, kot je opisan v citiranem članku Projekt TE Šoštanj IV, ki upošteva vpliv horizontalnih deformacij površine.

Na višini težišča obročnega temelja so nameščene zatege dimenzij 40/40 cm oziroma 50/50 cm v MB 400. Položene so na izravnavno in izglajeno plast pustega betona, na katerem je položena še 0,5 mm debela polivinilasta folija. Na ta način je zmanjšano trenje na minimum. Celoten temeljni sistem plašča — to je obroč z zategami — se s kabli moči 125 ton oziroma 250 t napne, preden se prične z montažo konstrukcije plašča. Na ta način dosežemo, da ostane obroč z zategami tudi pri učinkovanju teže plašča in horizontalnih sil zaradi horizontalne deformacije površine v končni fazi praktično nedeformiran.

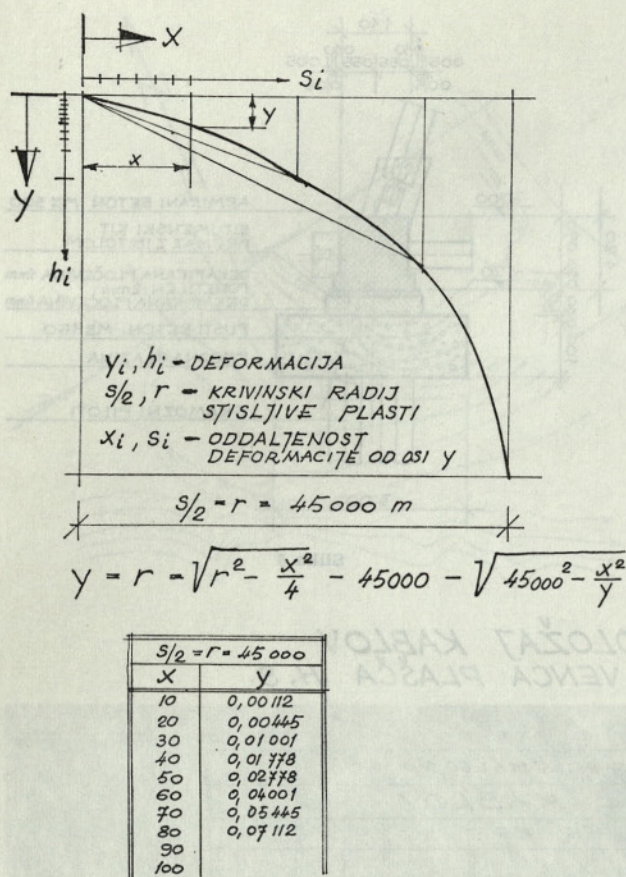
Za prednapenjanje so bili uporabljeni kabli tipa D1207 IMS nosilnost ca. 60 t.

GEOLOŠKI ZAVOD
LJUBLJANA 1975

Slika 4

GEOLOŠKI ZAVOD
LJUBLJANA 1975

Slika 5



Slika 8

Vsi izračuni so bili narejeni z računalnikom računskega centra FAGG v Ljubljani.

2.2 Temeljenje pršišča

je bilo predvideno s Franki-piloti nosilnosti 65—86 t, ki so nameščeni glede na izsledke v statičnem računu. Glave vseh pilotov so med seboj povezane z veznimi gredami 40/25 cm, ki niso v nobeni povezavi z zategami temeljnega obroča plašča.

Prek teh vezi pa poteka plošča debeline 12 cm ki je povezana z armaturo tako z vezanimi gredami, kot tudi s temeljnim obročem plašča. Ta plošča služi hkrati z obrobim zidcem kot zbirni bazen za eventualno prelito ali akumulirano vodo in pa tudi kot togostna razpora.

Globina pilotov je različna, vendar morajo vedno segati do laporaste osnove. Na južnem delu tlorisa pa se sloj laporja dvigne tako, da se temeljenje posameznih stebrov lahko izvrši točkovno.

Kot pri plašču, se tudi pri pršišču pojavi problem deformacije površine terena zaradi izkopa

premoga. Ker je konstrukcija pršišča manj občutljiva na diferenčne posedke in pomike kot plašč hladilnega stolpa, tu niso bili pri temeljih predvideni nobeni dodatni ukrepi, pač pa je sama konstrukcija prirejena tako, da bo možno ohraniti funkcionalnost pršišča tudi pri diferenčnih posedkih in pomikih posameznih elementov konstrukcije.

Diferenčni vertikalni posedki za krivinski radij 45.000 m znašajo pri skrajnih točkah pršišča, to je na medsebojni razdalji ca. 67,0 m.

$$y = \frac{67^2}{2 \times 45.000} = 0,05 \text{ m}$$

$$\text{ozioroma: } 4 \times y = 0,20 \text{ m}$$

in ustrezni horizontalni premiki

$$x = 0,6 \times 0,2 = 0,12 \text{ m}$$

Tudi tu predpostavimo, da bodo vertikalni premiki potekali linerano glede na velik radij ukrivljenosti. (Glej sl. 8).

Zaradi omenjenih predvidenih deformacij terena je zasnova pršišča naslednja:

Glavni radialni kanali so postavljeni tako, da sta dva kraka vzporedna s smerjo vertikalnih deformacij, predvidenih in izračunanih v elaboratu prof. dr. Sovinca oziroma Laboratorija za mehaniko tal Univerze v Ljubljani.

Linije enakih posedkov so razvidne iz slike 4 — ostala dva pa sta nameščena vzporedno linijam enakih vertikalnih deformacij.

Salonitni kanali se podlagajo z lesenimi zagodami, na mestih, kjer se stikujejo z betonskimi kanali, pa so podloženi s tanjšimi ploščami in nato zatesnjeni s trajnoelastičnim kitom.

Možnost korekture višine salonitnih kanalov obstoja v vseh smereh. Obodne betonske kanale tople vode pa je možno višinsko uravnati s pomočjo ustreznih hidravličnih dvigal.

Pri tem je važno omeniti, da je pri vsakem novem položaju pršišča vedno kot osnova merodajna lega centralnega jaška, da bo potrebno glede na to, vedno nekatere elemente dvigovati, druge pa spuščati. Iz računa je razvidno, da je maksimalni možni vertikalni pomik ± 10 cm.

Celotna etaža ohlajene vode pa se lahko nagne in to od ene do druge skrajne lege največ za 20 cm. Prav za toliko pa so tudi zvišani vsi ustrezni zidovi zbirnih kanalov, da ne bi prišlo pri nagnjenem položaju pršišča do prelivanja vode in s tem do nepredvidenih izgub.

UDK 621.56:624.97 (Šoštanj IV.)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 132—139

Janez Svetlič:

PLAŠČ HLADILNEGA STOLPA
TERMEOELEKTRARNE ŠOŠTANJ IV

Prostorska konstrukcija plašča hladilnega stolpa termoelektarne Šoštanj IV je vpeta v križni temelj. Pri temeljenju tega je bilo potrebno upoštevati poleg običajnih obtežbenih primerov tudi neenakomerno potekajoče noseče plasti tal in pa vpliv deformacije površine zaradi izkopa premoga v južnem krilu zahodnega polja jame Preloga — rudnika lignita Velenje.

Temeljenje je izvršeno na dobro utrjeni gramozni blazini, ki je na severnem delu ojačena z gramoznimi piloti.

Zaradi možne horizontalne deformacije površine terena, zaradi izkopa premoga je bilo potrebno temeljni prstan plašča hladilnega stolpa povezati s sistemom prenapetih vezi, da bi se preprečila deformacija osnovnega tlorisnega kroga stolpa. Za zmanjšanje trenja med gramoznim tamponom in temeljnimi tlemi je predvidena dvoina dekapirana pločevina, premazana z NYXRO mastjo.

Vertikalne deformacije so bile predpostavljene, da potekajo linearno.

Statične količine temeljnega sistema so bile izračunane z računalnikom FAGG v Ljubljani.

UDC 621.56:624.97 (Šoštanj IV.)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 132—139

Janez Svetlič:

COOLING TOWER SHELL OF THE TPP ŠOŠTANJ IV

Three dimensional construction of the cooling tower shell for the Thermoelectric Power Plant Šoštanj IV is fixed into the circular foundation. In the design of foundation it was necessary to consider besides the normal loading cases also the irregular position of the bearing soil layers and the influence of settlement due to the coal mining in the southern part of the western exploitation pit Prelog of the Velenje coal mine.

The foundation which was done on a layer of well-compacted gravel is strengthened with pilots in the northern part.

Owing to the danger of horizontal deformation on the ground surface because of the coal mining, it was necessary to connect the circular foundation of the cooling tower shell with a system of pre-stressed beams to prevent the deformation of the basic circular form of the tower. In order to prevent the friction between the gravel layer and the foundation soil a double — pickled steel sheet coated with NYXRO grease is foreseen.

The development of vertical deformations was assumed to be linear. Static calculations of the foundation system were performed by the computer at the FAGG Ljubljana University.

HE Ajba na reki Soči

UDK 627.84/.88 (Ajba)

ADOLF WEDAM, DIPL. INŽ.

ZGODOVINA IZGRADNJE HE NA SOČI

Soča je reka izrazito hudourniškega značaja. Izvira v osrčju Julijskih Alp na višini 1000 m v zgornji trentarski dolini. Del Soče, ki teče po ozemlju Jugoslavije, ima razmeroma velik padec in sicer 8,1 ‰. Zaradi tega se pojavljajo velike erozijske sile in močna prodonosnost.

Do danes sta bili na Soči na jugoslovanskem ozemlju zgrajeni dve hidroelektrarni: HE Doblar in HE Plave. Ti dve elektrarni sta bili postavljeni tik pred drugo svetovno vojno in sicer HE Doblar leta 1939 in HE Plave leta 1940.

Zanimanje za izrabo vodnih sil reke Soče seže nazaj v leto 1904, ko je bila tedaj razpisana »komisionalna poizvedba in obravnava na samem mestu« glede lokacije in gradnje »vodno-močne naprave« z akumulacijo v bližini izvira Soče. Za izgradnjo te elektrarne se je zanimala družba Ganz. No, do izgradnje te hidroelektrarne ni prišlo, kakor tudi ne do izvedbe dosti drugih projektov na različnih odsekih reke Soče, za katere so se zanimali različni drugi interesi. Do danes pa sta bili vendarle realizirani HE Doblar in HE Plave. V gradnji pa je bila tudi že elektrarna HE Trnovo, za

HE Kobarid pa so bila v teku raziskovalna in pripravljalna dela. Dela na obeh stopnjah so bila ustavljena v začetku druge svetovne vojne.

Obstoječi stopnji HE Doblar in HE Plave sta derivacijski elektrarni in izkoriščata padec od Tolmina oziroma Mosta na Soči do vasi Plave. Na preostalem odseku od kraja Plave do državne meje pa je predvidena nova hidroelektrarna Solkan, katere lokacija leži vzvodno od znanega železniškega solkanskega mostu.

Elektrarna Doblar je instalirana na pretok 90 m³/s, kar ustreza približno pretokom srednje letne vode, nizvodna elektrarna Plave pa samo na 70 m³/s. Na ta način doživljamo, da se pri polnem obratovanju obeh elektrarn del vode pretaka preko jeza HE Plave, ne da bi jo mogli energetsko izkoristiti.

IDEJA ZA IZGRADNJO HE AJBA

Že pri izdelavi energetske studije Soče, ki je bila izdelana v okviru osnovnega projekta energetske izrabe Soče, je bilo jasno, da sta obe elektrarni HE Doblar in HE Plave prenizko instalira-

ni. Rešitev je bila nakazana s tem, da bi bile vode Idrijce speljane mimo HE Doblarja direktno v spodnjo vodo akumulacije za HE Plave. Tako bi HE Doblar izkoriščal samo vode Soče tj. brez Idrijce, medtem ko pa bi bilo treba pri HE Plave povečati instalacije. Študiranih je bilo več variant in sicer varianta, da bi se dovodni rov, po katerem teče danes voda, s prosto gladino preuredil na ta način, da bi tekla voda skozi njega pod pritiskom, kot je to primer pri HE Doblar, in bi se povečala instalirana voda vse 70 na 90 m³/s. Druga varianta je predlagala izgradnjo še ene hidroelektrarne na nasprotnem tj. levem bregu Soče. Pri tej varianti bi se instalacija lahko dvignila na 120 m³/s. Tretja varianta pa predvideva izrabo preostalih vod na sami jezovni zgradbi akumulacije Ajba, od koder dotekajo obratne vode v strojnico HE Plave.

CEVNI AGREGAT HE AJBA

Izbrana varianta izrabe preostalih vod, ki nastanejo zaradi razlike med instalacijama HE Doblar in HE Plave, je predvidevala izgradnjo nove stopnje na jezovni zgradbi Ajba, ki akumulira vodo za HE Plave.

Jez Ajba ima tri velika pretočna polja, ki so dimenzionirana za odvajanje katastrofalno visoke vode. Na desnem bregu, na tisti strani, kjer je cesta, ki pelje iz Nove Gorice proti Tolminu, je vtočni objekt za elektrarno HE Plave, ob nasprotnem bregu, kjer je speljana železnica, pa sta še dve fiksni pretočni polji širine prav tako kot ostala polja po 8 m. Cevna turbina je vgrajena v eno pretočno polje. Tako lahko sosednje fiksno prelivno polje s fiksnim prelivnim robom obratuje še naprej s polno zmogljivostjo. Cevna turbina je vgrajena v pretočno polje, ki leži ob levem bregu Soče tj. na strani, kjer teče železnica.

IZBIRA TURBIN

Že od vsega začetka, ko je bila izbrana varianta, da bo nov agregat vgrajen v jezovno zgradbo Ajba, je bilo jasno, da je edino možna lokacija na levobrežnem delu jeza Ajba. Na tem delu sta dve pretočni polji, ki imata isto širino kot ostala tri polja, ki imajo tablaste zapornice, opremljene na zgornjem robu z avtomatskimi loputastimi zapornicami. Obe polji sta zaprti s težnostnima betonskima pregradama, katerih gornji rob je točno na koti normalne zajezebe. V času nastopa katastrofalno visokih voda, ko se nivo vode v akumulacije dvigne nad normalo, se voda preliva tudi preko fiksnega roba stranskih pretočnih polj. Pretočna sposobnost takih pretočnih polj je majhna in se smatra, da četudi jih ne bi bilo, ne bi bila otežena evakuacija visokih vod na jezu Ajba. Prek obeh pretočnih polj je most, v sredi enkrat podprt, betonske ločne konstrukcije, na katerem je deponija tramovnih zapor glavnih pretočnih polj.

Izbor turbin je bil v bistvu zelo enostaven. Rezultat predhodnih študij je bil, da naj bo instalacija HE Solkan in vzvodne HE Plave + HE Ajba po 120 m³/s. Torej znaša potrebna instalacija za HE Ajba 50 m³/s. Klasičen agregat. Kaplanova turbina, ima prevelike dimenzije, da bi jo lahko vgradili v eno od obeh pretočnih polj in bi bilo potrebno porušiti obe pretočni polji in most z deponijo. Cevno turbino, ki je instalirana prav tako na 50 m³/s, pa je bilo možno vgraditi v eno pretočno polje. Prostora je bilo še ravno zadosti, da je bilo možno pravilno dimenzionirati vse konstrukcije.

Turbina in generator v cevni izvedbi hruška- ste oblike je v celoti izdelana doma. Obliko gibljivih kril gonilnika, gibljivih kril vodilnika in lopat predvodilnika ter ostalih delov pretočnega polja agregata je določil Inštitut za turbinske stroje v Ljubljani in opravil tudi vse potrebne raziskave na modelu cevne turbine. Turbino je nato konstruiral in izdelal Litostroj, Ljubljana, a generator R. Končar iz Zagreba. Take cevne turbine se uporabljajo pri majhnih padcih. Zaradi njihove konstrukcije zahtevajo izvedbe razmeroma manjši prostor, manj izkopov in gradbenih del, s čimer se znižajo specifični stroški.

Cevna turbina na Ajbi ima dvojno regulacijo, da dosežemo pravilno nastavitve medsebojnega odnosa odprtja vodilnih in gorilnih lopatic za boljše izkoriščanje pri vsakem podanem pretoku. Kaplanov gonilnik s štirimi krili je premera 3 m. Poleg gibljivih lopatic vodilnika ima turbina še posebne nosilne predvodilne lopate.

Spodnja je debelejša in votla, da je skozi njo možno priti k turbinskemu ležaju in tesnilki.

»Hruška« s sinhronskim generatorjem je naslonjena na betonski podstavek in meri v premeru 3,2 m, dovodna cev (rov) pa 6,4 m. Hruška je napolnjena z zrakom, ki hkrati služi za hlajenje generatorja.

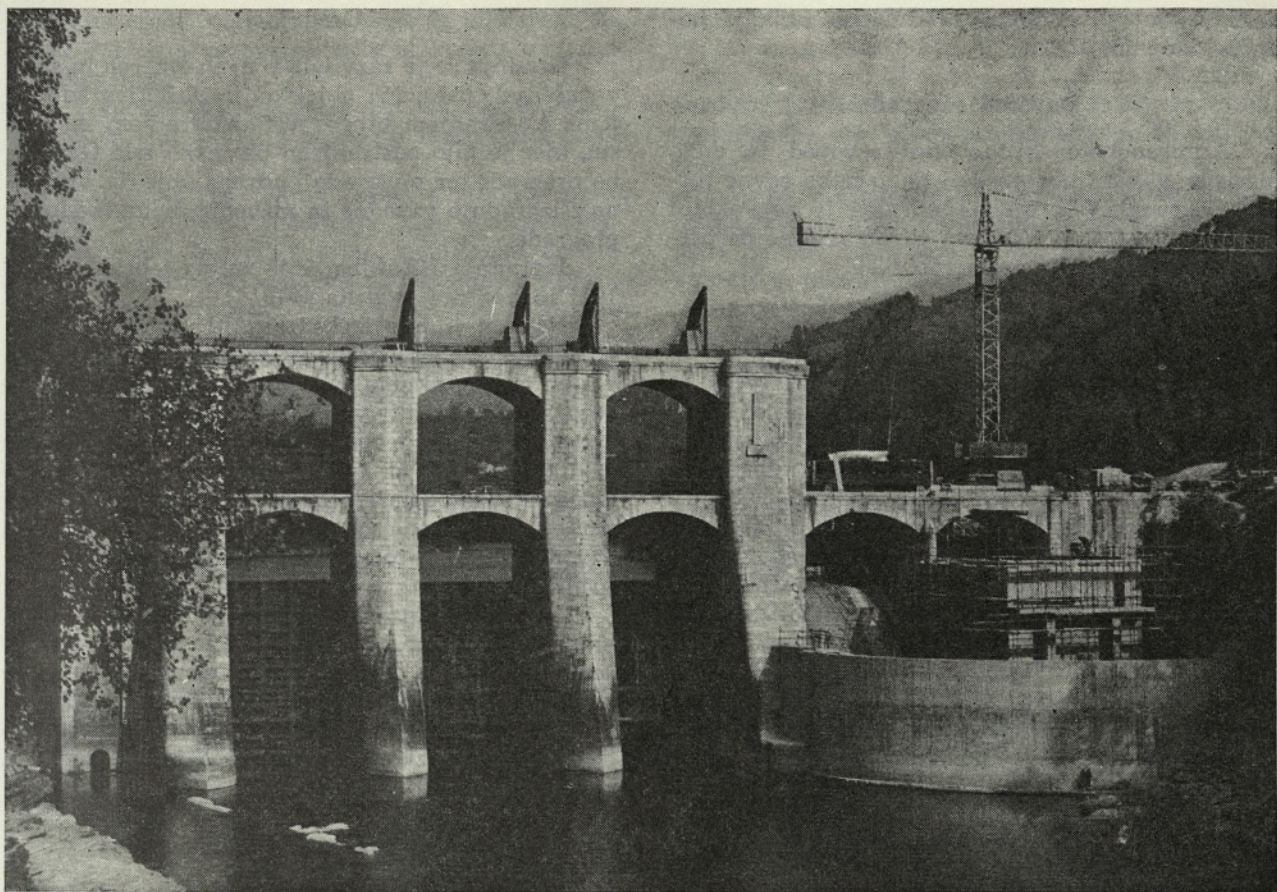
Cevni agregat HE Ajba je šele prvi večji pri nas. V načrtu pa so še cevne turbine na Savi, Dravi, Donavi in Vardarju.

OPIS HE AJBA

Lokacija

Glavni del jezovne zgradbe Ajba obsega tri pretočna polja širine po 8,0 m. Situirana so približno v sredi struge Soče. Ostali del profila je izpolnjen z vtočnim objektom, na levem bregu pa z dvema pretočnima poljema. Glavna pretočna polja imajo prag na koti 96,00, pretočno polje ob vtočnem objektu pa je še na nižji koti, ker služi hkrati tudi za izpiranje usedlin pred gostimi grabljami vtočnega objekta za HE Plave.

Dvojne zapornice zajezujejo vodo na koto 106,00. V času katastrofalno visokih vod, katere se v profilu doblarske pregrade ocenjujejo na



Sl. 1. HE Ajba na reki Soči

3000 m³/s, se vodna gladina na jezu Ajba, ko so vse zatvornice popolnoma odprte, dvigne na koto 108,85. Spodnja voda je v tem primeru na višini 104,00. Poprečna višina dna struge v spodnji vodi pod pretočnimi polji je približno 90,45.

Levobrežni polji, široki po 8,0 m, sta zaprti z dvema betonskima težnostnima pregradama. Kota krone, ki je hidravlično ugodno oblikovana, znaša 106,00. Pri visokih vodah, ko se gladina v akumulaciji dvigne nad koto 106, se prelivajo vode tudi skozi ti dve pretočni polji. Kot je bilo že omenjeno, je vodostaj v akumulaciji pri pretoku katastrofalno visoke vode na koti 108,85, torej se preliwa prek fiksnega roba teh dveh polj voda v višini 2,85 m.

Na koti 111,50 sta ti dve polji premoščeni z mostom ločne konstrukcije. Širina mostu je 9,0 m. Na tem mostu je urejena deponija pomožnih zapor.

Levobrežno polje je bilo izbrano za lokacijo nove elektrarne in od vseh tipov studiranih variant turbin je cevna turbina najbolj ustrezala in je bila tudi za to izbrana ter vgrajena.

Pri projektiranju nove hidroelektrarne s cevno turbino se je projektant držal načela, da deluje kompletna nova gradnja kot monolitna zgradba in je neodvisna od obstoječih elementov, in da nova zgradba v ničemer dodatno ne obtežuje obstoječih

objektov. Zato je predvideno, da je ves vtočni objekt s platojem za stroj za čiščenje rešetk in servomotorjem za varnostno zapornico situiran na vzvodnem delu svetle širine obstoječega mostu. Prav tako pa je strojnica z nujnimi stranskimi prostori situirana na nizvodni strani izven svetle širine obstoječega mostu. V prostoru pod mostom pa zavzemajo celoten prostor armiranobetonski dovodni cevovod, ki dovaja vodo do turbin, prostor za električno opremo in montažni prostor.

Vtočni objekt

Vtočni objekt sestavljajo armiranobetonska konstrukcija s hidravlično ugodno oblikovanim vtokom, opremljenim z gostimi grabljami. Te grablje čisti čistilni stroj.

Prag vtočnega objekta je na koti 96,60, dimenziji vtočnih grabelj sta 8,0 × 9,0. Zgornji rob vtoka je na koti 105,50.

Hitra tablasta zapornica ima dimenzije 5,0 × 7,0 in jo poganja oljni servomotor. Njena lega je ali popolnoma odprta, ali popolnoma zaprta in nima funkcije reguliranja.

Plato vtočnega objekta, na katerem sta stroj za čiščenje rešetk in oljni servomotor, ima tlorisne dimenzije 7,30 × 10,00 in je na koti 108,60. Razlika med višino mosta in platoja znaša 2,90 m. Za

premostitev te višine so predvidene zunanje betonske stopnice.

Dovodni cevovod

Armiranobetonski dovodni cevovod je dolg, merjeno od osi finih grabelj do začetka cevne turbine 22,65 m. V profilu zapornice je pravokotni presek $5,0 \times 6,4$ m, v odseku cevne turbine pa preide v okrogli profil s premerom 6,40.

Strojnica

Vstop v montažni prostor je na koti 104,50 in je za 0,5 m višji od vodostaja katastrofalno visoke vode. Po notranjih betonskih stopnicah pridemo na koto 101,00 kjer je montažni plato in odprtina v montažni jašek, katerega dno je na koti 37,80. Tu so montirani turbinski servomotorji in črpalke. Od tu je tudi možen vstop v turbino od spodaj navzgor. V prostoru med turbino in montažnim platujem sta še dva prostora, kjer je montirana vsa električna oprema, avtomatika, kompresorji itd. Od tu je tudi možen dostop do turbinskega jaška in v generatorski del cevne agregata.

Širina vseh spodnjih prostorov je 6,40 m, montažni prostor pa je v spodnjem delu širok 6,40 v zgornjem delu pa 8,20.

35 kV postaja

Na platoju med bregom Soče in železnico je nova 35 kV postaja z vsemi stranskimi prostori in s priključkom na daljnovid.

Gradnja

Gradnja se je razvijala v dveh smereh in sicer v rušenju obstoječih objektov in zaščiti gradbene jame s sidranjem bregov ter razpiranjem na mestu, kjer je bilo odstranjeno betonsko telo težnostne pregrade ter v izgradnji novega objekta, vključno z izgradnjo vzvodne in nizvodne betonske ločne pregrade.

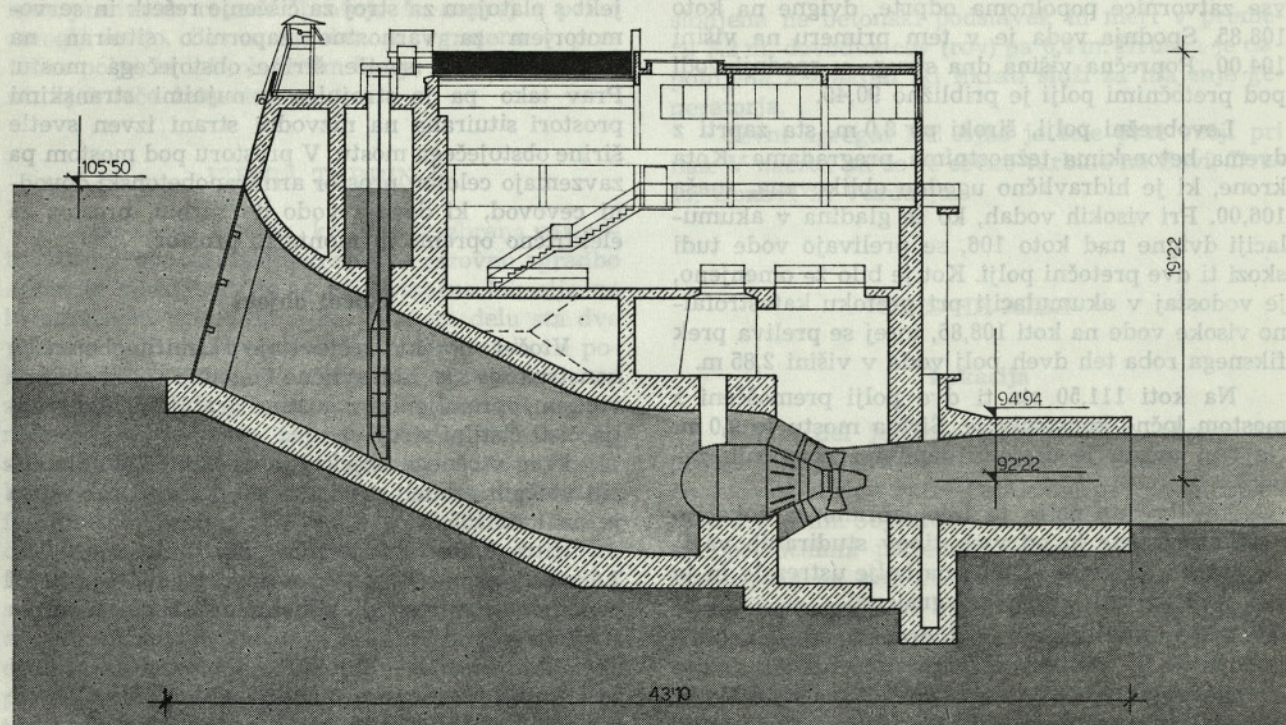
Izgradnja HE Ajba se je začela februarja leta 1971 in končala avgusta 1975.

Najprej je bilo treba zgraditi vzvodno in nizvodno pomožno pregrado. V času remonta HE Plave, ko je bila akumulacija prazna, je bila zgrajena betonska ločna pregrada s konstantnim radijem debeline 1,00 m (temelj). Debeline loka pa so bile 0,80, 0,60 in 0,35 m. Lok se je opiral na ločilni steber med pretočnima poljema in v breg. Nizvodna pomožna pregrada je imela iste parametre kot vzvodna in se je prav tako opirala na steber pretočnih polj ter na levi breg.

Po osušitvi gradbenih jam so pričeli z delom na izkopih ter z rušitvami. V glavnem se je rušenje odvijalo na odstranjevanju masivne težnostne betonske pregrade, ter na podslapje. Povprečna globina betonske pregrade je bila na koti 94,80, dodatna globina izkopa v hribini pa je bila še 7,0 m nižja.

Geološke razmere v območju izkopov

S tem, da je bila odstranjena masivna betonska pregrada, še 7,0 m poglobljen izkop v dolžini strojnice in spodkopen nizvodni oporni zid, ki je pretil,



Sl. 2. HE Ajba: vzdolžni prerez

da se bo zrušil v gradbeno jamo, je bilo treba izvršiti določena varovalna dela in izvesti geološka raziskovanja.

Iz geološkega elaborata za HE Plave posnemamo, da sloji kamnin padajo v smeri proti gradbeni jami.

Breg sestavljajo: krovni sloj, gramozni nanos (pesek, prod), nato si sledijo sloji apnenčastega konglomerata, laporja z glino, nato zopet apnenčast konglomerat in apnenčast konglomerat s plastmi laporja. Kot osnova je bilo ugotovljeno, da nastopa laporni apnenec z vložki gline. Naklon plasti je bil ugotovljen $10-15^\circ$. Ploskve med sloji so bile zaglinjene in iz njih je mestoma polzela voda.

Iz tega kratkega opisa je razvidno, da je bilo treba zelo skrbno paziti, da se ne bi breg porušil v gradbeno jamo.

Pri raziskavah sta sodelovala Laboratorij za mehaniko tal pri FAGG v Ljubljani in Geološki zavod. Kot rezultat teh raziskav je sledila odločitev,

UDK 627.84/.88 (Ajba)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 139-143

Adolf Wedam:

HE AJBA NA REKI SOČI

Zaradi različnih višin instalacij na elektrarnah HE Doblar in HE Plave se vedno pretaka neizkoriščena voda preko jezua za hidroelektrarno Plave. Da bi bile tudi te vode izkoriščene, je bilo potrebno vgraditi v obstoječi jež majhno elektrarno. Najprej je bila obdelana varianta s Kaplanovo turbino, pozneje pa je bila sprejeta odločitev, da naj bo ta turbina cevna. Tako sta Litostroj in Rade Končar razvila in skonstruirala cevno turbino požiralnosti $50 \text{ m}^3/\text{s}$, ki že uspešno obratuje 1 leto.

HE Moste, četrti agregat

UDK 627.84/.88 (Moste)

Ko se je projektirala izgradnja hidroelektrarne Moste pri Žirovnici, ki izkorišča vodo reke Save na padcu $H_b = 163,50 \text{ m}$, so mislili na to, da bi v isti strojnici vgradili prečrpovalni agregat, ki bi ponoči črpal vodo Save v obstoječo akumulacijo Završnico in jo v času dnevnih potreb ob konicah izkoriščal v turbinskem obratovanju. Projekt je ta predlog obdelal, gradbena dela so bila po projektu izdelana, izpadla pa je izgradnja in montaža turbinsko-črpalnega agregata, kar se z večjo zamudo vrši prav v sedanjem času.

da se bočni zid sidra z 12 sidri dolžine po 6 m in pa, da se na mestu, kjer je prej stala masivna težnostna pregrada, ki jo je bilo treba zaradi gradnje porušiti, uredi 5 razpor (Painerji F 30), ki so bile preračunane, da lahko prevzamejo po 60 ton pritiska.

Ko so bila urejena navedena zaščitna dela, so izkopi ter betoniranje potekali po planu. Gradbena jama je bila praktično suha. Največja ovira pri gradnji je bila ta, da je bil prostor izkopov in betoniranje zelo majhen in da ni bilo možno izkoristiti mehanizacije, ki je bila na razpolago.

Hidroelektrarna HE Ajba je že v zadovoljstvo opravila preizkusno obratovanje in ima že za sabo nad 1000 obratovalnih ur. Pred kratkim je bil tehnični pregled in je sedaj že vključena v redno obratovanje. Vse kaže, da se bo nova konstrukcija turbine obnesla in bodo zato sledile še nove cevne turbine še večjih dimenzij na Savi in na vodotokih po drugih republikah.

UDK 627.84/.88 (Ajba)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 139-143

Adolf Wedam:

HYDROELECTRIC POWER PLANT AJBA ON THE SOČA RIVER

Because of the different installed capacities of the HPP Doblar and HPP Plave some amount of unutilized water was spilled over the weir of the HPP Plave. In order to make use of this water it was necessary to build a small power plant at the existing weir. Initially a solution with Kaplan turbine was considered, but later the final decision for a bulb type turbine was accepted. So a bulb type set with the absorption capacity of $50 \text{ m}^3/\text{sec}$, which has been successfully operating for more than one year had been developed and constructed by Litostroj and Rade Končar.

ADOLF WEDAM, DIPL. INŽ.

HISTORIAT

Pri Žirovnici je bila leta 1914 zgrajena Završnica, hidroelektrarna, ki izkorišča vodo reke Završnice na padcu do nivoja reke Save. Voda Završnice je zajezena v bližini sotočja z Rečico s pomočjo težnostne betonske pregrade na koto 630,50 S tem je bil ustvarjen akumulacijski bazen, ki ima celotno prostornino 130.000 m^3 . Pri denivelaciji od kote 630,50 na koto 627,00 pa znaša koristna prostornina 90.000 m^3 . V elektrarni izkoriščena voda

se odteka v Savo približno na koti 467,0 in znaša bruto padec 163,50 m.

V strojnici ob Savi je prostora za štiri agregate po 0,75 m³/s. Torej je bila predvidena instalacija vsega skupaj 3,0 m³/s. Vendar pa sta bila vgrajena samo dva agregata, katerih požiralnost znaša po 1 m³/s. Torej znaša danes instalacija vsega skupaj 2,0 m³/s. Po projektu je bil zamišljen od vodostanske komore do strojnice tlačni jeklen cevovod, katerega bi sestavljali dve vzporedni cevi premera po 1,0 m. Vendar pa je bila v prvi etapi izgradnje montirana samo desna veja cevovoda. Do dokončne izgradnje turbin in leve veje tlačnega cevovoda ni nikoli prišlo.

Leta 1952 je bila zgrajena pri Mostah nova elektrarna, HE Moste. Strojnica HE Moste je vkopana v teren do stropne konstrukcije, locirana pa je v neposredni bližini pravkar opisane HE Žirovnice. Obe strojnici sta povezani s podzemskim hodnikom, kjer se razvejajo dovodne tlačne cevi do enih in drugih agregatov.

Dejstvo, da je završniška elektrarna stara in da bo kmalu iztrošena, saj je v pogonu od leta 1914, in da je potekal spodnji del železnega tlačnega cevovoda po površini terena, ki je nestabilen in plazovit ter je tlačni cevovod utrpel že znatne deformacije, kar je ogrožalo varnost obratovanja, je narokovalo potrebo po ukrepih za zavarovanje stare centrale in cevovoda.

Pri proučevanju več različnih možnosti, ki so bile med seboj pretehtane tako po tehnični kot tudi po ekonomski plati, je vznikla misel, da bi ne kazalo v stari HE Završnici nadomestiti iztrošenih strojev z novimi, temveč, da bi v novi strojnici HE Moste predvideli prostor za četrti agregat, ki naj bi izkoriščal vode iz završniškega bazena. Zaradi vsega tega je strojnica HE Moste zgrajena tako, da so v njej montirane tri turbine, katere poganja voda Save, zajete v akumulaciji Moste in da je gradbeno zgrajen prostor, ki je rezerviran za četrti agregat. Ta četrti agregat naj bi v bodoče nadomeščal staro strojnico HE Završnica. V nadaljevanju študije pa je bila zamisel o četrtem agregatu dopolnjena še s tem, da bi njegovo moč lahko povečali na ta način, da bi prečrpavali vodo iz bazena HE Moste na nivo akumulacije Završnica. Na ta način je bil predviden prečrpovalni agregat, s črpalko in turbino na isti osi. Ta zamisel je bila sprejeta in so gradbena dela bila izvedena v celoti po gabaritih, ki sta jih dala Litostroj in R. Končar. V strojnico so bili montirane 3 turbine in na novo je bil izveden zadnji del tlačnega cevovoda HE Završnica, medtem ko četrti agregat ni bil nikoli niti naročen, niti montiran.

V naslednjih letih je šel razvoj prečrpovalnih turbin svojo pot dalje in investitor se je odločil, da naroči pri Litostroju in R. Končarju reverzibilno turbino, to je stroj, ki v eno smer črpa, v drugo pa se vrti kot turbina. Na isti osi je montiran motor-generator. Hkrati pa je tudi padla odločitev, da za-

radi geoloških pogojev ne bo obratovala akumulacija HE Završnica kot tedenska, ampak kot dnevna akumulacija.

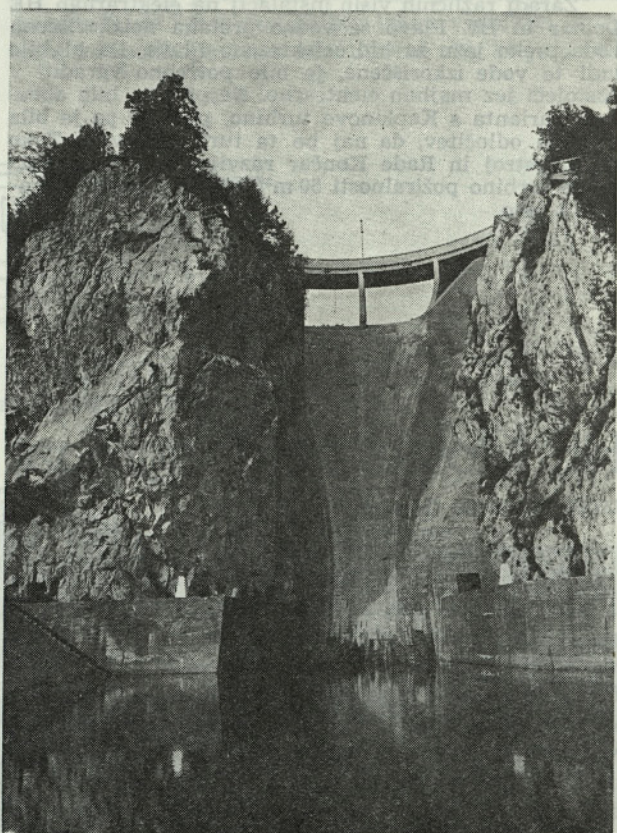
OPIS OBJEKTA

HE ZAVRŠNICA, zgrajena leta 1914

V dolini Završnice je bila zgrajena betonska pregrada, ki je zajezovala vodo do kote 630,50. V času 38-letnega obratovanja se je ta akumulacija zaradi zaprojevanja zmanjšala od 110.000 na 90.000 m³, torej za 20.000 m³. Ta podatek velja za sloj dezelacije, ki znaša 3,5 m. Da bi se zopet povečala vsebina koristnega prostora, je bila pred leti urejena na kroni pregrade provizorna konstrukcija, s pomočjo katere je bilo možno nadvišati gladino vode za 1 m tj. od kote 630,50 na 631,50. S tem je bil dosežen prvotni koristen prostor 110.000 m³ vode.

Obratna voda doteka iz te akumulacije do cilindričnega vodostana profila 6,5 m po dovodnem tunelu $F = 2,59 \text{ m}^2$, $L = 800 \text{ m}$. Od tu dalje pa po tlačnem cevovodu v strojnico Završnico ali pa v strojnico Moste.

Tlačni cevovod je že v celoti zamenjan in je od zasunske komore do fiksne točke 2 dvojen premer po 1,0 m, od tu dalje pa vse do strojnice pa je enojni, premera 1,5 m, po celi dolžini zakopan z minimalnim prekritjem 1,0 m.



Sl. 1. HE Moste pri Žirovnici

V predprostoru strojnice HE Moste je na obstoječo tlačno cev za HE Završnico montiran razcepni komad, ki povezuje to cev tudi z reverzibilnim agregatom (4. agregat) v strojnici HE Moste.

HE MOSTE, ČETRТИ AGREGAT

Kot je bilo že povedano, je bil prvotno predviden agregat, katerega so sestavljali: turbina, črpalka in motor-generator. Ustrezno temu konceptu opreme so bila že izvršena vsa gradbena dela. Preden pa je dozorela misel, da bi šli v realizacijo izgradnje četrtega agregata, je padla odločitev, da bo črpalka in turbina v enem samem komadu. S tem se je menjal celoten koncept gradbenega dela v prostorih, rezerviranih za četrti agregat. Za realizacijo nove zamisli so bila potrebna izdatna rušilna dela, poglobiti je bilo treba izkope ter jih na novo obbetonirati in izdelati nove etaže za turbino-črpalko in za motor-generator. Stranski prostori so uporabljeni, kot je bilo najbolj mogoče.

Vseh gradbenih del v strojnici HE Moste četrti agregat je po količini malo, so pa vsa dela zelo zapletena, ker je vsa izgradnja ena sama rekonstrukcija na zelo tesnem prostoru in v stavbi, ki je na več krajih razpokana.

Obratovalni režim

Ko bo obratoval četrti agregat kot črpalka, bo celotni dovodni sistem od akumulacije na Savi do strojnice HE Moste deloval kot sesalni del črpalke in dovodni sistem elektrarne Žirovnica kot tlačni sistem.

Sesalni del sestavljajo 840 m dolg dovodni tunel premera 3,0 m, vodostan premera 7,5 m, tlačno cev dolžine 154,5 m in premera 2,6 m, ter 20 m dolžine premera 0,8 m.

Tlačni del pa sestavljajo 1039 m dolga tlačna cev premera 1,5 m, vodostan premera 6,5 m in 800 m dolg dovodni rov premera 2,59 m².

Črpalke sesajo vodo s kote (maks.) 524,25 (min.) 510,0 na koto (maks.) 631,50 oziroma (min.) 627,0.

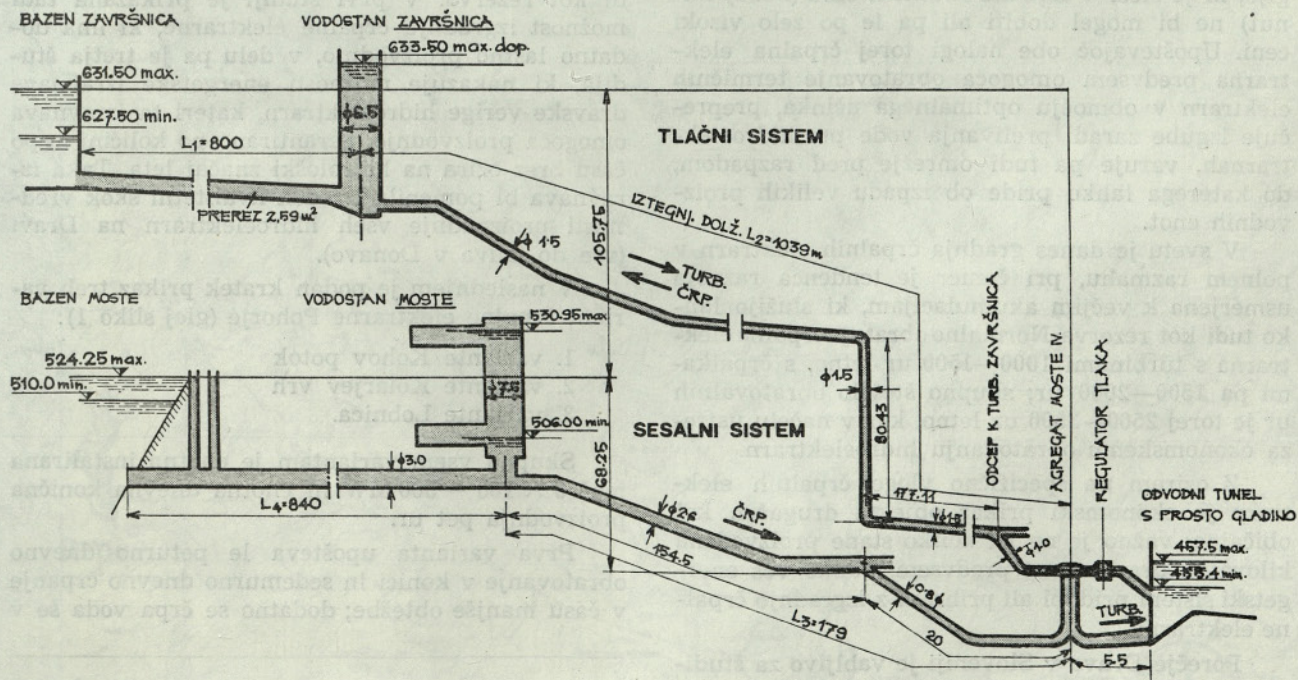
Torej znaša bruto črpalna višina 105,75 m. Pri turbinskem obratu je v pogonu samo veja HE Završnica in odvodni kanal HE Moste.

Ker je celotni sistem hidravlično zelo kompliciran in od tega zavisijo vse rešitve obratovanja turbo črpalke, je bila izdelana posebna študija. Ta študija je morala ugotoviti optimalne krmilne zakone zapiranih organov tj. vodilnika agregata, regulatorja tlaka in predturbinskega zasuna. Vse to mora biti izpolnjeno zaradi regulacijske garancije glede narastka turaže in največjega narastka tlaka.

Rezultati te študije so pokazali, da ni potrebno izvesti nobenih dodatnih del na vodostanih tako veje HE Moste kot veje HE Žirovnica, da so vsi narastki tlaka v mejah, ki jih lahko prevzame sedaj vgrajen material. Vse to je bilo možno izpolniti, ker je v spiralo turbine črpalke vgrajen regulator tlaka, ki v vseh možnih fazah obratovanja samodejno ukrepa.

Četrti agregat je prvi reverzibilni hidravlični stroj, skonstruiran in izdelan doma.

Dimenzoniran je na 4,7 m³/s pri črpalnem obratovanju in na 6 m³/s, ko obratuje kot turbina. Je plod dolgotrajnih študij Turboinštituta, Litostroja in R. Končara in izhodišče za konstruiranje še večjih tovrstnih reverzibilnih strojev.



Sl. 2. HE Moste: vzdolžni profil

UDK 627.84/.88 (Moste)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 143-146

Adolf Wedam:

HE MOSTE, IV. AGREGAT

Članek opisuje realizacijo izgradnje IV. agregata v HE Moste. Že pri izgradnji strojnice Moste je bil zgrajen prostor za agregat, ki bi črpal vodo iz nižjega nivoja akumulacije Moste na višji nivo akumulacije Žirovnica. V času potrebe pa bi isti agregat obratoval kot turbina na padcu od akumulacije Žirovnica do spodnje vode elektrarne Moste. Po prvotnem projektu sta bili predvideni črpalka in turbina na isti osi, toda ločeni, realizirana pa je reverzibilna turbina, ki jo je razvil Litostroj s svojimi sodelavci in kooperanti. Sedaj je gradnja te elektrarne v fazi montaže opreme.

ČE Pohorje

UDK 621.311 (Pohorje)

Naloga črpalnih elektrarn je dvojna: v času manjše potrošnje se z viški proizvodnje prečrpava voda iz spodnjega v zgornji akumulacijski bazen, v času konic, ko ni mogoča zadostna proizvodnja energetskih objektov, pa se akumulirana voda izrabi za dodatno, konično proizvodnjo. Razen te osnovne naloge črpalna elektrarna služi tudi kot kratkotrajna (dnevna) rezerva v primeru izpadov ali okvar večjih proizvodnih enot, kar omogoča sistemu, da si preskrbi po ekonomski ceni dodatno energijo, ki je sicer v izredno kratkem času (nekaj minut) ne bi mogel dobiti ali pa le po zelo visoki ceni. Upoštevajoč obe nalogi torej črpalna elektrarna predvsem omogoča obratovanje termičnih elektrarn v območju optimalnega učinka, preprečuje izgube zaradi prelivanja vode pri hidroelektrarnah, varuje pa tudi omrežje pred razpadom, do katerega lahko pride ob izpadu velikih proizvodnih enot.

V svetu je danes gradnja črpalnih elektrarn v polnem razmahu, pri čemer je tendenca razvoja usmerjena k večjim akumulacijam, ki služijo lahko tudi kot rezerva. Normalno obratuje črpalna elektrarna s turbinami 1000-1500 ur letno, s črpalkami pa 1500-2000 ur; skupno število obratovalnih ur je torej 2500-3500 ur letno, kar v načelu ustreza ekonomskemu obratovanju hidroelektrarn.

Z ozirom na specifično vlogo črpalnih elektrarn je ekonomski prikaz objekta drugačen kot običajno: važno je ne le, koliko stane proizvedena kilovatna ura, temveč predvsem, koliko ves energetski sistem pridobi ali prihrani z izgradnjo črpalne elektrarne.

Porečje Drave v Sloveniji je vabljivo za študije o možnostih izgradnje črpalnih elektrarn pred-

UDK 627.84/.88 (Moste)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 143-146

Adolf Wedam:

HYDROELECTRIC POWER PLANT MOSTE, THE FOURTH AGGREGATE

The construction of the fourth set of the HPP Moste was described. Already during the construction of Moste HPP powerhouse (30 years ago) the place for the later erection of the fourth set was built. This aggregate should pump the water from the lower water level of the HPP Moste storage reservoir to the higher level of the Žirovnica storage. Initially separated pump and turbine on the shaft were foreseen, but finally a reversible type turbine was accepted and developed by Litostroj and its cooperators. The erection works on the fourth set are in the final stage.

KOVAČEC JANKO, DIPL. ING.

vsem zaradi tega, ker na reki obratuje vrsta hidroelektrarn, katerih akumulacije služijo kot spodnji bazen črpalne elektrarne, kar seveda občutno zmanjša stroške izgradnje.

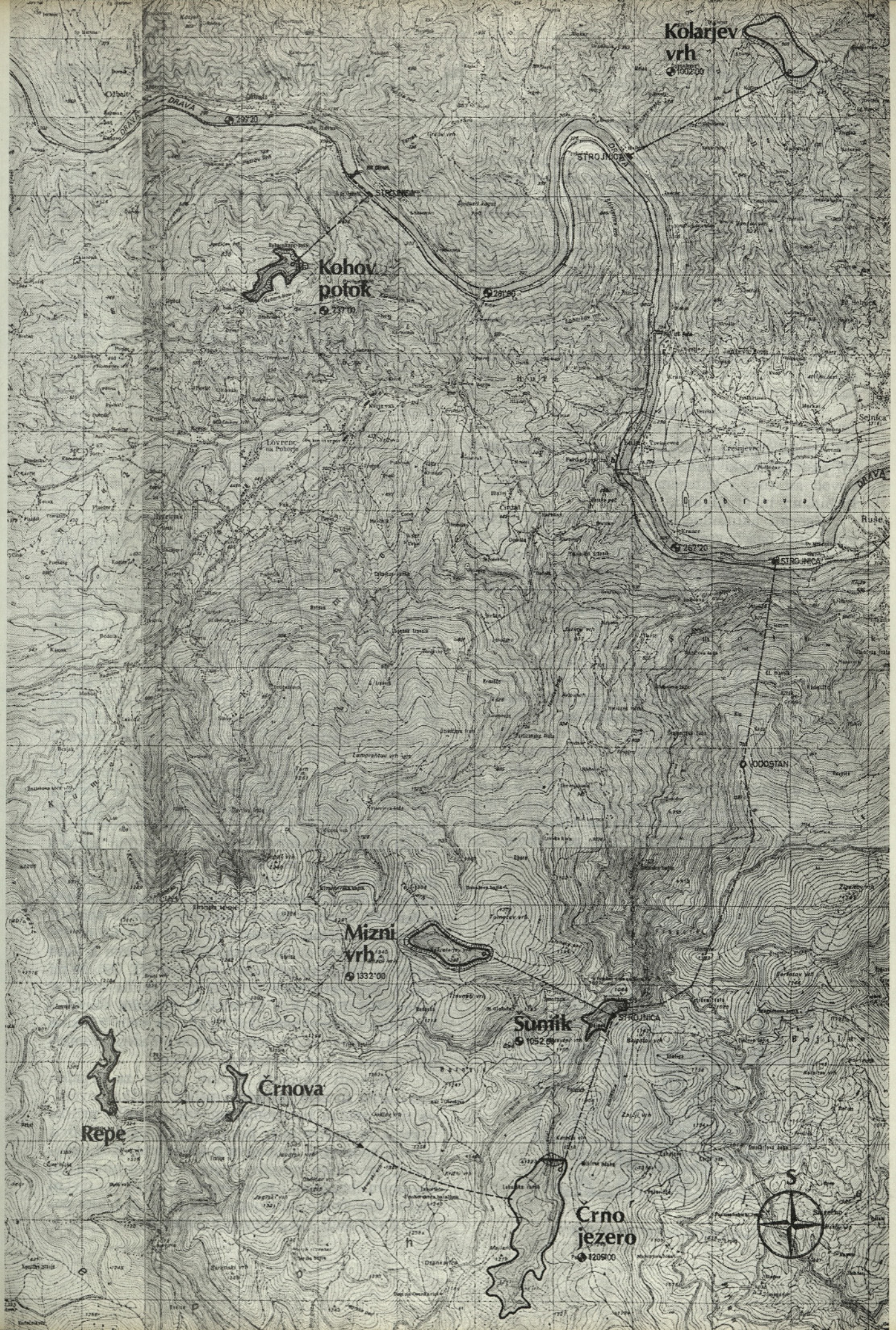
Inženirski biro Elektroprojekt je v dveh študijah prikazal možnosti izgradnje črpalnih elektrarn na Pohorju (v porečju Drave); prva študija podaja možnost izgradnje objektov, ki služijo predvsem za proizvodnjo konične energije, druga študija po podaja prikaz objektov, ki lahko služijo tudi kot rezerva. V prvi študiji je prikazana tudi možnost izgradnje črpalne elektrarne, ki ima dodatno lastno proizvodnjo, v delu pa je tretja študija, ki nakazuje možnosti energetske izravnave dravske verige hidroelektrarn, kateri ta izravnava omogoča proizvodnjo, garantirano po količini in po času brez ozira na hidrološki značaj leta. Taka izravnava bi pomenila izreden kvaliteten skok vrednosti proizvodnje vseh hidroelektrarn na Dravi (vse do izliva v Donavo).

V naslednjem je podan kratek prikaz treh variant črpalne elektrarne Pohorje (glej sliko 1):

1. variante Kohov potok
2. variante Kolarjev vrh
3. variante Lobnica.

Skupna vsem variantam je enotna instalirana moč $3 \times 100 = 300$ MW in enotna dnevna konična proizvodnja pet ur.

Prva varianta upošteva le peturno dnevno obratovanje v konici in sedemurno dnevno črpanje v času manjše obtežbe; dodatno se črpa voda še v



soboto in nedeljo. Ta varianta ne omogoča rezerve v sistemu.

Druga varianta razen vsakodnevnega peturnega obratovanja v konici razpolaga zaradi večjega zgornjega akumulacijskega bazena tudi z vodo, ki omogoča 24-urno obratovanje kot rezerva z močjo 300 MW.

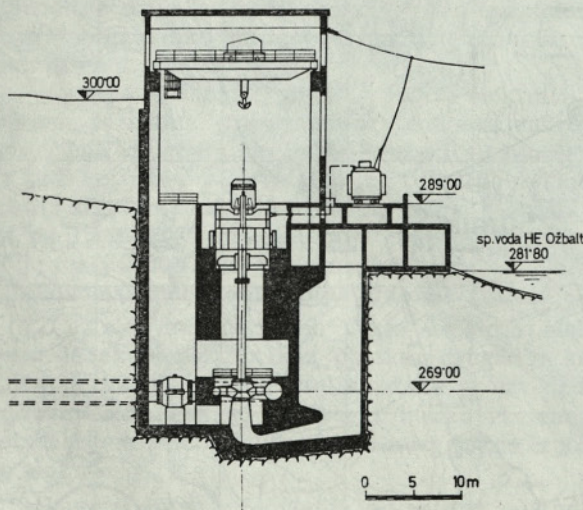
Tretja varianta predstavlja kompleksno rešitev, kjer je razen peturnega dnevnega koničnega obratovanja na razpolago tudi bazen za 24-urno rezervo, poleg tega pa je tu podana tudi letna proizvodnja 60—100 GWh (konične ali dnevne energije) z dotokom vode iz lastnega povodja.

Drugo in tretjo varianto je mogoče zgraditi v etapah.

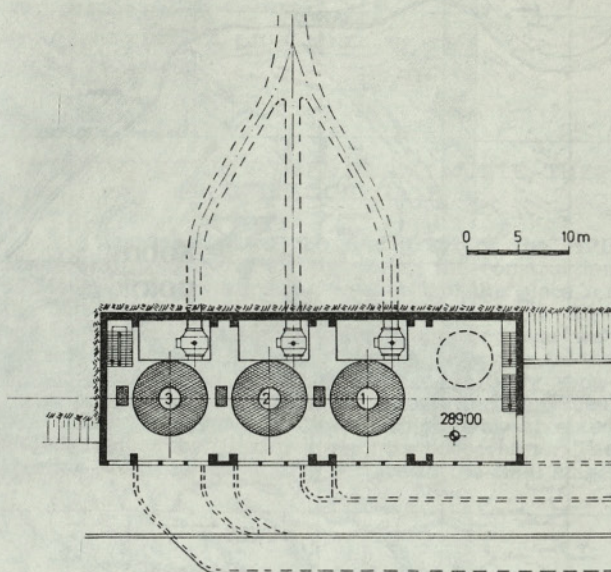
Varianta Kohov potok

Vsaka črpalna elektrarna ima zgornji in spodnji akumulacijski bazen, ki ju povezuje tlačni cevovod ali rov, v katerem je vgrajena strojnica s turbinami in črpalkami.

Zgornji akumulacijski bazen variante Kohov potok ima bazen vsebine 2,0 milijona m³. Kota zaježitve je na višini 737 m. Dolina se v spodnjem delu zasuje, v zgornjem pa deloma odkoplje, tako da nastane posoda podolgovate oblike, katere dno in pobočja so obložena z vodotesno asfaltno prevleko. Možna je izvedba z delnim odklopom pobočij, pri čemer se z odkopanim materialom zasuje dno, pobočja pa priredijo za oblaganje; prikladnejša pa je rešitev, pri kateri se v sotočju obeh potokov, ki tvorita akumulacijski prostor, pridobi material za zasipavanje dna in tudi material za oblikovanje pobočij, ki se dobijo z dosipavanjem materiala na predvideno obliko. V spodnjem delu bazena se nahaja odzvemni objekt, iz katerega teče voda po 1350 m dolgem tlačnem rovu premera 4,0 m v strojnico, ki leži med Dravo in železniško progo 300 m nizvodno od jezua hidroelektrarne Ožbalt. Tlačni rov poteka sprva vertikalno, nato pa poševno do



Sl. 2. Strojnica Kohov potok (prerez)



Sl. 3. Strojnica Kohov potok (situacija)

razcepa pred strojnico, kjer preide v vodoravno lego in se razdeli v tri krake premera po 2,0 m. Tlačni rov je obbetoniran in obdan z jeklenim plaščem, kontakt s skalo je podan z ustreznimi injekcijami. Strojnica je jaškastega tipa. V njej so predvideni trije agregati, opremljeni z dežnikastimi generatorji in reverzibilnimi turbinami — črpalkami moči po 100 MW. Skupna moč strojev je 300 MW. Za to moč je pri srednjem padcu 430 m potreben turbinski pretok 81 m³/s; črpalke zmorejo 66 m³/s. Strojnica je dostopna po cesti iz HE Ožbalt; elektrarniško dvorišče in montažna dvorana sta na isti višini, strojnica pa je poglobljena. V strojnici so tudi zasuni cevovoda. Vse Transporte opravlja dvojni mostni žerjav. Razdelilna postaja 220 kV s transformatorji se nahaja nizvodno od strojnice, gledano v smeri toka reke Drave. Daljnovod poteka po dolini Drave v razdelilno postajo Cirkovci. Možna je variantna povezava z razdelilno postajo 380 kV v Mariboru. Iz turbin odteka voda po 300 m dolgem pokritem cevnem kanalu v bazen HE Ožbalt. Ta oddaljenost zahteva spodnji vodostan zmernih dimenzij, ki je lociran tik ob iztokih iz turbin ob strojnici. Spodnji bazen s koto zaježitve 299,92 m predstavlja bazen HE Ožbalt na Dravi. Lega strojnice bi sicer pogojevala iztok v bazen HE Fala, kar bi izločilo odvodni kanal s spodnjim vodostanom, zahtevalo pa zelo globoko lego strojnice; razen tega je falski bazen premajhen z ozirom na zahtevano vsebino.

Prednosti variante Kohov potok za črpalno elektrarno so zelo primeren padec, kratka povezava med obema bazenoma, ugodne geološke prilike v rovu in v strojnici, primeren topografski obris terena, enostavna povezava z omrežjem. Kot nedostatek se lahko navede zvezo med strojnico in spodnjim bazenom, predvsem pa dejstvo, da ni možno povečanje zgornjega bazena, ki bi lahko potem služil tudi kot rezerva v sistemu.

Varianta Kolarjev vrh

Varianta Kolarjev vrh ČE Pohorje se od predhodne razlikuje po večjem padcu in zelo ugodnih prilikah za izgradnjo večjega zgornjega bazena, ki bi lahko služil za rezervo.

Zgornji akumulacijski prostor se nahaja na obronkih Kozjaka severno od Fale. Za izgradnjo bazena se mora izravnati skoraj raven Kolarjev vrh. Material, ki se pri tem dobi — 70 % z odri-vom, 30 % z razstreljevanjem — se uporabi za izdelavo obodnega nasipa, katerega pobočja in dno se nato prekrijejo z asfaltno oblogo. Bazen je možno graditi v dveh etapah: v prvi se pridobi volumen, potreben za pokrivanje dnevnih konic pri peturnem obratovanju (0,90 milijona m³), v drugi se poveča bazen v severni smeri; zvezo med obema etapama tvori nasip z zapornico, ki omogoča komuniciranje vode. Taka izdelava (podobna kot jo ima ČE Vianden-Luxemburg) omogoča naknadno povečanje moči elektrarne in izgradnjo novega rova k strojnici brez prekinitve obratovanja. Za 24-urno obratovanje v rezervi mora bazen vsebovati 4,0 milijone m³. Zajezev je na koti 1002 m. V zahodnem delu bazena je vtočna zgradba, iz katere poteka poševen tlačni rov premera 3,0 m in dolžine 2,3 km k strojnici, ki je situirana na levem bregu akumulacijskega bazena HE Fala, ca. 1 km severno od te elektrarne (pred Šturmovo grabo). Stroj-nica je jaskastega tipa podobno koncipirana kot v prvi varianti. Ker pa je padec mnogo večji (sred-nji padec znaša 700 m), so v njej predvideni več-stopenjski reverzibilni agregati, kot so vgrajeni npr. v ČE La Coche-St. Hélène v Franciji. Možna pa je seveda vgradnja ločenih črpalk in turbin s skupnimi motorji-generatorji na vertikalni ali ho-rizontalni osi. Razdelilna postaja s transformatorji se nahaj ob strojnici, daljnovodna povezava je predvidena s Cirkovci. Spodnji akumulacijski ba-zen predstavlja akumulacija HE Fala; strojnica leži neposredno ob tem bazenu, katerega gladina je na koti 281,80 m.

Prednost variante Kolarjev vrh je v velikem padcu, kratkem dovodnem rovu in velastični možno-sti etapne izgradnje. Kot nedostatek se lahko na-vede verjetno težavna ograditev gradbene jame (v prodni terasi z velikimi samicami in visoko talno vodo) in razmeroma majhna koristna vsebina spodnjega bazena, ki pa še odgovarja zahtevam po-gona. Ta varianta je cenejša od prve v začetni eta-pi, pri povečavi taka primerjava ni mogoča, ker se Kohov potok ne da povečati.

Varianta Lobnica

Varianta Lobnica je po zasnovi bolj komplici-rana od obeh predhodnih in tudi dražja, vendar se višja cena kmalu rentira z lastno proizvodnjo, za-radi česar je ta varianta vseeno premisleka vredna.

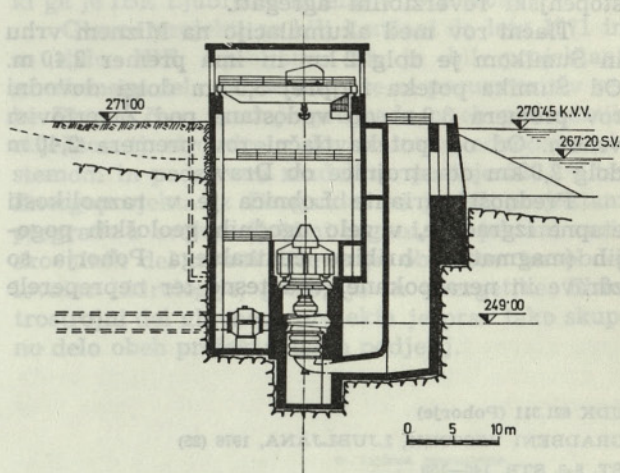
Varianta Lobnica se gradi v treh etapah: v pr-vi etapi je predviden zgornji akumulacijski bazen

na Šumiku, tlačni cevovod in strojnica v Smolniku pri Rušah.

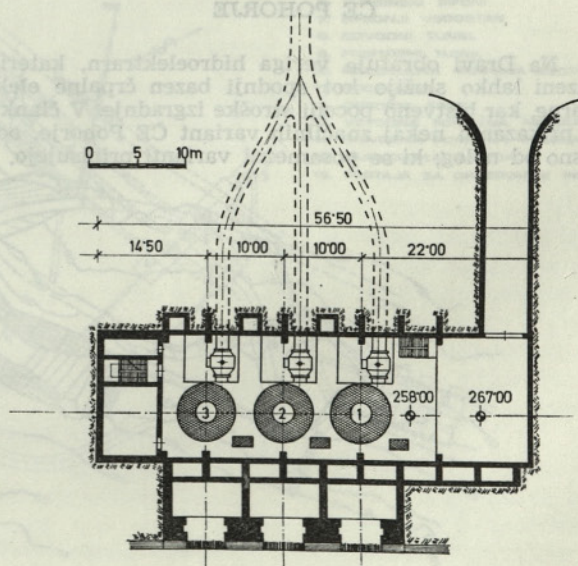
V drugi etapi se zgradi nov zgornji bazen na Miznem vrhu in se poveže z rovom z bazenom na Šumiku, kjer je postavljena manjša strojnica. Ba-zen Šumik izgubi funkcijo osnovnega bazena, ker njegova gladina ne niha več, zaradi česar postane prvorazredni turistični objekt v najlepšem predelu v osrčju Pohorja.

V tretji etapi se zgradi še tretji bazen na Čr-nem jezeru, v katerem se zbira in tudi izravnava voda, pritekajoča iz Radoljne in Oplotnice po do-vodnem rovu. Ta voda skupno z vodo Lobnice na Šumiku predstavlja osnovo lastne proizvodnje; mo-žen je še dovod vode po severni veji iz Vuzeniškega, Vuhreškega, Planinskega in Lampretovega potoka, ki se stekajo v bazen na Šumiku.

Pri konični elektrarni za peturno dnevno obratovanje ima bazen na Šumiku vsebino 0,8 mi-lijonov m³ z zaježitvijo na koti 1052. Srednji padec



Sl. 4. Prerez strojnice Lobnica



Sl. 5. Tloris strojnice Lobnica

v strojnici v Rušah znaša 780 m, moč pa 300 MW. Akumulacijski bazen na Miznem vrhu ima vsebino 3,0 milijone m³ in zajezev na koti 1332. Dodatni padec do Šumika znaša v poprečju 275 m; skupni srednji padec do Drave je potem 1055 m. Strojnica na Šumiku ima moč 100 MW, skupna moč obeh elektrarn za 24-urno rezervo pa je 400 MW. Voda iz lastnega povodja, ki se zbira deloma na Šumiku deloma pa v Črnem jezeru, omogoča letno proizvodnjo 60–100 GWh, s pritegnitvijo severnega dovodnega kanala do 150 GWh. Iz Črnega jezera s koto zajezev 1205 in vsebino 5,0 milijoni m³ voda v Šumik gravitacijsko odteka; ker znaša padec med Črnim jezerom in Šumikom poprečno 150 m, je možna tudi energetska izraba, ki pa tu ni predvidena.

Strojnica v Smolniku pri Rušah leži ob akumulacijskem bazenu HE Mariborski otok na Dravi s koto zajezev 267,20 m. Ta bazen je tudi spodnji bazen za varianto ČE Pohorje—Lobnica. Zasnova strojnice je podobna kot prej, v njej so trije večstopenjski reverzibilni agregati.

Tlačni rov med akumulacijo na Miznem vrhu in Šumikom je dolg 2 km in ima premer 2,40 m. Od Šumika poteka najprej 3,5 km dolgi dovodni rov premera 3,0 m do vodostana pod Žigertovim vrhom. Od od poteka tlačni rov premera 2,40 m dolg 2,9 km do strojnice ob Dravi.

Prednost variante Lobnica je v raznolikosti etapne izgradnje, v zelo ugodnih geoloških pogojih (magmatske hribine centralnega Pohorja so zdrave in nerazpokane, vodotesne ter nepreperle

že skoraj na površini. Metamorfne hribine v dravski dolini pa so globoko preperle in bolj propustne z izjemami amfibolitov in gnajsov ob Dravi) ter v zelo ugodnih topografskih pogojih. Velika prednost je lastna proizvodnja. Nedostatek te variante so dolgi rovi in v zvezi z njimi visoka cena izgradnje.

Kratko opisane tri variante predstavljajo le najbolj značilne primere iz velikega števila sicer enako obdelanih variant. Odločitev za izgradnjo ene ali druge ali tretje ali še katere druge variante pa je seveda stvar študijoznega nadaljnjega projektiranja in tudi vplivov, ki so izven okvirov tehničnih rešitev.

Prav gotovo je dejstvo, da naš energetski sistem črpalne elektrarne potrebuje in sicer prvo čimprej. Danes Slovenija nima nobene konične elektrarne in nobene akumulacijske elektrarne. Slovenski energetski sistem, ki je sicer povezan z jugoslovanskim, je pretežno termičen, hidroobjektov je manj v procentualni udeležbi. Izgradnja velikih novih enot v Šoštanju, Trbovljah in predvsem v nuklearni elektrarni Krško zahteva črpalne elektrarne, sicer bo prišlo do preliivanja vode v hidroobjektih, ki proizvajajo sicer najcenejšo energijo, pri čemer bodo neizkoriščene odtevale mimo turbin stotine milijonov kilovatnih ur.

V Sloveniji je danes koncentrirana večina proizvodnje hidroelektrarn v dravski verigi, zato bodo tu izgube največje in je upravičena želja Dravskih elektrarn, da v tem področju črpalno elektrarno tudi čimprej zgradimo.

UDK 621.311 (Pohorje)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ST. 8-9, STR. 146–150

Janko Kovačec:

ČE POHORJE

Na Dravi obratuje veriga hidroelektrarn, katerih bazeni lahko služijo kot spodnji bazen črpalne elektrarne, kar bistveno poceni stroške izgradnje. V članku je prikazanih nekaj značilnih variant ČE Pohorje, odvisno od nalog, ki se posamezni varianti pripisujejo.

UDC 621.311 (Pohorje)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 146–150

Janko Kovačec:

PUMPING PLANT POHORJE

Pondage basis of hydroelectric power stations, in operation on the Drava River, are convenient as lower basis for hydroelectric pumping stations and considerable reductions in investment could therefore be obtained. The paper gives information on some characteristic alternatives of the Pohorje pumping plant, according to different purposes of the plant in the power generating system.

Hidroelektrarna Piva (HE Mratinje) - prikaz projekta

UDK 621.321.21 (Piva)

SAVO JANEŽIČ, DIPL. INŽ.
FRANC ZUPAN, DIPL. INŽ.

13. julija 1976 je pričela obratovati nova HE Piva. Kljub temu, da ob takem dogodku običajno še niso končana vsa dela, je ta praznični dan vendar simbolično pomenil zaključek skupnih prizadevanj velike skupine ljudi, da bi zgradili nov velik objekt za proizvodnjo električne energije. V tem prispevku so podane predvsem glavne karakteristike elektrarne in prikazan prispevek IBE Ljubljana pri izgradnji HE Piva.

Kratka zgodovina projektiranja

HE Piva se je pod do sedaj bolj znanim nazivom HE Mratinje prvič pojavila leta 1961 v »Osnovnem energetskem projektu Pive«, ki ga je izdelal IBE Ljubljana in v »Osnovnem projektu povodja Drine«, ki ga je izdelal Energoprojekt iz Beograda.

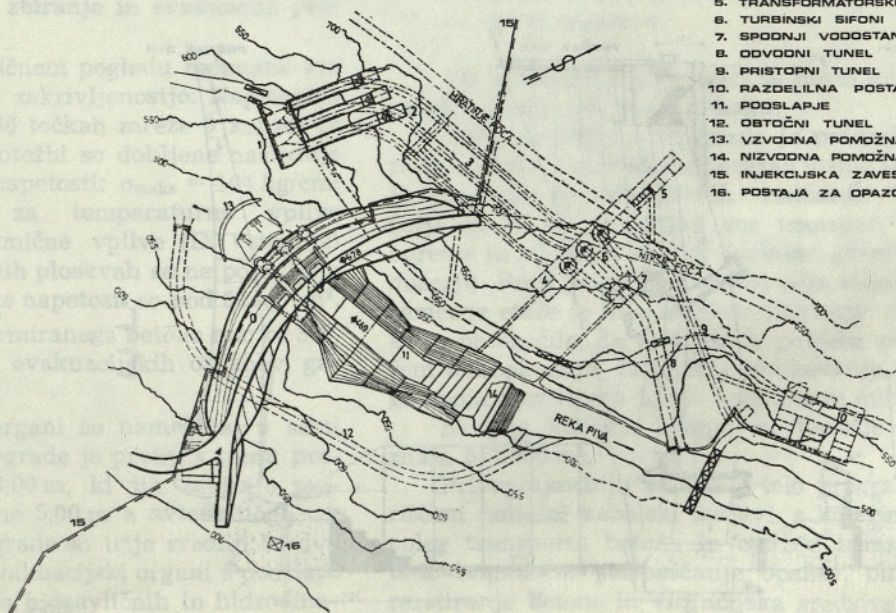
Prvotni koncept je bil med nadaljnim projektiranjem delno spremenjen, vendar pa se je v vseh projektih iskala možnost graditve čelnih akumulacij za izravnanje pretoka za nizvodni sistem elektrarn na Drini. Čelne akumulacije v »vozlišču Ščepan polje« so HE Piva na reki Pivi z zajezo koto 675,00 m, HE Bijeli Brijeg na reki Tari z zajezo koto 660,0 m in HE Buk Bijela na Drini z zajezo koto 500,00 m. Vse tri akumulacije imajo koristno vsebino, ki ustreza 33 % celoletnega pretoka rek Pive in Tare, kar omogoča popolno letno izravna-

nje voda v »Vozlišču«. Taka rešitev je omogočila lociranje HE Pive v najožji del Pive, ki je topografsko in geološko zelo primeren za izgradnjo visoke pregrade z akumulacijo s popolnim letnim izravnanjem pretokov Pive.

Geološka raziskovalna dela, izvedena v letu 1964, so potrdila možnost izgradnje predvidene elektrarne, zato je v letu 1965 IBE Ljubljana izdelal investicijski program za elektrarno z instalirano močjo 2×120 MW, ki je bila v tem programu prikazana kot neposredni dobavitelj električne energije za Aluminijški kombinat v Titogradu. S kasnejšim dogovorom med investitorjem in Elektrogospodarstvom SR Črne gore in SR Srbije pa je bila instalirana moč povečana na 3×120 MW, kar je bilo upoštevano pri izdelavi idejnega projekta, ki ga je IBE Ljubljana izdelal v letu 1968.

Glavni projekti so bili končani do leta 1971 in so delo IBE Ljubljana, ki je bil projektant gradbenega dela za vse objekte za preusmeritev reke Pive v času gradnje pregrade, vseh podzemnih objektov tj. strojnice z dovodnim in odvodnim sistemom in podzemne razdelilne postaje 220 kV ter Energoprojekta iz Beograda, ki je bil projektant pregrade z evakuacijskimi organi, projektant raziskovalnih del in zakoličevanja objektov ter obdelovalec hidrologije, geologije in energetike. Elektrostrojni del glavnega projekta je prav tako skupno delo obeh projektantskih podjetij.

0. LOČNA PREGRADA
1. VTOČNI OBJEKT
2. DOVODNI TUNELI Z BET. OBLOGO
3. CEVOVODI Z JEKLENO OBLOGO
4. STROJNICA
5. TRANSFORMATORSKI PROSTORI
6. TURBINSKI SIFONI
7. SPODNJI VODOSTAN
8. ODVODNI TUNEL
9. PRISTOPNI TUNEL
10. RAZDELILNA POSTAJA 220 kV
11. PODSLAPJE
12. OBTOČNI TUNEL
13. VZVODNA POMOŽNA PREGRADA
14. NIZVODNA POMOŽNA PREGRADA
15. INJEKCIJSKA ZAVESA
16. POSTAJA ZA OPAZOVANJE PREG.



Slika 1

He Piva je akumulacijska elektrarna s podzemno strojnico v levem boku kanjona v neposredni bližini pregrade.

Na pregradnem mestu ima korito reke tipično kanjonsko obliko (»V« oblika) z izrazito strmimi boki ($60^\circ - 80^\circ$) zarezanimi v triadne apnenice. Vzvodno od pregradnega profila se korito znatno razširi. Hribina je v pregradnem profilu najmanj tektonsko in karstifikacijsko poškodovana. Večje tektonske poškodbe predstavljajo v glavnem vertikalni stisnjeni razlomi brez ali z glinastim zapolnjenjem, ki se raztezajo prečno z ozirom na smer toka reke Pive ($70^\circ - 75^\circ$). Te razlomi delijo masiv na velike bloke debeline 30 do 50 m. Ponekje so ti razlomi konvergentni in na posameznih mestih (posebej v levem boku) formirajo prostorske kline hribine, katerih stabilnost je bila posebej analizirana. Računi so pokazali, da so ti klini v smeri pravokotno na reko avtostabilni, v smeri toka reke pa so med seboj vpeti. Karstifikacijske poškodbe so v glavnem površinske in segajo do globine 15 m, le nad koto 620 m na desnem boku sega karstifikacija do 90 m. Prav tako je bila v času izkopa za podzemno razdelilno postajo 220 kV ugotovljena velika kaverna izpolnjena z močno stisnjeno peščeno glino s sloji peščenjakov in bloki apnenca, ki je zahtevala spremembo načina izvajanja del na tem objektu.

Objekti za preusmeritev reke Pive v času gradnje

V času gradnje je bila reka Piva preusmerjena v obtočni tunel v desnem boku kanjona, gradbena jama glavne pregrade je bila zaščitena z vzvodno in nizvodno pomožno pregrado. Vsi objekti so dimenzionirani tako, da ščitijo gradbeno jamo pred 5-letno visoko vodo, tj. $630 \text{ m}^3/\text{sek}$ (slika 1).

Obtočni tunel je podkvastega preseka $H = B = 8,50 \text{ m}$, dolžine 330 m delno obložen z betonsko ob-

logo, na odsekih kjer je kvaliteta hribine to dovoljevala pa samo torkretiran.

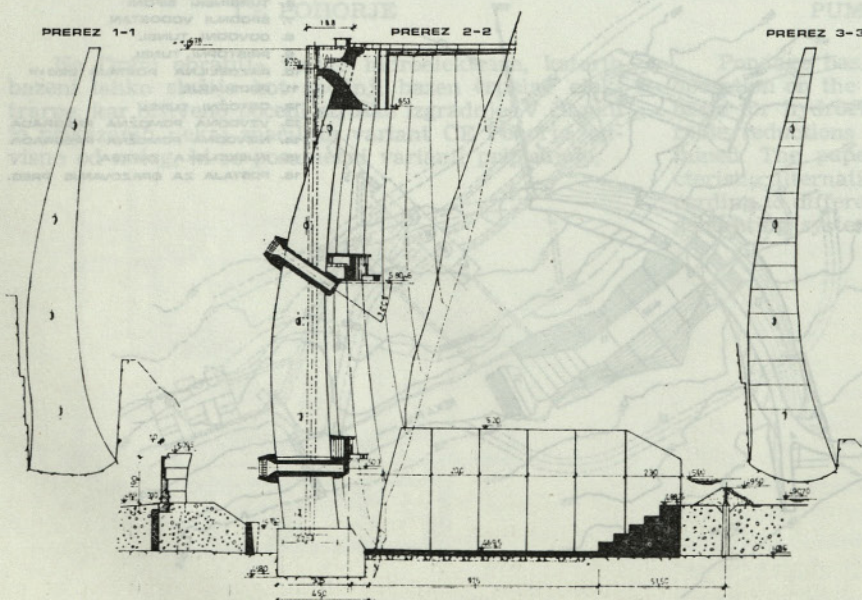
Vzvodna pomožna pregrada je betonska ločna višine 23,50 m, dolžine v kroni 64,0 m. Ker je fundirana delno na skali, delno na rečnem nanosu je razdeljena na vertikalne bloke širine 12,0 m z vertikalnimi dilatacijami, ki omogočajo neenakomernost posedanja posameznih blokov. Neposredno pred vzvodnim licem pregrade je bila projektirana armiranobetonska diafragma debeline 60 cm skozi rečni nanos do osnovne hribine. Maksimalna globina pri izkopu diafragme je znašala 24,50 m, zaradi velikih težav pri izkopu (zaradi neugodne granulometrijske sestave nanosa in samic), pa je povprečna debelina izvedene diafragme znašala 1,33 m.

Nizvodna pomožna pregrada je nasutega tipa z obojestranskima nagiboma 1 : 1,5 tesnjena z armiranobetonskim jedrom debeline 50 cm, ki se navezuje na armiranobetonsko diafragmo, izvedeno do osnovne hribine.

Glavna pregrada

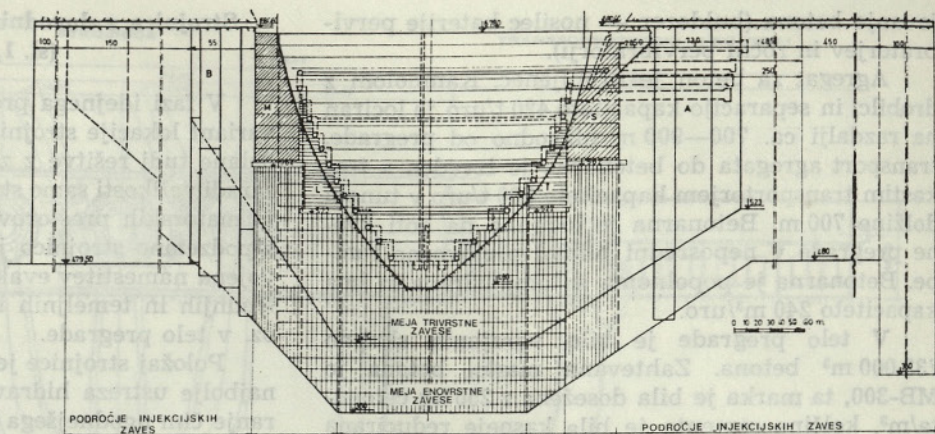
V fazi idejnega projekta je bilo ob izbiri mikrolokacije pregrade preučenih 5 profilov na odseku kanjona dolžine 150 m. Za izbrano lokacijo je zaradi njenih topografskih, geoloških in geotehničnih karakteristik najustreznejša ločna betonska pregrada z dvojno zakrivljenostjo in spremenljivimi debelinami tako v vertikalni (slika 2) kot v horizontalni smeri (slika 1).

Topografske, geološke, geotehnične in geofizikalne raziskave pregradnega mesta so pokazale, da je izbrani profil nesimetričen v pogledu vseh naštetih parametrov. Levi bok je bolj strm od desnega (sl. 3), deformacijski moduli pa npr. variirajo od 70.000 kg/cm^2 na vrhu levega boka do 150.000 kg/cm^2 v dnu da bi na desnem boku od dna do kote 600,00 cm padli na 100.000 kg/cm^2 , od te kote pa



Slika 2

Slika 3



do krone pregrade naglo padajo na nizko vrednost 25.000 kg/cm^2 .

Zaradi danih nesimetrij je tudi telo pregrade nesimetrično. Zaradi nizkih vrednosti deformacijskega modula v zgornjem desnem boku je predviden masivni opornik, ki je preko sistema horizontalnih armiranobetonskih pilotov naslonjen na hribino približno istih geotehničnih karakteristik kot jih ima skala na ustreznih višinah na levem boku (sl. 3).

Vzdolž vzvodnega roba temelja pregrade je projektirana injekcijska galerija, ki je v prečnem prerezu zaradi velike strmine bokov stopničasta (sl. 3). Iz te galerije se izvede konsolidacijsko injektiranje, kot tudi del injekcijske zavese v področju pregrade. Na vsakih 40 m višine pregrade od kote 482,00 navzgor so izvedene horizontalne kontrolne galerije, ki služijo za namestitve instrumentov za opazovanje pregrade. Med gradnjo pa te galerije služijo za napeljavo vodov vode za hlajenje betona, kot tudi za napeljavo vodov za injektiranje delovnih spojev pregrade. V dnu pregrade sta dva drenažna vodnjaka za zbiranje in evakuacijo pronicajoče vode.

Pregrada je v statičnem pogledu računana kot tanka lupina z dvojno zakrivljenostjo. Napetostna stanja so računana v 46 točkah mreže 9 konzol in 5 lokov. Pri osnovni obtežbi so dobljene naslednje vrednosti za glavne napetosti: $\sigma_{\text{maks}} = 104 \text{ kg/cm}^2$ in $\sigma_{\text{min}} = 17 \text{ kg/cm}^2$, za temperaturne vplive $\pm 6 \text{ kg/cm}^2$ in za seizmične vplive (IX. stopnja) $\pm 26 \text{ kg/cm}^2$. V temeljnih ploskvah se ne pojavljajo natezne napetosti, robne napetosti so pod 60 kg/cm^2 .

Pregrada je iz nearmiranega betona marke 300, armirana je le okolica evakuacijskih organov, galerij in jaškov.

Vsi evakuacijski organi so nameščeni v sami pregradi. Na kroni pregrade je preliv s tremi prelivnimi polji širine 13,00 m, ki jih zapirajo segmentne zapornice višine 5,00 m z avtomatično regulacijo. V telesu pregrade so trije srednji in dva temeljna izpusta. Vsi evakuacijski organi s podslapjem so bili preiskani na hidravličnih in hidrodynamic

mičnih modelih, ki jih je izdelal Vodogradbeni laboratorij iz Ljubljane. Podslapje je projektirano neposredno nizvodno od pregrade. Obloženo je z armiranobetonsko oblogo debeline 2,0 m, vezano s prednapetimi sidri na hribino, predvideno je tudi dreniranje hribine na kontaktu z oblogo.

Za opazovanje pregrade je predvidena vgraditev približno 1200 mehaničnih in električnih instrumentov (svinčnice, klinometri, deflektometri, geodetski reperji, zevometri, ekstenzometri, defometri, presometri, termometri). Predvideno je merjenje naslednjih vrednosti:

- temperatura vode v akumulaciji,
- temperatura zraka nizvodno od pregrade,
- temperatura betona pregrade,
- filtracijski pritiski pod pregrado in v bokih,
- pritiski v temeljnem spoju,
- raztezki v posameznih točkah konstrukcije,
- odpiranje spojin pregrade,
- premiki pregrade (v horizontalni in vertikalni smeri),
- deformacije hribine v temeljih,
- vplivi potresov.

Vsi električni instrumenti so povezani z opazovalno postajo na desnem boku.

Izkop za temelje pregrade je potekal od zgoraj navzdol v horizontalnih etažah višine 10 do 20 m. S pomočjo že montiranih radialnih kabelskih žerjavov je bil opravljen ves transport potrebne opreme in izkopnih strojev (vrtalne garniture, buldozerji). Pred pričetkom masovnega miniranja posamezne etaže je bilo izvršeno konturno miniranje, ki je omogočilo, da je odpadla potreba po kasnejšem dokopavanju, saj je bilo oblikovanje temeljnega spoja opravljeno že pri konturnem miniranju.

Skupna količina izkopa za temelje pregrade znaša 557.500 m^3 .

Pri vgrajevanju betona v telo pregrade so koriščeni radialni kabelski žerjavi, s katerimi so bila poleg transporta betona in opažev transportirana tudi dvigala za premeščanje opažev, buldozer za razstiranje betona in vibracijska sredstva za vgra-

jevanje betona (buldozer — nosilec baterije pervibratorjev in ročni pervibratorji).

Agregat za beton je drobljenec. Kamnolom z drobilci in separacijo kapacitete 420 t/uro je lociran na razdalji ca. 700—900 m nizvodno od pregrade, transport agregata do betonarne je izveden s trakastim transporterjem kapacitete 500 t/uro v tunelu dolžine 700 m. Betonarna je locirana na koti kro- ne pregrade v neposredni bližini pretovorne rampe. Betonarna je popolnoma avtomatizirana in ima kapaciteto 240 m³/uro.

V telo pregrade je bilo vgrajenih skupno 733.000 m³ betona. Zahtevana marka betona je MB-300, ta marka je bila dosežena z 250 kg cemen- ta/m³, kolčina cimenta je bila kasneje reducirana na 230 kg/m³ in končno na 210 kg/m³.

Injekcijska dela

Konsolidacijsko injektiranje se izvaja iz stopničaste injekcijske galerije do globine okrog 30 m pravokotno na temeljni spoj po celi površini temelja, to je do globine, kjer napetosti povzročene z obtežbo pregrade padejo pod 20 kg/cm² (sl. 1 in 3).

Injekcijska zavesa se v področju pregrade izvaja iz že omenjene stopničaste injekcijske galerije in delno iz posebnih tunnelov, obloženih z vodonepropustnim betonom ter sledi vzvodnemu robu temelja pregrade. V bokih je trasa injekcijske zaveses usmerjena v vzvodno smer in sega ca. 300 m v levi in ca. 850 m v desni bok. V bokih se injekcijska zavesa izvaja iz injekcijskih tunnelov na koti 680 m. Globna zavesa je na področju pregrade od 100 do 150 m, v bokih pa je zavesa globoka 200 m, le v zadnjih 100 m v desnem boku ima globino 300 m.

Strojnica z dovodnim in odvodnim sistemom (sl. 1, 4, 5, 6, 7)

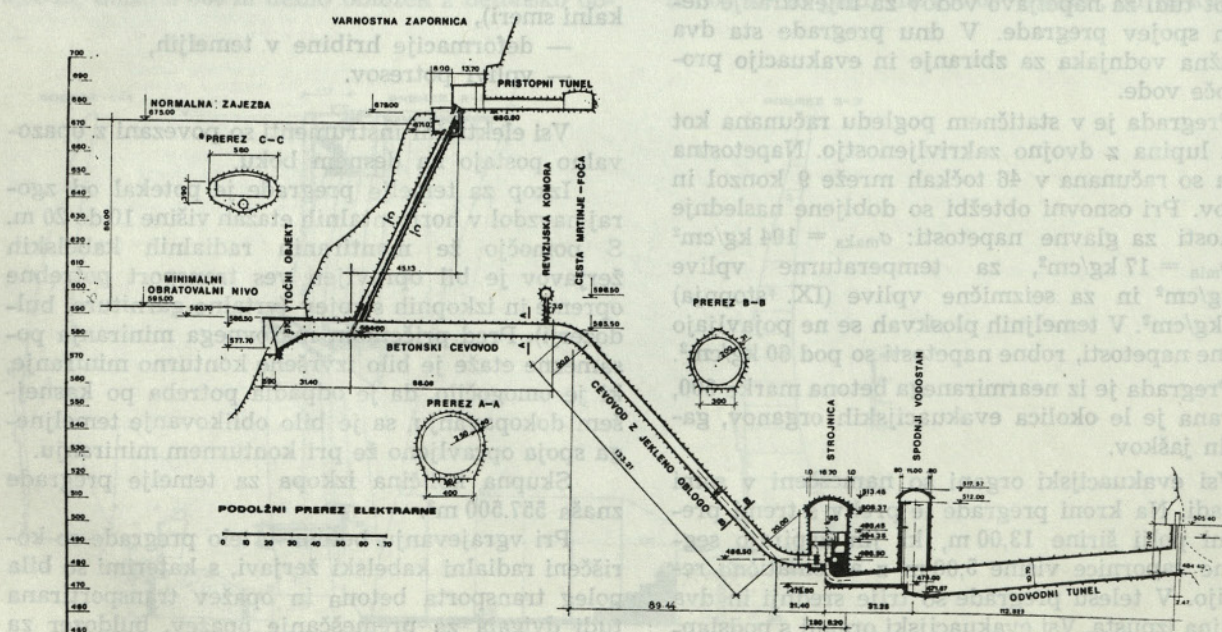
V fazi idejnega projekta je bilo obdelanih več variant lokacije strojnice. V začetni fazi so bile obdelane tudi rešitve z zunanjo strojnico, vendar so zaradi velikosti same strojnice, komandnih in transformatorskih prostorov te rešitve odpadle. Rešitev s podzemno strojnico je zahtevala tudi končno osvojen namestitev evakuacijskih organov (prelivov, srednjih in temeljnih izpustov) na krono pregrade oz. v telo pregrade.

Položaj strojnice je v prostoru določen tako, da najbolj ustreza hidravličnim zahtevam za formiranje čim ugodnejšega dovodnega in odvodnega sistema kot tudi rešitvi pristopnega tunela. (Sl. 1. in 4.) Oddaljenost strojnice od pregrade je taka, da je strojnica izven cone, potrebne za stabilnost pregrade in hkrati zdravi, tektonsko najmanj porušeni hribini.

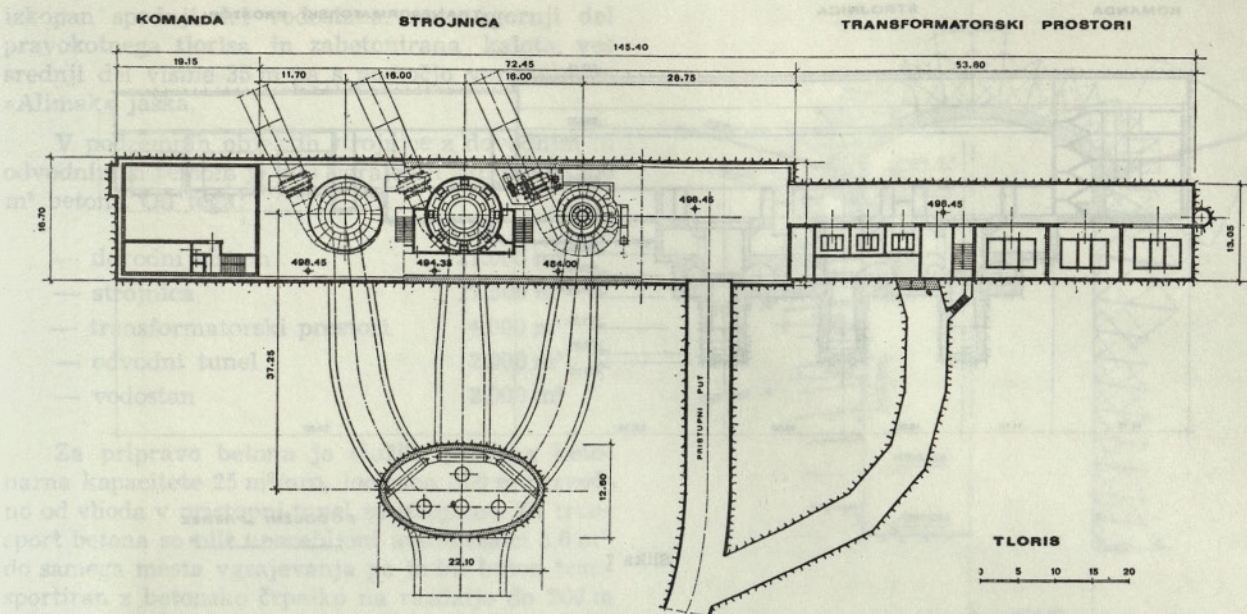
Tlorisne dimenzije strojnice so 16,70 × 72,50 m, komandnega trakta 16,70 × 19,20 m in transformatorskih prostorov 13,00 × 53,80 m (slika 5) največja višina strojnice pa 38,65 m (slika 6 in 7).

Ker je kota strojnice na 498,45 m, kar je pod koto zajeze bodoče HE Buk Bijela, kakor tudi zaradi možnosti večjega priliva precejšnjih voda zaradi akumulacije za pregrado, je velika pozornost posvečena drenažnemu sistemu v strojnici. Vsi drenažni kanali se stekajo v tri med seboj povezane drenažne vodnjake.

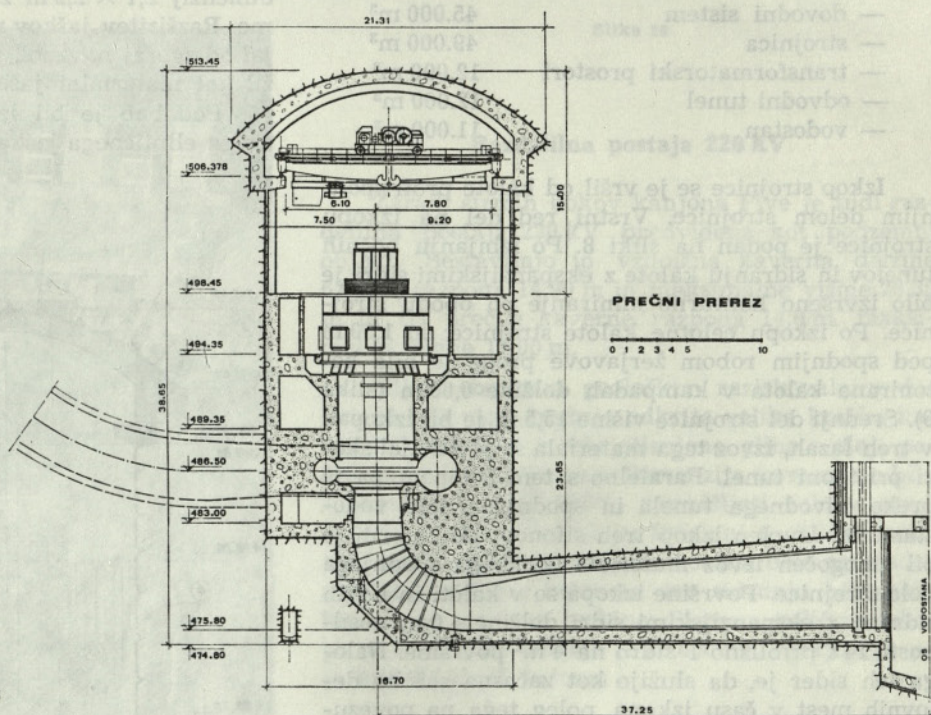
Vtočni objekt z zaščitno rešetko je na koti 586,50 m. Dovodni sistem je za vsako turbino poseben. Do injekcijske zaveses so tuneli z betonsko oblogo premera 5,00 m skoraj horizontalni, za zaveso pa so tuneli poševni v nagibu 48° z jekleno vbetonirano oblogo premera 4,00 m. Dovodni tuneli so



Slika 4



Slika 5



Slika 6

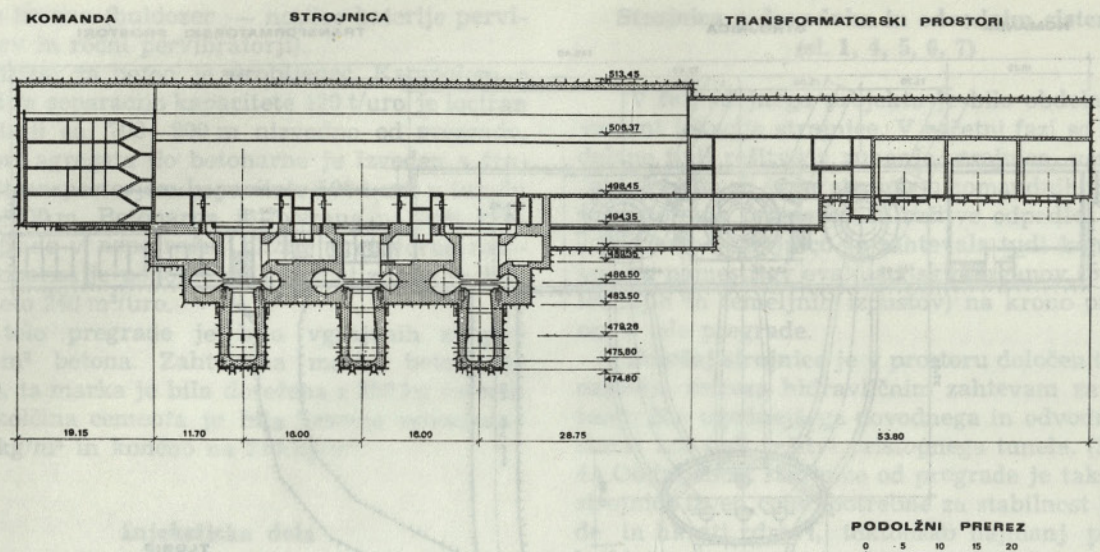
opremljeni z avtomatsko varnostno tablasto zapor-nico, ki jo je po poševnem šahu mogoče dvigniti do revizijskega prostora na koti 671 m.

Nad vertikalno krivino leži revizijska komora, iz katere je možen dostop v vsakega od treh dovod-nih tunelov.

Odvod izkoričenih voda je rešen s skupnim od-vodnim tunelom podkvastega preseka $B = H = 10,20$ m z betonsko oblogo. V višinskem pogledu je odvodni tunel tako situiran, da deluje pod pritis-

kom (razen zadnjega dela) tudi pri najnižjih nivo-jih vode v koritu Pive.

Proračuni maksimalnega možnega udarca v od-vodnem sistemu so pokazali, da je vodostan nujen. Vodostanu se združujejo vsi trije turbinski sifoni in je cilindričnega tipa z dušilko. Preiskan je bil na hidravličnem modelu. Vodostanski jašek ima eliptični presek dimenzij $20,5 \times 11,00$ m in je di-menzioniran tako, da dovoljuje poljubno ponovnih vklopov v primeru izpada elektrarne.



Slika 7

Skupna količina izkopa strojnice z dovodnim in odvodnim sistemom znaša 129.000 m³ od tega

— dovodni sistem	45.000 m ³
— strojnica	49.000 m ³
— transformatorski prostori	12.000 m ³
— odvodni tunel	12.000 m ³
— vodostan	11.000 m ³

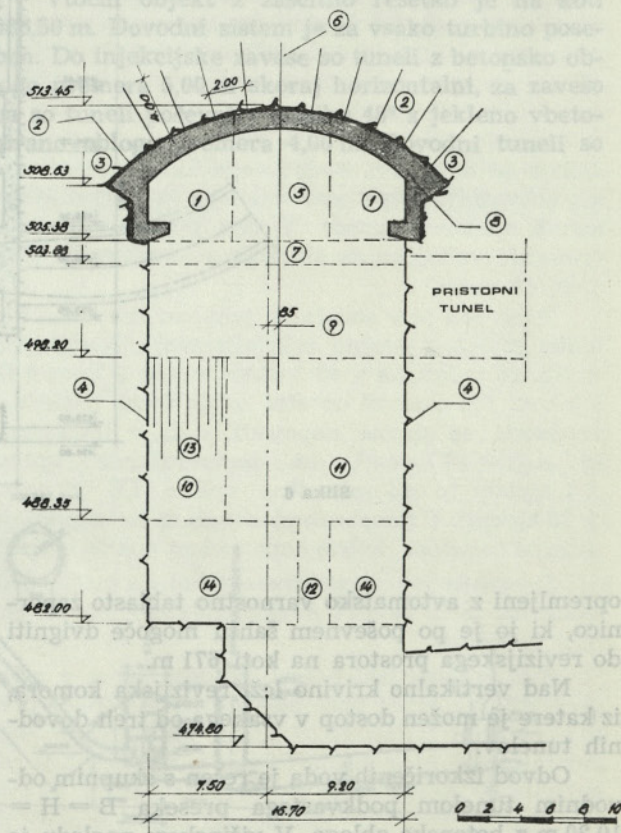
Izkop strojnice se je vršil od kalote proti spodnjem delom strojnice. Vrstni red del na izkopu strojnice je podan na sliki 8. Po izbujanju bočnih tunelov in sidranju kalote z ekspanzijskimi sidri je bilo izvršeno konturno miniranje po obodu strojnice. Po izkopu celotne kalote strojnice do 1,50 m pod spodnjim robom žerjavove proge je bila betonirana kalota v kampadah dolžine 6,60 m (slika 9). Srednji del strojnice višine 15,5 m je bil izkopen v treh fazah, izvoz tega materiala se je odvijal skozi pristopni tunel. Paralelno s tem izkopom pa je preko odvodnega tunela in spodnjega dela vodostana bil izvršen izkop treh sifonov, po katerih je bil omogočen izvoz materiala iz izkopa spodnjega dela strojnice. Površine izkopa so v kaloti in bokih sidrane z ekspanzijskimi sidri dolžine 4,0 m nosilnosti 14 t približno 1 sidro na 4 m² površine. Naloga teh sider je, da služijo kot začasna zaščita delovnih mest v času izkopa, poleg tega pa povezujejo hribino v obok, ki preprečuje izpadanje posameznih samcev in klinov hribine v času, dokler armiranobetonska kalota ni sposobna prevzeti obtežbe hribine (sl. 10). Pod žerjavovo progo so vgrajena perfo sidra nosilnosti 25 t, skupne dolžine 6 m, od tega dolžina sidrne glave 2 m. Razporejena so na razdalji po 3 m v horizontalni in vertikalni smeri.

V ležišču kalote so uporabljena prednapeta sidra tipa BBRV nosilnosti 67 t skupne dolžine 15 m na medsebojni razdalji 3 m.

Vsi poševni jaški tj. dovodni tuneli v nagibu 48° in poševni jaški tablastih zapornic na vtočnem

objektu v nagibu 65° so bili izkopani tako, da je v prvi fazi bil izbit od spodaj navzgor smerni rov dimenzij 2,1 × 2,2 m z uporabo »Alimak« platforme. Razširitev jaškov na polni profil pa se je izvajal od zgoraj navzdol, pri čemer je smerni rov služil kot materialni jašek.

Podobno je bil izvršen tudi izkop vodostanskega eliptičnega jaška, s tem, da je bil v prvi fazi



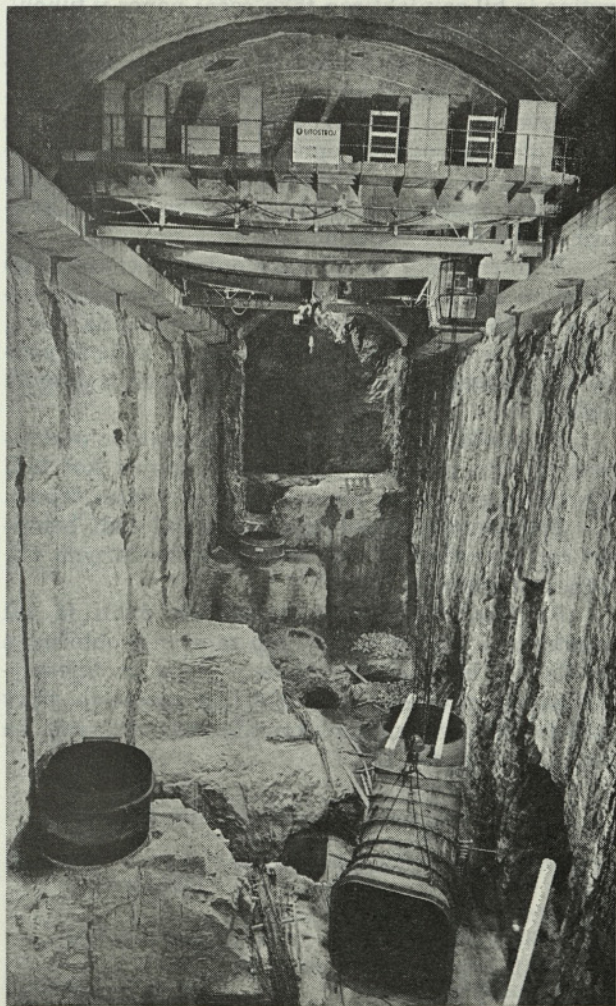
Slika 8

izkopen spodnji del vodostana, nato zgornji del pravokotnega tlorisa in zabetonirana kalota, ves srednji del višine 35 m pa s pomočjo vertikalnega »Alimak« jaška.

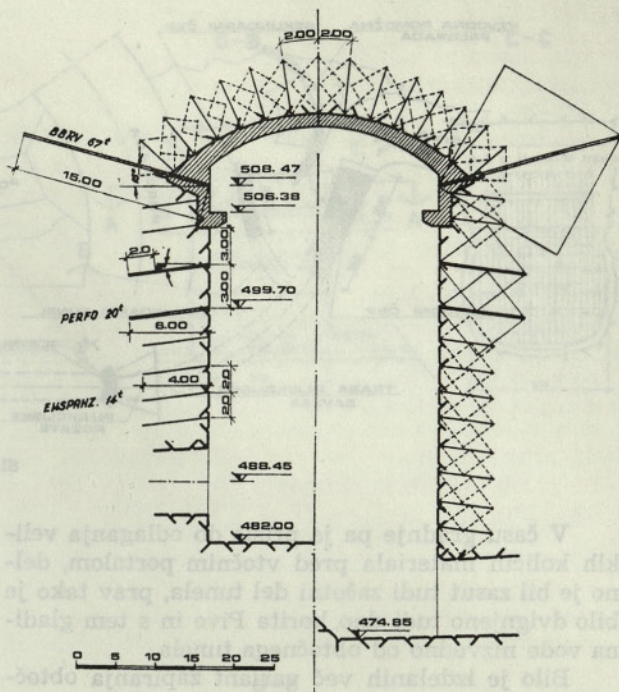
V podzemnih objektih strojnice z dovodnim in odvodnim sistemom je bilo vgrajenih skupno 46.500 m³ betona. Od tega:

— dovodni sistem	21.000 m ³
— strojnica	17.500 m ³
— transformatorski prostori	4.000 m ³
— odvodni tunel	2.000 m ³
— vodostan	2.000 m ³

Za pripravo betona je služila posebna betonarna kapacitete 25 m³/uro, locirana 300 m nizvodno od vhoda v pristopni tunel za strojnico. Za transport betona so bili uporabljeni avtomešalci 3,0 m³, do samega mesta vgrajevanja pa je bil beton transportiran z betonsko črpalko na razdaljo do 200 m in višino dviganja do 100 m. Kapaciteta uporabljene črpalke je znašala 50 m³/uro.



Slika 9



Slika 10

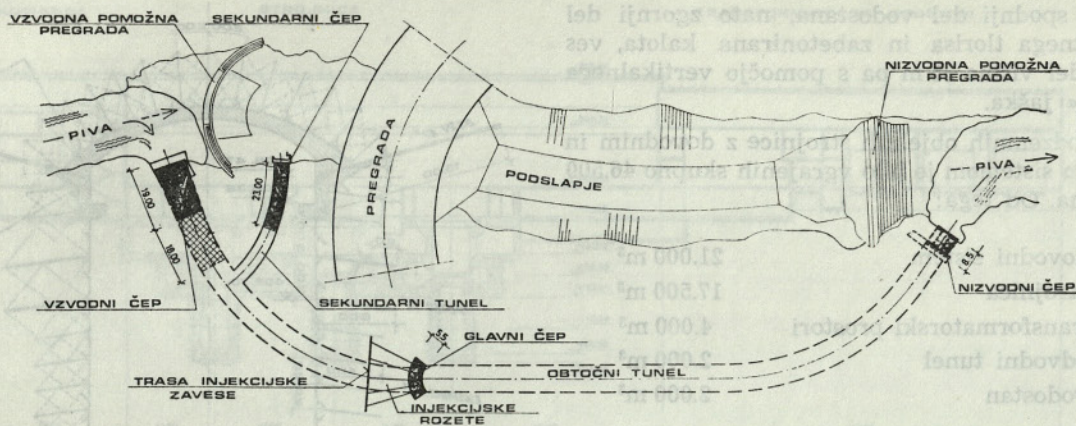
Razdelilna postaja 220 kV

Zaradi strmih bokov kanjona Pive je tudi razdelilna postaja 220 kV predvidena kot podzemni objekt. Sestavljajo jo vzdolžna kaverna dolžine 62,0 m, razpona 14,90 m in maksimalne višine 20,35 m in tri prečne kaverne razpona 14,0 m, maksimalne višine 11,00 m.

Kljub obsežnim geološkim raziskovalnim delom je bila med gradnjo odkrita velika kraška kaverna izpolnjena z zelo stisnjeno glino s sloji peščenca in bloki apnenca. Dimenzija kaverne je bila tolikšna, da se je začelo razmišljati celo o drugi lokaciji razdelilne postaje. Izdelani so bili sanacijski načrti, potrebna so bila obsežna dela pri nadomeščanju gline z betonom ter sidranju betonskih blokov na osnovno hribino. Skupna količina izkopa za razdelilno postajo je 38.000 m³, vgrajenega pa je bilo 6.500 m³ betona.

Zapiranje obtočnega tunela

Po projektu obtočnega tunela je bilo predvideno, da se po končani gradnji pregrade reka Piva preusmeri skozi temeljne izpuste v pregradi, obtočni tunel pa se na vtočnem portalu zapre z jeklenimi tablastimi zapornicami. Na nizvodnem portalu pa je bil predviden nizek zaščitni nasip. Iz tako zaprtega obtočnega tunela bi se izčrpala voda in v profilu injekcijske zavese bi se zgradil betonski čep za definitivno zapiranje obtočnega tunela.



Slika 11

V času gradnje pa je prišlo do odlaganja velikih količin materiala pred vtočnim portalom, delno je bil zasut tudi začetni del tunela, prav tako je bilo dvignjeno tudi dno korita Pive in s tem gladina vode nizvodno od obtočnega tunela.

Bilo je izdelanih več variant zapiranja obtočnega tunela v novo nastalih pogojih, končno je bila osvojena varianta, da se po predhodni preusme-

ritvi Pive skozi izminirano odprtino v vzvodni pomožni pregradi in sekundarni obtočni tunel (sl. 11 in 12) zapre vtočni portal tunela s čepom iz »prepakt betona«. Pod zaščito delno adaptiranih tablastih zapornic, ki so bile z vzvodne strani zasute po filternem pravilu je bil skozi vrtine premera 146 mm in 196 mm nasut agregat. Skozi injekcijske vrtine je bil zainjektiran tako rečni nanos v tunelu, ko nasuti agregat. Pod zaščito tako injektiranega nasipa je bil ostali prazen prostor do zapornic zabetoniran s kontraktor postopkom. Končno je bil ves vzvodni čep ponovno zainjektiran, tako, da se je zagotovila vodonepropustnost. Po zaključku injektiranja so bile na vtočnem portalu sekundarnega tunela spuščene tablaste zapornice in Piva presmerjena skozi temeljne izpuste v pregradi.

V mirni vodi je bil zabetoniran betonski čep debeline 8,50 m na iztočnem portalu obtočnega tunela (sl. 13). Izkopana sta bila dva vertikalna utora, v katera je bila podvodno nameščena jeklena podpora konstrukcija za dvostranski opaz iz lesenih oblic.

Po končanem betoniranju s kontraktor postopkom je bilo izvršeno injektiranje spojev kot tudi injektiranje rečnega nanosa pod betonskim čepom.

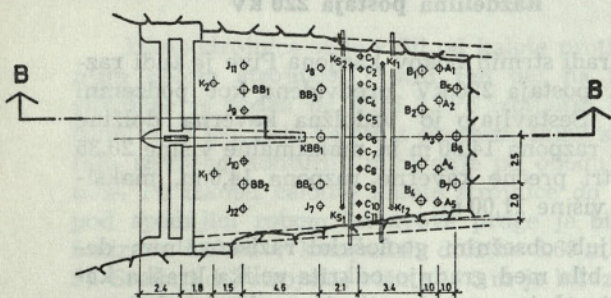
Zabetoniran in zainjektiran je bil tudi betonski čep nizvodno od zapornic na sekundarnem obtočnem tunelu (sl. 14).

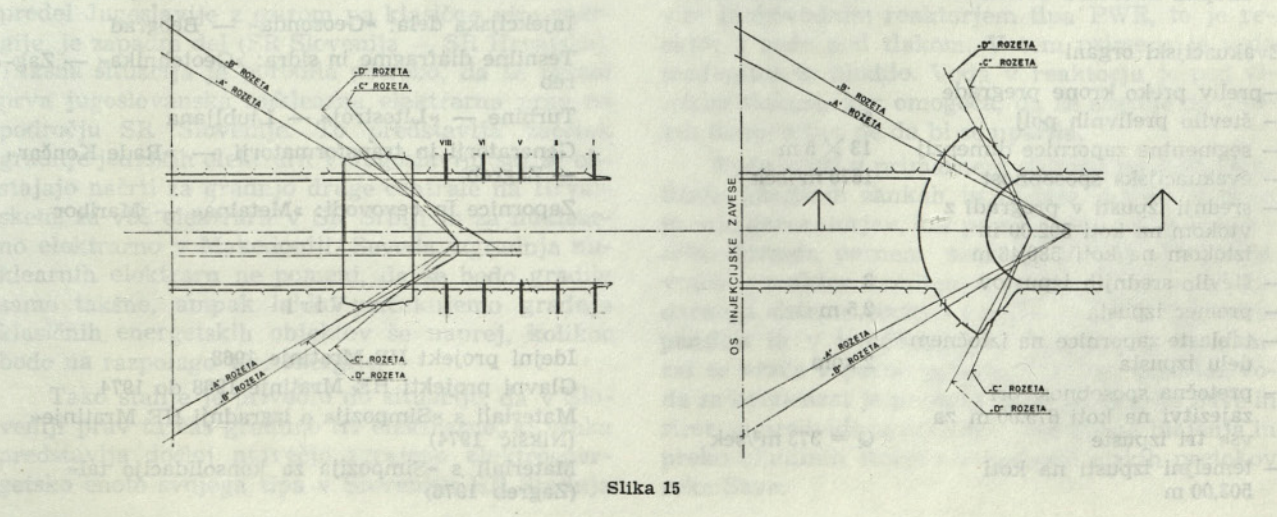
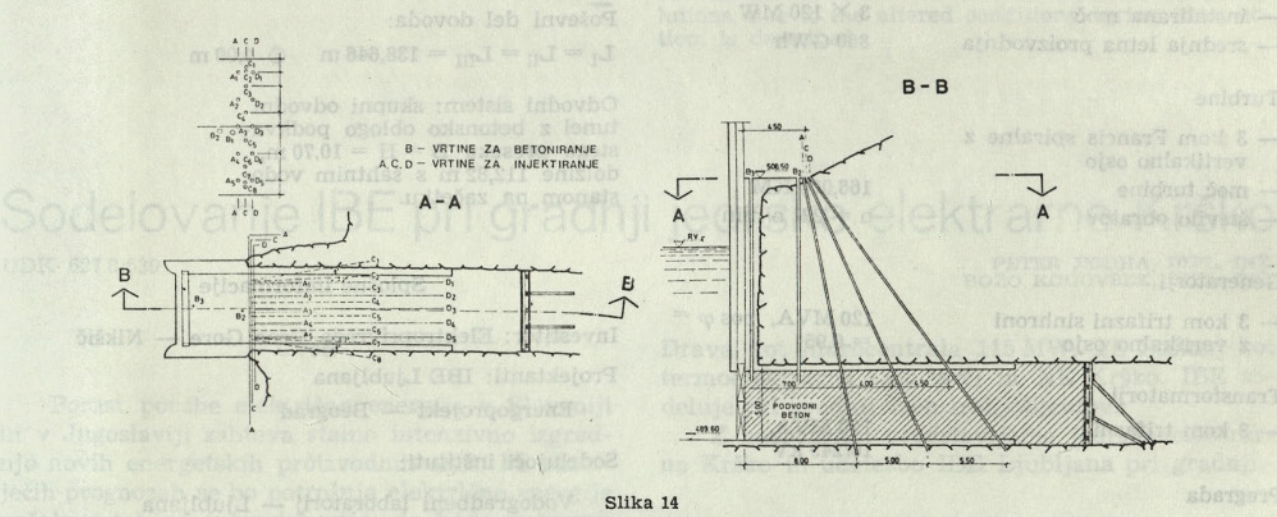
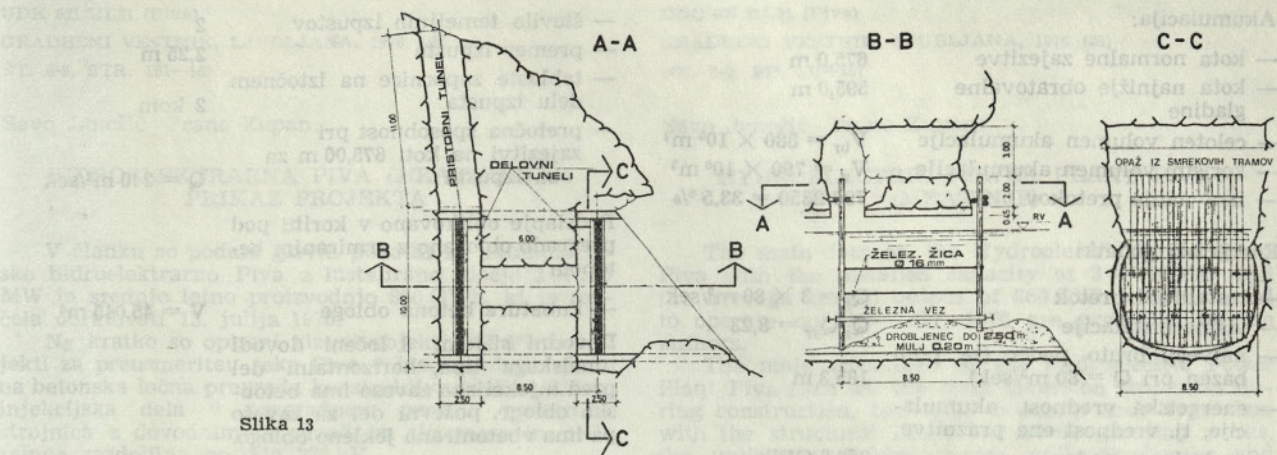
Po končanih zgornjih navedenih delih je bil zabetoniran čep za definitivno zapiranje obtočnega tunela ter izvršeno povezovanje čepa in injekcijske zaveske z dvema injekcijskima rozetama, prav tako je bilo izvršeno tudi kontaktno injektiranje na področju čepa (sl. 15).

Glavni tehnični podatki HE Piva

- | | |
|---|---|
| — površina padavinskega področja | 1757,7 km ² |
| — srednje letne padavine v padavinskem področju | 1750 mm/leto |
| — srednji letni pretok v pregradnem profilu | $Q_{sr} = 74,4 \text{ m}^3/\text{sek}$ |
| — 1000-letna visoka v voda v pregradnem profilu | $Q_{1,1\%} = 1900 \text{ m}^3/\text{s}$ |

A-A





Akumulacija:

— kota normalne zaježitve	675,0 m	— število temeljnih izpustov	2
— kota najnižje obratovalne gladine	595,0 m	— premer izpusta	2,25 m
— celoten volumen akumulacije	$V_{br} = 880 \times 10^6 \text{ m}^3$	— tablaste zapornice na iztočnem delu izpusta	2 kom
— koristen volumen akumulacije	$V_n = 790 \times 10^6 \text{ m}^3$	— pretočna sposobnost pri zaježitvi na koti 675,00 m za oba izpusta	$Q = 240 \text{ m}^3/\text{sek}$
— izravnjanje pretokov	$790/2350 = 33,5\%$		

Energetski podatki:

— instalirani pretok	$Q_i = 3 \times 80 \text{ m}^3/\text{sek}$
— višina instalacije	$Q_i/Q_{sr} = 3,23$
— največji bruto padec (za poln bazen pri $Q = 80 \text{ m}^3/\text{sek}$)	185,8 m
— energetska vrednost akumulacije, tj. vrednost ene praznitve:	
— na lastnem padcu	259,8 GWh
— na padcu obstoječih nizvodnih elektrarn	185,0 GWh
— na padcu predvidenih nizvodnih elektrarn	472,0 GWh
— to je skupno	961,8 GWh
— instalirana moč	$3 \times 120 \text{ MW}$
— srednja letna proizvodnja	860 GWh

Turbine

— 3 kom Francis spiralne z vertikalno osjo	
— moč turbine	166,000 KM
— število obratov	$n = 231 \text{ o/min}$

Generatorji

— 3 kom trifazni sinhroni z vertikalno osjo	120 MVA, $\cos \varphi = 0,95$
---	--------------------------------

Transformatorji

— 3 kom trifazni	120 MVA, 16/245 kV
------------------	--------------------

Pregrada

— tip: ločna	
— konstruktivna višina	$H_R = 220 \text{ m}$
— hidravlična višina	$H_H = 190 \text{ m}$
— dolžina loka v kroni	$L_O = 268,56 \text{ m}$
— dolžina loka v nivoju korita	$L_n = 40,0 \text{ m}$
— skupna kubatura betona	$V = 732.940 \text{ m}^3$

Evakuacijski organi

— preliv preko krone pregrade	
— število prelivnih polj	3
— segmentne zapornice dimenzij	$13 \times 5 \text{ m}$
— evakuacijska sposobnost	$1670 \text{ m}^3/\text{sek}$
— srednji izpusti v pregradi z vtokom na koti 592,00 in iztokom na koti 580,46 m	
— število srednjih izpustov	3
— premer izpusta	2,5 m
— tablaste zapornice na iztočnem delu izpusta	2 kom
— pretočna sposobnost pri zaježitvi na koti 675,00 m za vse tri izpuste	$Q = 373 \text{ m}^3/\text{sek}$
— temeljni izpusti na koti 503,00 m	

Podslapje oblikovano v koritu pod pregrado obloženo z armiranim betonom

— kubatura betona obloge	$V = 45.045 \text{ m}^3$
--------------------------	--------------------------

Dovodni sistem: 3 ločeni dovodi tunelskega tipa, horizontalni del pred injekcijsko zaveso ima betonsko oblogo, poševni del za zaveso pa ima vbetonirano jekleno oblogo.

— horizontalni del dovoda	
— dovod I	$L = 86,58 \text{ m}$ $\phi 5,00 \text{ m}$
— dovod II	$L = 104,63 \text{ m}$ $\phi 5,00 \text{ m}$
— dovod III	$L = 122,60 \text{ m}$ $\phi 5,00 \text{ m}$

Poševni del dovoda:

$L_I = L_{II} = L_{III} = 138,646 \text{ m}$	$\phi 4,00 \text{ m}$
--	-----------------------

Odvodni sistem: skupni odvodni tunel z betonsko oblogo podkva-stega preseka $B = H = 10,70 \text{ m}$, dolžine 112,82 m s šahtnim vodo-stanom na začetku.

Splošne informacije

Investitor: Elektroprivreda Crne Gore — Nikšić

Projektanti: IBE Ljubljana

Energoprojekt — Beograd

Sodelujoči inštituti:

Vodogradbeni laboratorij — Ljubljana
Institut »Jaroslav Černi« — Beograd
Zavod za ispitivanje materiala Beograd

Glavni izvajalci del:

Gradbena dela: »Hidrotehnika« — Beograd
Injekcijska dela: »Geosonda« — Beograd
Tesnilne diafragme in sidra: »Geotehnika« — Zagreb
Turbine — »Litostroj« — Ljubljana
Generatorji in transformatorji — »Rade Končar« — Zagreb
Zapornice in cevovodi: »Metalna« — Maribor

Viri

Idejni projekt HE Mratinje 1968
Glavni projekti HE Mratinje 1968 do 1974
Materiali s »Simpozija o izgradnji HE Mratinje« (Nikšić 1974)
Materiali s »Simpozija za konsolidacijo tal« (Zagreb 1976)

UDK 621.311.21 (Piva)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 151-161

Savo Janežič - Franc Zupan:

HIDROELEKTRARNA PIVA (MRATINJE) — PRIKAZ PROJEKTA

V članku so podani glavni podatki za akumulacijsko hidroelektrarno Piva z instalirano močjo 3×120 MW in srednjo letno proizvodnjo 860 GWh, ki je pričela obratovati 13. julija 1976.

Na kratko so opisani glavni objekti HE Piva: objekti za preusmeritev reke Pive v času gradnje, glavna betonska ločna pregrada konstruktivne višine 220 m, injekcijska dela v pregradnem profilu, podzemna strojnica z dovodnim in odvodnim sistemom in podzemna razdelilna postaja 220 kV.

Podane so količine glavnih gradbenih del ter opisan način gradnje teh objektov.

Opisano je tudi zapiranje obtočnega tunela, ki je zaradi spremenjenih pogojev med gradnjo zahtevajo modificiranje prvotno predvidene projektne rešitve.

UDK 621.311.21 (Piva)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 151-161

Savo Janežič - Franc Zupan:

HYDROELECTRIC POWER PLANT PIVA (MRATINJE)

The main data on the Hydroelectric Power Plant Piva with the installed capacity of 3×120 MW and the average annual output of 860 GWh which started to operate on 13th July, 1976 are presented by the authors.

The main structures of the Hydroelectric Power Plant Piva such as: the river diversion structures during construction, the main concrete arch type dam with the structural height of 220 m, grouting works, the underground powerhouse with headwater and tailrace tunnels and the 220 kV underground switchyard are briefly described.

The main civil works and the method of construction are given.

The closing of diversion tunnel which had required modifications of the initially foreseen design solutions, due to the altered conditions during construction, is described.

Sodelovanje IBE pri gradnji jedrske elektrarne Krško

UDK 627.8:539

PETER JERIHA, DIPL. INŽ.
BOŽO KOGOVŠEK, DIPL. INŽ.

Uvod

Porast porabe električne energije v Sloveniji in v Jugoslaviji zahteva stalno intenzivno izgradnjo novih energetskih proizvodnih enot. Po obstoječih prognozah se bo potrošnja električne energije večala s takšno intenzivnostjo, da bodo v bližnji prihodnosti obstoječe elektrarne v Jugoslaviji predstavljale le še rezervo. Za primarne vire energije, za katere se je še pred kratkim smatralo, da so neizčrpni, se je izkazalo, da so za posamezne dele naše države že precej izkoriščeni. Prevsim siromašen predel Jugoslavije z ozirom na klasične vire energije, je zapadni del (SR Slovenija — SR Hrvatska). Takšna situacija je porodila potrebo, da se zgradi prva jugoslovanska nuklearna elektrarna prav na področju SR Slovenije. To predstavlja začetek gradnje jedrskih elektrarn v Jugoslaviji, saj že obstajajo načrti za gradnjo druge centrale na Hrvaškem, za več elektrarn v SR Srbiji in za nuklearno elektrarno v Makedoniji. Seveda izgradnja nuklearnih elektrarn ne pomeni, da se bodo gradile samo takšne, ampak lahko pričakujemo gradnjo klasičnih energetskih objektov še naprej, kolikor bodo na razpolago viri energije.

Tako stanje je privedlo do situacije, da v Sloveniji prav ta čas gradimo tri elektrarne, ki vsaka predstavlja doslej največjo zgrajeno elektroenergetsko enoto svojega tipa v Sloveniji: HE Srednja

Drava kot hidrocentrala 115 MW, TE Šoštanj kot termoelektrarna (335 MW) in NE Krško. IBE sodeluje pri gradnji vseh treh objektov.

Z naslednjim predstavljamo jedrsko elektrarno Krško in udeležbo IBE Ljubljana pri gradnji.

NE Krško

Elektrarna Krško moči 617 MW (ob obratovanju hladilnih stolpov) na slabo obogatenem uranu 235, predstavlja jedrsko elektrarno z Westinghousovim lahkovodnim reaktorjem tipa PWR, to je reaktor z vodo pod tlakom. V tem primeru je voda moderator in hladilo. Voda v reaktorju je pod visokim tlakom, kar omogoča, da se segreje do visokih temperatur, ne da bi se uparila.

Voda kroži v primarnem sistemu po dveh identičnih hladilnih zankah in oddaja toploto v dveh parnih generatorjev, kar povzroča uparjanje vode v sekundarnem parnem sistemu. Hladilna voda se vrača v reaktor, medtem ko nasičeno paro sekundarnega sistema vodimo v parno turbino, kjer ekspandira in v kondenzatorju kondenzira. Kondenzat se vrača v parne generatorje. Kot hladilna voda za kondenzat je predvidena voda iz reke Save in sicer se predvideva možnost pretočnega hlajenja in preko hladilnih stolpov v primeru nizkih pretokov reke Save.

Ločimo dva kroga: primarni, radioaktivni in sekundarni, ki praviloma ni radioaktiven.

Da se prepreči možnost širjenja radioaktivnih efluentov v objektu samem in na okolico pri normalnem obratovanju in v primeru nezgod, so predvideni varnostni ukrepi, ki imajo odločilen vpliv na izbor opreme, lokacijo in gradbeno projektiranje.

Lokacija jedrske elektrarne Krško je na levem bregu reke Save ca. 3 km jugovzhodno od mostu v Krškem. Elektrarna zavzema področje rombične oblike izmere približno 19 ha. Na severu, zahodu in vzhodu meji elektrarna na sadovnjak Agrokombinata Krško, ki zavzema kompletno področje kontrolirane cone z radijem 500 m. Južna stran lokacije se končuje na levem bregu Save, v dolžini 500 m.

Elektrarna bo prometno povezana s Krškim z dovozno cesto dolžine 3600 m in železniškim industrijskim tirom dolžine 1500 m prek daljnovodov 380 kV Ljubljana, 2×380 kV Zagreb, 380 kV Maribor in 2×110 kV Brestanico pa z daljnovodnim omrežjem Slovenije in Jugoslavije.

Elektrarna bo oskrbovana z dodatnim virom tehnološke vode iz vodnjakov na levem bregu Save, ki ležijo v bližini zahodne meje elektrarne, in vodnjaka na desnem bregu, ki bo predvidoma lociran okrog 900 m jugozahodno od središča reaktorске zgradbe. Kot vir hladilne vode služi reka Sava.

Centralni vhod za železnico, cesto in druge najpomembnejše komunikacije je s severne strani. Urejena kota dvorišča NE Krško je na nadmorski višini 155,20 m.

Kompleks glavnih pogonskih objektov je situiran v sredini ograjenega področja elektrarne tako, da je center reaktorске zgradbe oddaljen 160 m od urejene brežine Save, glavna os objekta pa poteka v smeri jugozahod-severovzhod. Glavni pogonski objekti, ki tvorijo konstruktivno in tehnološko celoto, okrožajo reaktorско zgradbo od juga v smeri urnega kazalca po naslednjem redu: pomožna zgradba na jugu, zgradba sistemov za hlajenje komponent na jugozahodu, vmesna zgradba na zahodu in severu, komandna zgradba na severovzhodu in na vzhodu zgradba za ravnanje z gorivom. Vzhodno od komandne zgradbe je kompleksu priključena zgradba s pomožnima diesel agregatoma. Navedeni objekti skupaj z nekaterimi manjšimi zunajnimi objekti in črpalnico bistvene oskrbe vode so v skladu z ameriškim zakonom 10 CFR 50 Appendix A klasificirani kot zgradbe seizmične kategorije I in se projektirajo skupaj z večjim delom opreme, ki je v njih, po specialnih kriterijih, ki zagotavljajo največjo možno varnost naprav, tudi ob primeru izjemno močnega potresa s pospeškom 0,3 g. Turbinska zgradba je severno od komandne in vmesne zgradbe, severno od nje pa glavni in pomožni transformatorji ter prostozračno stikališče 380 in 110 kV. Okrog glavnih pogonskih objektov so različni pomožni objekti kot pomožna kotlarna,

skladišče reaktorске dodajne vode in vode za menjavo goriva, rezervoarji za kondenzat in demineralizirano vodo, skladišče kurilnega olja, skladišče desel goriva, skladišča plinov, 5-letno skladišče radioaktivnih odpadkov, nevtralizacijski bazen, meteorološki stolp itd. Na meji elektrarne so na petih mestih nameščene kontrolne postaje za merjenje radioaktivnosti.

Objekti, ki služijo oskrbi in napajanju elektrarne s cirkulacijsko in bistveno oskrbno vodo so locirani ob Savi in so naslednji: jez preko Save, ki omogoča dvig gladine Save in zajem hladilne vode ob nizkih pretokih, vtok in črpalnica bistvene oskrbe vode 110 m vzvodno ob jezu, vtok in črpalnica cirkulacijske hladilne vode ob jezu, ustrezna iztočna objekta vzvodno oziroma nizvodno od jezu in 2 bateriji ventilatorskih hladilnih stolpov v jugovzhodnem področju lokacije. Sistem dovodnih in odvodnih kanalov povezuje vtočne objekte z glavnimi pogonskimi objekti oziroma hladilnimi stolpi.

Upravno-administrativno in tehnično osebje je nameščeno v centralnem upravnem poslopju, v kateremga sklopu so še garaže in servisne delavnice. Zgradba je vzhodno od strojnice, s katero je povezana preko nadzemnega karidorja.

Sistemi objektov so povezani z glavno krožno cesto širine 7 m in posameznimi priključki.

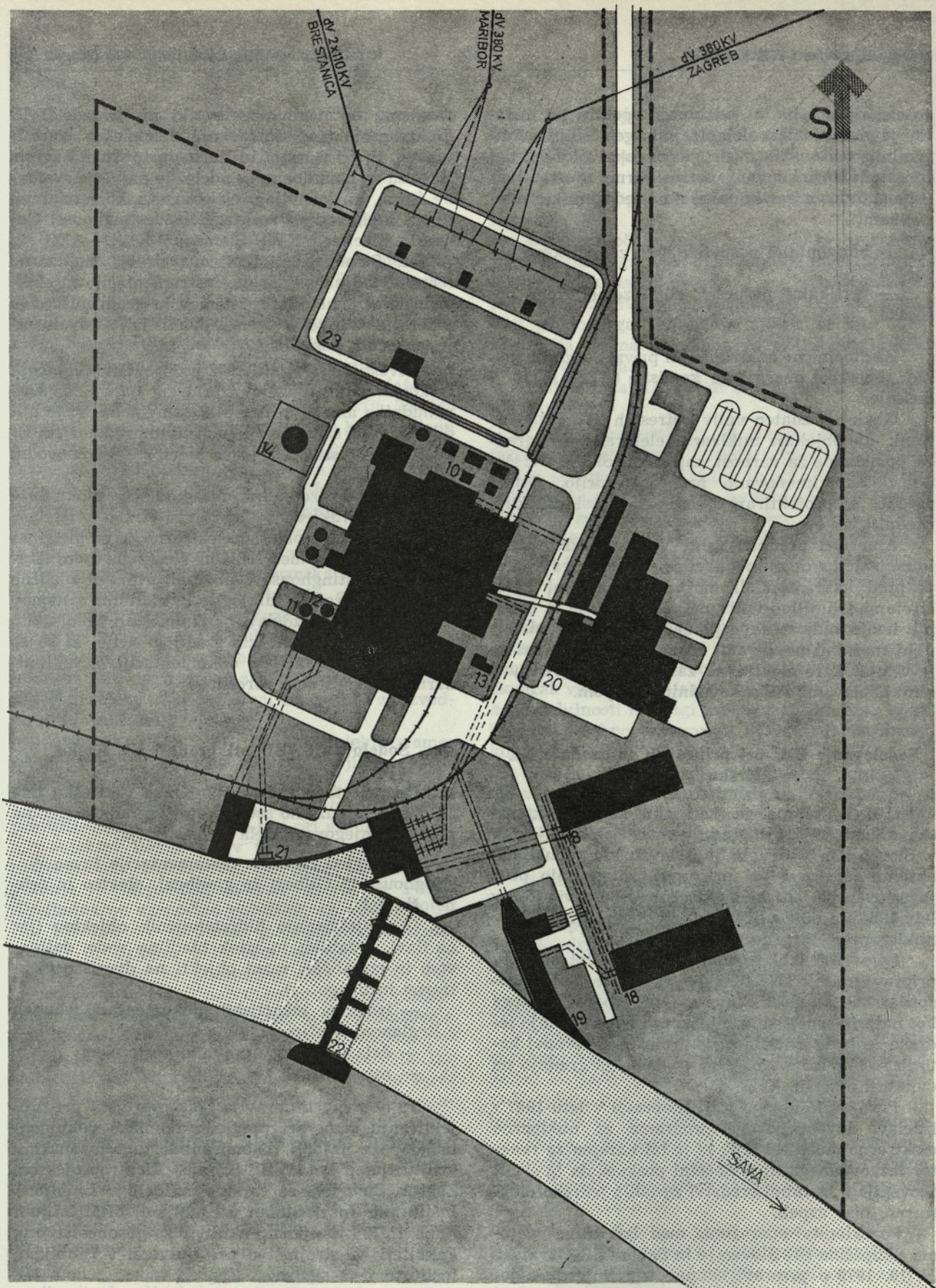
Gradnja

Po sporazumu med izvršnim svetom SR Slovenije in SR Hrvatske sta podjetji Savske elektrarne iz Ljubljane in Elektroprivreda iz Zagreba ustanovili podjetje Nuklearna elektrarna Krško — v ustanavljanju, ki vodi izgradnjo NE Krško. Glavni dobavitelj opreme je ameriška firma Westinghouse, v okviru katere sodelujejo pri izgradnji še Gilbert kot glavni projektant, Gradis in Hidroelektra kot izvajalca gradbenih del ter Hidromontaža in Đuro Đaković kot izvajalca montažnih del.

Sama pogodba med Westinghousom in NEK temelji na sistemu »ključ v roke«, vendar ne za vse objekte elektrarne in za vse dejavnosti, tako da ostajajo investitorju še vedno določene obveze za izgradnjo. Tako na primer so v obsegu investitorjeve dobave del hidrotehničnih objektov, upravni in pomožni objekti, komunalna in zunanja ureditev in zunanji infrastrukturni objekti.

Investitorjeva obveza je bila tudi organizacija raziskovalnih del ter priprava študij in projektov, ki so omogočili pridobitev ustreznih podatkov o lokaciji. Ker naši predpisi ne obravnavajo gradnje nuklearnih elektrarn, je moral investitor izvršiti raziskave po programih, ki jih je predpisal Westinghouse na osnovi ameriških predpisov 10 CFR 50 in 10 CFR 100.

Med najodgovornejše naloge pri definiranju podatkov o lokaciji spada določitev seizmičnosti lokacije, kar pomeni definiranje maksimalnega po-



Sl. 1. NE Krško: situacija

1. Reaktorska zgradba
2. Pomožna zgradba
3. Zgradba za ravnanje z gorivom
4. Komandna zgradba
5. Zgradba sistemov za hlajenje komponent
6. Zgradba za zasilna diesel agregata

7. Vmesna zgradba
8. Prostor za grelnike (v turbinski zgradbi)
9. Turbinska zgradba
10. Transformatorji
11. Rezervoar za vodo za menjavo goriva
12. Rezervoar za reaktorsko dodatno vodo
13. Rezervoar za diesel generatorja
14. Skladišče goriva za pomožno kotlarno

15. Pomožna kotlarna
16. Črpalnica bistvene oskrbne vode
17. Črpalnica za hladilno vodo
18. Hladilni stolpi in kanali
19. Iztočni objekt hladilne vode
20. Upravni objekt in delavnice
21. Iztočni objekt bistvene hladilne vode
22. Jez preko Save
23. Stikališče 380 kV in 110 kV

tresnega pospeška tal, odzivnega spektra tal in faktorja dušenja. Po dolgotrajnih geoloških, geofizikalnih, tektonskih in drugih raziskavah je bil definiran tako imenovan »potres varne zaustavitve« (safe shutdown earthquake) z naslednjimi karakteristikami:

- horizontalni pospešek 30 % zemeljskega pospeška
- vertikalni pospešek 20 % zemeljskega pospeška

Za dinamične analize je bil privzet odzivni spekter ameriške energetske komisije (AEC) in 10 % dušenje.

Glede na znaten vpliv potresnih sil na dimenzioniranje objektov nuklearne elektrarne so zgradbe pomembne za varnost naprav in okolja uvrščene v tako imenovano prvo kategorijo. Ostale zgradbe se projektirajo skladno z jugoslovanskimi predpisi.

Ameriški predpisi zahtevajo dobesedno absolutno zaščito objektov prvega varnostnega razreda pred kakršnimkoli možnimi naravnimi katastrofami. Odločilen vpliv na projektiranje in gradnjo imajo tudi zahteve po zaščiti pred maksimalnimi možnimi poplavami lokacije. Z ozirom na to je celotni kare elektrarne zaščiten pred eventualnimi poplavami z visokovodnim nasipom.

Sodelovanje IBE pri pripravah za gradnjo NE Krško

IBE Ljubljana je kot izkušena projektantska organizacija pri gradnji energetskih objektov v Sloveniji in v drugih jugoslovanskih republikah aktivno sodeloval pri pripravah za gradnjo prve jugoslovanske jedrske elektrarne že od prvih idej v letu 1964, pa do realizacije ideje z gradnjo 617 MW nuklearne elektrarne v Krškem.

Leto 1965 lahko označimo kot realni pričetek priprav gradnje NE Krško. Takrat je Elektrogospodarska skupnost Slovenije po izboru Krškega kot najprimernejše lokacije za zahtevno gradnjo jedrske centrale izdelala prve projekte, na osnovi katerih so bila izdana načelna soglasja za gradnjo na današnji lokaciji.

Prvo večjo nalogo je IBE opravil v letu 1967 z izdelavo investicijskega programa za nuklearno elektrarno moči 340 MW, ki je bil narejen za reaktor težkovodnega tipa. Začetni poskusi, da bi si SR Slovenija z lastnimi sredstvi zgradila jedrsko elektrarno, niso uspeli.

Po sklenitvi sporazuma med Izvršnima svetoma Skupščine SR Slovenije in Sabora SR Hrvatske 27. 10. 1970 o pripravi skupne izgradnje dveh jedrskih elektrarn, so priprave za gradnjo prve od obeh elektrarn v Krškem stekle pospešeno. Savske elektrarne iz Ljubljane, Termoelektrarna Šoštanj in Elektroprivreda iz Zagreba, so kot investitor gradnje spomladi 1971 razpisale natečaj na osnovi

razpisnih tehničnih pogojev, ki jih je izdelal IB Elektroprojekt v sodelovanju z angleško konzultantsko firmo Burmot in Elektroprojektom Zagreb. Razpisa za ponudbe so se udeležile največje svetovne firme, ki dobavljajo elektrarne s komercialnim tipom lahkovodnih reaktorjev: Westinghouse, General Electric, KWU-Siemens, KWU—AEG in ASEA. Strokovnjaki IBE za področja nuklearne tehnike, jedrskega goriva, instrumentacije in elektroinstalacij, hladilnih sistemov in gradbeništva so sodelovali z investitorjem v komisijah za evaluacijo tehničnih ponudb.

Investitor je v letu 1972 po proučitvi tehničnih in komercialnih pogojev izbral kot najugodnejšega ponudnika ameriško firmo Westinghouse, ki je nudila 617 MW centralo z lahkovodnim reaktorjem tipa PWR (pressurised water reactor — tlačnovodni reaktor).

V času do izdaje lokacijske odločbe v letu 1974 je IBE za Nuklearno elektrarno Krško izdelal še idejni projekt za objekte elektrarne, ki so glede na vsebino pogodbe med NEK in Westinghousom ostali izven Westinghouseve obveze, pripravil različne študije s področja hidrologije in hladilnih sistemov ter organiziral izdelavo seizmoloških, geoloških, transportnih in ekoloških študij lokacije, ki so se uporabile pri lokacijski dokumentaciji in preliminarnem varnostnem poročilu.

Sodelovanje IBE pri gradnji NE Krško

Od pričetka gradnje NE Krško v začetku leta 1975 IBE intenzivno sodeluje pri izgradnji. Glavna področja njegovega dela so naslednja:

- pregled tehniške dokumentacije firme Westinghouse in Gilbert za gradbeni, elektro in tehnološki del
- projektiranje hidrotehničnih objektov (jez na Savi, črpalnica in iztok hladilne vode, daljnovodi in stikališča, razni objekti na dvorišču elektrarne in drugo...)
- izdelava lokacijskih dokumentacij skupno z Regionom-Brežice
- dela v zvezi z upravnim postopkom
- razne usluge.

Te dejavnosti opravlja Elektroprojekt pri projektiranju sam, pri pregledu tehniške dokumentacije pa z najbolj renomiranimi jugoslovanskimi institucijami kot IZIIS-Skopje, Elektroprojektom Zagreb, Zavodom za varstvo pri delu v Ljubljani, Inštitutom Jožef Stefan v Ljubljani, ZRMK Ljubljana, IMK Ljubljana, Fakulteto za gradbeništvo in Fakulteti za strojništvo pri Univerzi v Ljubljani, Inštitutom za sigurnost Zagreb, kakor tudi z NE Krško.

Obseg sodelave IBE pri izgradnji NE Krško je odvisen predvsem od vrste pogodbe z dobavitelji in od medrepubliškega dogovora o enakopravni delitvi dela med republikama Slovenijo in Hrvatsko.

V naslednjem predstavljamo specifično področje dela pri gradnji nuklearne, to je pregled tehniške dokumentacije.

Pregled tehnične dokumentacije

Glavni projektant za gradbene in tehnološke projekte je Gilbert Associates, Inc., Pennsylvania, ZDA.

Za takšne primere, ko se objekt gradi po tehnični dokumentaciji, izdelani v tujini, zahteva slovenski zakon o graditvi objektov, da se izvrši pregled tehnične dokumentacije v eni od pooblaščenih organizacij združenega dela v Jugoslaviji. Takšen pregled tehnične dokumentacije mora biti v skladu s citiranim zakonom. Pregled tehnične dokumentacije za NE Krško je, ker gre za objekt nuklearne elektrarne, zelo specifičen. Glavna značilnost dokumentacije za Nuklearno elektrarno Krško je velik razkorak med našo regulativo in regulativo za gradnjo nuklearnih elektrarn v ZDA. Predvsem velja ugotovitev, da je jugoslovanska regulativa za to področje gradnje nepopolna in pomanjkljiva, kar povzroča težave pri kontroli dokumentacije ne samo pri projektu čisto nuklearnega dela, ampak tudi v vseh drugih strokah (npr. gradbeništvo, objekti seizmičnega razreda s poostrenim seizmičnim projektiranjem in poostrenimi zahtevami za izvedbo gradbenih del).

Zato se srečujemo pri takšnem objektu z ameriškimi predpisi prav na vseh področjih projektiranja in izgradnje.

Tempo gradnje NE Krško zahteva postopek projektiranja, ki ni običajen niti pri gradnji podobnih objektov doma niti v tujini. Westinghouse s projektantom Gilbert-Ass. je imel ob pričetku gradnje le idejne-dispozicijske načrte in PSAR (Preliminarno varnostno poročilo), na osnovi katerih izdeluje ob sprotne prilagajanju dejanski opremi in drugim zahtevam opazne načrte in statične račune za posamezne dele zgradb. Več mesecev za opaznimi načrti bo projektant predložil arhitektonsko dokumentacijo, ki bo prikazovala finalna gradbena dela in predpisovala tehnične pogoje in specifikacije za različna obrtniška dela. Instalacijski načrti za tehnološko, elektrostrojno opremo in instalacije se izdelujejo vzporedno z napredovanjem gradbenih del.

Nuklearna elektrarna je ob pomoči IBE vložila velike napore, da je z Westinghouseom in Gilbertom uskladila terminske plane projektiranja s planom napredovanja gradnje, tako da bi gradnja potekala tudi skladno z zahtevami zakona o graditvi objektov.

Izdelan je bil plan projektov za pridobitev gradbenih dovoljenj (nostrification pachege schedule), ki obsega 60 gradbenih projektov in 71 tehnoloških projektov. Na ta način smo pristopili k pridobivanju delnih gradbenih dovoljenj, kar dovoljuje 23. člen zakona o graditvi objektov. Treba pa je

poudariti, da je povzročila delitev projekta na tolikšno število faz veliko administrativnega dela pri pridobivanju soglasij in gradbenih dovoljenj, da ne govorimo o slabi preglednosti dokumentacije in preglavicah pri kontroli, ki jo zahteva 28. člen zakona.

Upoštevajoč možnosti projektanta in zahteve jugoslovanske gradbene zakonodaje pa je mogoče le tak postopek, saj bi že združitev dveh delnih projektov povzročila vsaj dvomesečno zamudo pri izdaji gradbenega dovoljenja ali pa bi bila dokumentacija premalo popolna za pridobitev gradbenega dovoljenja.

Projekte za NE Krško lahko delimo v naslednje skupine:

1. Gradbeni projekti, ki obravnavajo le grobe nosilne gradbene konstrukcije (armirani beton; jeklo) za posamezne dele različnih zgradb pogonskega objekta. Npr. za pomožno zgradbo, ki je poleg reaktorske zgradbe najbolj tipičen objekt jedrske elektrarne, je bilo izdelanih 7 delnih projektov. Vsebina projekta je: tehnično poročilo, predizmere, statični računi in dinamične analize, tehnične specifikacije in načrti.

2. Analize predstavljajo pomožno tehnično dokumentacijo, v kateri so predloženi dinamični seizmični izračuni, izračuni dinamičnih učinkov pri okvarah visokoenergijskih cevovodov in opreme, računi stabilnosti in drugi zahtevnejši izračuni, ki zahtevajo posebno obravnavo, največkrat s pomočjo kompjuterja.

Vsa dokumentacija je v angleškem jeziku, glede zahtevnosti in kompletnosti pa menimo, da se ne more primerjati z dokumentacijo za nobenega od doslej zgrajenih energetskih objektov v Jugoslaviji.

3. Arhitektonski projekt bo dopolnil gradbeno tehnično dokumentacijo iz točke 1, tako da bosta obe fazi predstavljali toliko popoln gradbeni projekt za elektrarno Krško, kolikor dopuščajo razmere glede na ameriško prakso.

4. Tehnološki projekti, instalacijski projekti, elektriški projekti.

Celotna tehnologija bo predložena upravnim organom v soglasje v 17 grupah v tehnoloških paketih, ki bodo vsebovali skupno 71 projektov. Zaradi vpliva električne in instalacijske opreme na tehnologijo so vsi ti projekti obravnavani skupno.

Poleg dokumentacije za gradbeno dovoljenje bo projektiranih še nad 2000 izvedbenih načrtov, veliko število tehničnih specifikacij in druge tehnične dokumentacije.

Kontrola dokumentacije se opravlja po kriterijih, ki jih predpisuje jugoslovanska tehnična regulativa ali ustrezna ameriška regulativa za področja, ki jih jugoslovanska ne ureja.

Doslej je bilo od januarja 1975 pa do septembra 1976 notificiranih 35 gradbenih projektov in izdanih prav toliko gradbenih dovoljenj. Pri tem navajamo najobčutljivejši pokazatelj postopka: čas

za pridobitev gradbenega dovoljenja od sprejema projekta. Izkazalo se je, da je povprečno porabljeni čas za pregled in opremo projekta približno 1 mesec, če je bila dokumentacija brez pomanjkljivosti. Upravni postopek je povprečno trajal prav tako približno mesec dni, skupaj je torej poteklo pri vsakem projektu vsaj dva meseca od izdelave projekta do pridobitve gradbenega dovoljenja. Tega časa pri največjih prizadevanjih IBE ni bilo mogoče skrajšati, saj bi bilo možno pospeševanje le na račun površnosti in popuščanja pri zahtevah za kompletnost projektov. Da je bilo pri projektiranju kakor tudi pri kontroli dokumentacije opravljeno

UDK 627.8:539

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 161-166

Peter Jeriha - Božo Kogovšek:

JEDRSKA ELEKTRARNA KRŠKO

Referat podaja preglede sodelovanja Industrijskega biroja Elektroprojekta pri pripravah za gradnjo in pri gradnji NE Krško. Glavna področja dela Elektroprojekta so bila:

Izdelava preliminarne investicijskih programov in idejnih projektov, izdelava razpisnih pogojev, sodelovanje pri evalvaciji tehničnih ponudb, pregled tehnične dokumentacije, projektiranje hidrotehničnih objektov in izdelava lokacijskih dokumentacij.

Članek podrobneje obravnava predvsem dejavnosti, ki so specifične za gradnjo nuklearne elektrarne, to je pregled tehnične dokumentacije z ozirom na jugoslovanske in ameriške predpise.

obsežno delo pove podatek, da že doslej obsega projekt preko 20.000 strani statičnega računa in analiz, in nad 200 načrtov.

Trdo delo pri proučevanju domače in tuje regulative, tehnične in znanstvene literature, pri pregledovanju in projektiranju tehnične dokumentacije, bo na vsak način prekalilo širok krog inženirjev in tehnikov na IBE in drugih institucijah. Izkušnje se bodo morale izkoristiti in obogatiti pri gradnji naslednjih nuklearnih elektrarn ali podobnih objektih doma, pri izdelavi in dopolnitvi jugoslovanske regulative za gradnjo jedrskih objektov, pa tudi pri šolanju in vzgoji mlajših kadrov.

UDK 627.8:539

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 161-166

Peter Jeriha - Božo Kogovšek:

NUCLEAR POWER PLANT KRŠKO

A survey of IBE's cooperation in the preparatory works and in the construction of the NPP Krško is presented in the report. The main IBE's activities are:

Preparation of preliminary investment programmes and preliminary designs, preparation of conditions, cooperation in evaluation of technical bids, review of technical documentation, design of hydrotechnical structure and preparation of site documentation.

The article particularly deals with the activities specific for the construction of the nuclear power plant i. e. review of technical documentation with regard to the Yugoslav and American regulations.

Razdelilne (transformatorske) postaje RTP ali RP

UDK 621.226

NADA HVASTIJA, DIPL. INŽ.

Od proizvajalca električne energije (hidroelektrarne, termoelektrarne, plinske elektrarne, jedrske elektrarne itd.) je potrebno električno energijo pripeljati do potrošnika (gospodinjstvo, gospodarstvo in industrija).

Pot za transportiranje električne energije imenujemo daljnovod (DV), razporejanje, transformacija ter razdeljevanje električne energije pa se opravlja v razdelilnih transformatorskih postajah (RTP).

RTP ali RP nič ne proizvajajo, saj so le nujni vmesni člen celotne verige transformacije električne energije širom po Sloveniji, zato so bolj malo znane.

V teku let se je potrošnja električne energije toliko povečala, da smo od 35 kV (kilovolti) prenosnih napetosti prešli na 110 kV, 220 kV in 380 kV

napetosti (čim višja je električna napetost, tem večje so prenosne zmogljivosti pri manjših izgubah, kar poceni gradnjo).

Od razdelilnih transformatorskih postaj 10, 20 in 35 kV, ki so grajene v stavbah, smo tako prešli na postroje na prostem 110 kV, 220 kV in v zadnjem času na 380 kV napetosti.

Namen našega članka je opisati delež gradbenega oddelka IBE pri teh tako specifično elektrotehničnih napravah. Naše podjetje projektira RTP že od prvih povojnih let do danes.

Tako smo izdelali projekte RTP po vsej Sloveniji in sicer:

- 59 postrojov 110 kV napetosti s transformacijo na 10, 20 ali 35 kV ali brez transformacije;
- 5 postrojov 220/110 kV napetosti;

- 1 postroj RTP 380/220/110 kV Ljubljana II v Beričevem, ki je že v gradnji;
- 1 postroj RTP 380/110 kV v Mariboru—Dogoše, ki je tudi v gradnji;
- 1 postroj 380 kV v Divači (v gradnji);
- pripravljamo projekte za RP 380/110 kV pri NE Krško ter RP Podlog 380 kV.

Objekti, ki sestavljajo RTP:

A. Stavbe za napetosti 10, 20 ali 35 kV, ki vključujejo še komandni prostor, pomožne prostore, relejni prostor ter akumulatorski prostor itd.

B. Prostozačni postroji vsebujejo:

— 110, 220 in 380 kV postroje, ki jih sestavljajo jeklene konstrukcije za vpenjanje vodnikov (portali) in pritrdjevanje vseh električnih aparatov (podstavki) s temeljem.

— Specialne temelje za nameščanje transformatorjev, težkih 80-300 ton, z lovilci olj.

— Posebne lovilne podzemne rezervoarje za transformatorska olja za primer požara ali eksplozije, imenovane oljne jame, velikosti 25 m³ do 100 m³. Oljne jame so grajene tako, da ne onesnažujejo okolja (podtalnica ipd.).

— Ceste za transport omenjenih transformatorjev s specialnimi prikolicami ter za transport ostale opreme.

— V postrojih se izdelata tudi po več km kanalov različnih velikosti za polaganje električnih kablov.

— Relejne hišice.

— Samostojno komandno stavbo z vsemi potrebnimi prostori (AKU, relejni in kabelski prostori itd.).

— Obratno stavbo.

— Pomožne stavbe, delavnice, skladišča.

— Montažni stolp.

— Stavbe za protipožarno zaščito transformatorjev.

— Garaže.

— Zaklonišče.

— Razsvetljavne stolpe.

— Ograje.

— Odvodnjevanje in kanalizacijo.

Vsi omenjeni objekti ne predstavljajo posebnih problemov pri projektiranju, kljub specifičnosti gradenj.

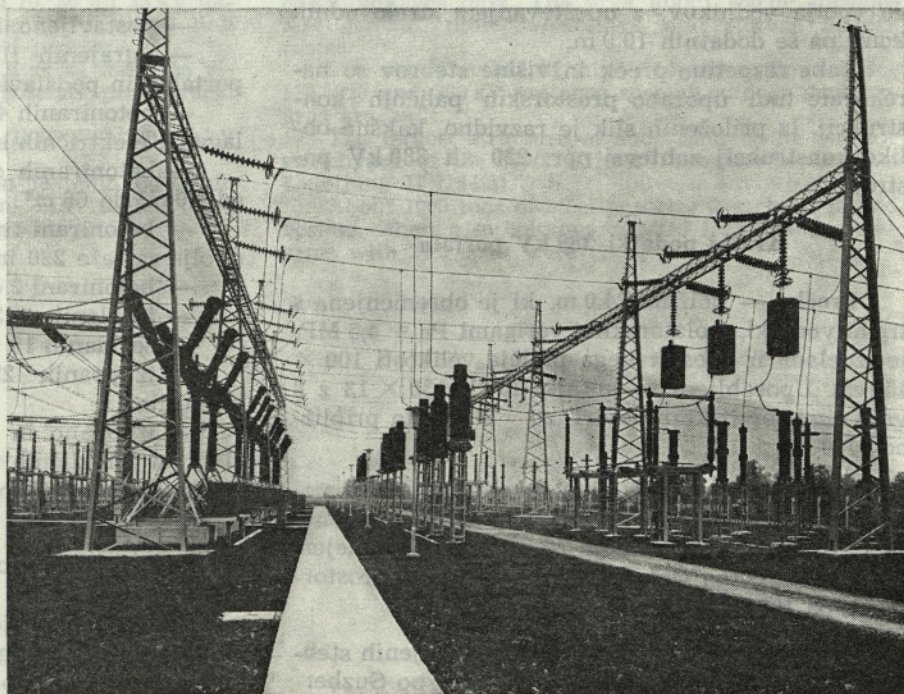
Podrobneje bi opisali le portale, ki služijo za vpenjanje vodnikov z DV stebra (horizontalna obtežba 95 %) preko celotnega postroja, ker se dimenzije bistveno spreminjajo glede na velikost električne napetosti.

Za portale različnih električnih napetosti potrebujemo naslednje dimenzije:

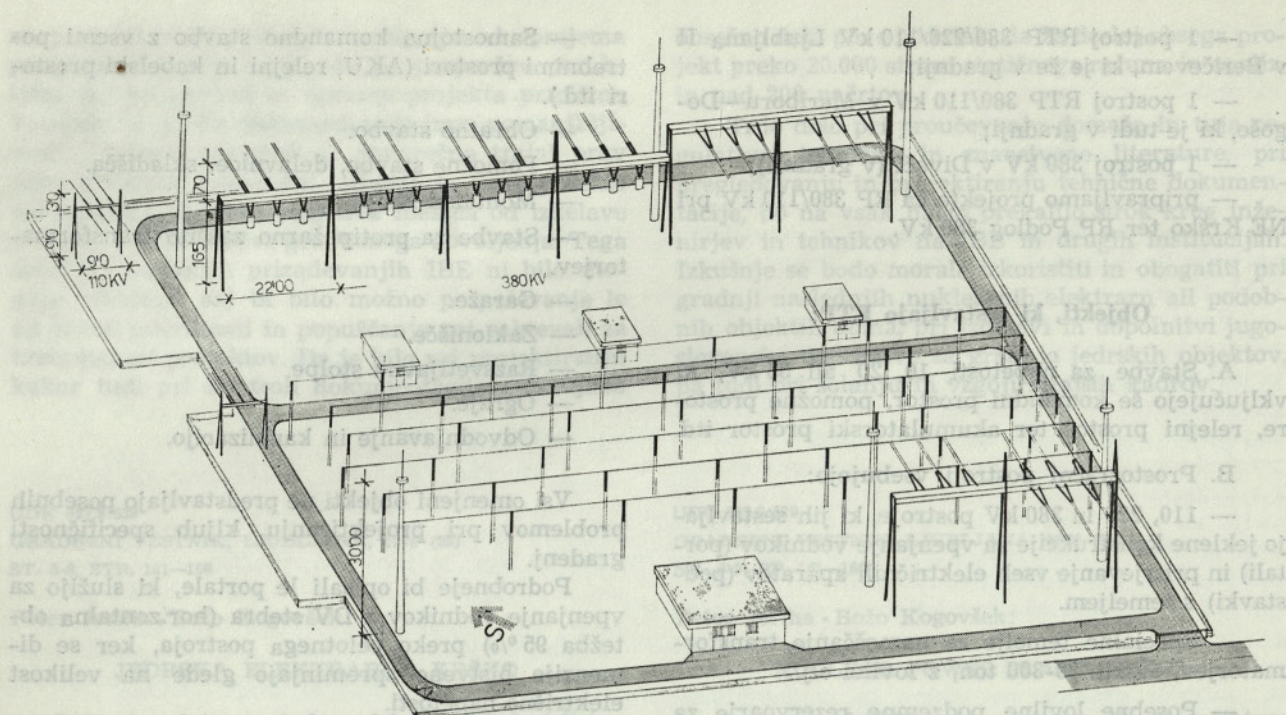
110 kV — medsebojna razdalja 3 električnih vodnikov

(AlFe 240/40 mm²) znaša od 2,0—2,5 m, zato so minimalne razdalje prečke 9.0 m in stebra 9.0 m.

Tovrstne portale smo v prvih povojnih letih gradili iz armiranega betona, kasneje pa iz centrifugiranega betona. Z vse večjim uveljavljanjem jekla v gradbeništvu se tudi v RTP pojavijo prvi portali tipa Vierendel ter polnostenski portali, sestavljeni iz valjanih profilov in pločevine.



Sl. 1. RTP Podlog 220/110 kW



Sl. 2. NE Krško 380/110 kV - shema

220 kV — prečke razpetin 16,0 m ter stebri višine $\sim 12,0$ m ali več. Zaradi ekonomičnosti gradnje se uveljavlja palični sistem stebrov in prečk v glavnem ravninske izvedbe z uporabo valjanih profilov.

380 kV — medsebojna razdalja 3 električnih vodnikov

(AlFe 490/65 mm²) znaša v tem primeru 6,0—6,5 m, zato potrebujemo prečke proste razpetine od 22,0 do 24,0 m in stebre, visoke od 12,0 do 26,0 m do vpetja vodnikov, z upoštevanjem strelovodnih konic pa še dodatnih 10,0 m.

Take razpetine prečk in višine stebrov so narekovala tudi uporabo prostorskih paličnih konstrukcij. Iz priloženih slik je razvidno, kakšne oblike konstrukcij zahteva npr. 220 ali 380 kV postroj.

Kratki podatki 380 kV portala

Prečka — dolžina 24,0 m, ki je obremenjena s tremi vodniki, izolatorskimi verigami $P_H = 4,5$ MP, je izdelana iz prostorskega paličja velikosti 100 $\times$ 150 cm. Uporabljeni so kotniki 130 $\times$ 130 $\times$ 13 z 8 vmesnimi torzijskimi okviri iz [14. Tehta približno 4700 kg.

Steber (višine 26 + 10 m) je ob terenu obremenjen z momentom $M = 340,0$ Mpm, zaradi omejenega prostora v stikališču je razpon paličja omejen. Teža ravninskega stebra znaša ~ 7000 kg, prostorskega pa 10000 kg.

Poseben problem je temeljenje omenjenih stebrov. Temelje običajno dimenzioniramo po Suzber-

gerjevi metodi, z naslonitvijo sten temelja na teren. Tako znaša pri srednje dobrem terenu prostornina enega temelja od 48,0—66,0 m³ armiranega betona V primeru slabega terena (RTP Podlog v Savinjski dolini) pa so vsi portalni stebri izdelani na tlačnih in nateznih pilotih.

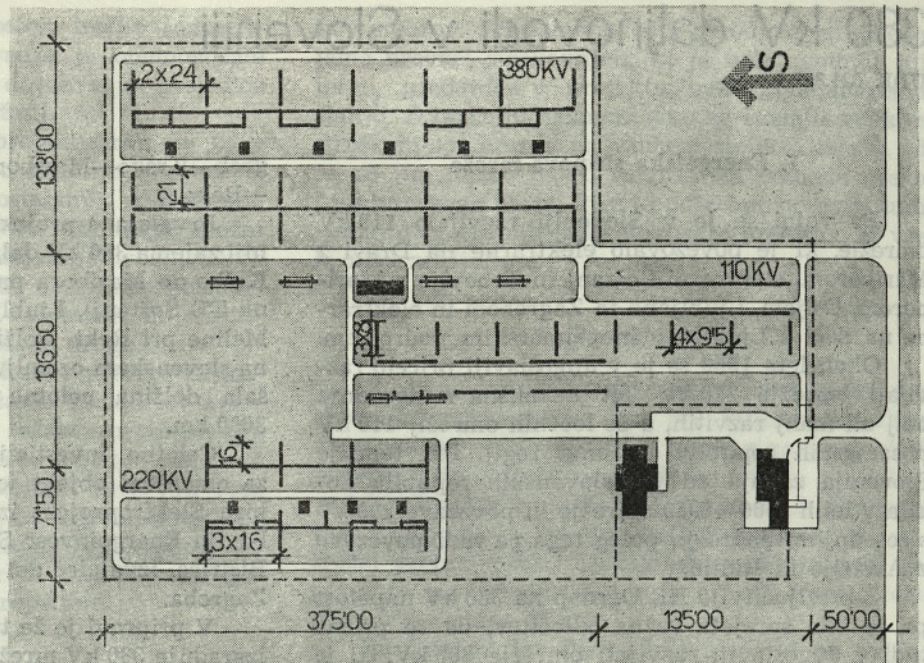
Največja RTP v Sloveniji doslej je RTP 380/220 /110 kV Ljubljana II v Beričevem.

V I. fazi gradnje je na 15 ha:

- postavljeno 1,6 km ograje
- vgrajenih 1000 ton jekla za konstrukcije portalov in podstavkov
- betoniranih 4,4 km različnih kanalov za polaganje električnih kablov
- betoniranih ~ 1900 kom temeljev velikosti od 1,0 m³ do 66 m³
- betonirani transformatorski temelji z lovilci olja za teže 220 in 280 ton (4 kom)
- betonirani 2 oljni jami velikosti 58 in 100 m³
- izdelanih $\sim 3,0$ km cest širine 6,0 m in 3,5 m
- sezidanih 15 stavb različnih velikosti
- izkopanih 22,0 km jarkov za polaganje ozemljitev
- izkopano in izravnano ~ 80.000 m³ materiala na 5 različnih višinah platojev mesebojne višinske razlike 1,45 m
- itd.

Investicijska vsota gradbenih del bo znašala 115 milijonov din.

Vse to dokazuje, da je bilo pri tako hitrem razvoju elektroenergetike sodelovanje gradbenikov vedno bolj potrebno.



Sl. 3. RTP 380/220/110 kV
Postroj Ljubljana II - tloris

UDK 621.226

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 166-169

Nada Hvastija:

RAZDELILNE (TRANSFORMATORSKE) POSTAJE RTP ALI RP

Članek opisuje projektantski delež gradbenega oddelka IBE pri teh tako specifično elektrotehničnih napravah.

Običajno gradimo stavbe le za 10, 20 ali 35 kV napetosti. Na približno 450 m² tlorisa so vključeni tudi komandni, relejni in akumulatorski prostor.

Za 110, 220 in 380 kV napetosti se za montažo visokonapetostne opreme gradijo posebni prostozračni postroji.

Največji tovrstni objekt je RTP 380/220/110 kV postroj Ljubljana II (15 ha).

Tu je bilo vgrajenih 1000 ton jeklenih portalnih konstrukcij, kjer so med ostalimi bili izdelani tudi stebri višin 36,0 m ter prečke razpetine 24,0 m.

UDC 621.226

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 166-169

Nada Hvastija:

DISTRIBUTING (TRANSFORMER) STATIONS

The article illustrates the design activity of the civil engineering department of IBE with these specific electrotechnical installations.

We are used to building structures for 10, 20 or 35 kV voltages only. The area about 450 m² includes also control, protective relays and storage battery rooms.

For the erection of high voltage equipment for 110, 220 and 380 kV voltages special outdoor switchyards are built.

The largest structure of such kind is the outdoor switchyard of the 380/220/110 kV Transformer Station Ljubljana II (15 ha).

About 1000 tons of steel gantries were built in and besides others also columns of 36 m height and cross-arms with 24,0 span were used.

380 kV daljnovodi v Sloveniji

UDK 621.315.1

BRANKO ZADNIK, DIPL. INŽ.
JANEZ JAKŠE, DIPL. INŽ.

1. Energetska zasnova mreže

Po vojni se je v Sloveniji razvijalo 110 kV omrežje, ki je povezovalo elektrarne na Dravi z Mariborom, elektrarni Šoštanj in Trbovlje z Mariborom, Celjem, Ljubljano in Zagrebom in elektrarne na Soči z Ljubljano in primorskim področjem.

Okoli leta 1960 se je v Jugoslaviji pričelo razvijati omrežje 220 kV kot nekakšna nadgradnja bolj ali manj razvitih, a še ločenih omrežij 110 kV posameznih republik oziroma regij. Pri tem je Slovenija zadnja od jugoslovanskih republik dobila v letih 1966—1969 omrežje in povezave 220 kV s sosednjimi področji, poleg tega pa tudi povezavo z Avstrijo in Italijo.

S priključitvijo HE Đerdap na 380 kV napetost pa je bila sprejeta važna odločitev, da se prične tudi v Jugoslaviji razvijati omrežje 380 kV, ki je v Evropi že močno razpredeno. V letu 1970 je nastal predlog omrežja 380 kV Jugoslavije v obliki zank. Pri tem naj bi se zahodna jugoslovanska zanka 380 kV zaključevala preko Slovenije. Poleg tega je bila sprožena tudi akcija, da bi gradnjo tega omrežja pomagala financirati Mednarodna banka za obnovo in razvoj. Mednarodni kredit nudi ugodno možnost prehoda od dosedanjega »krpanja« omrežja na širokopoteznejšo gradnjo interkonekcijskega omrežja 380 kV, ki ga bo potrebno močno povezati z evropskim omrežjem iste napetosti. Poleg tega tudi novi veliki viri električne energije na področju Slovenije, kot so NE Krško 600 MW, TE Šoštanj IV 300 MW in drugih republik, zahtevajo zaradi ekonomike vključevanje v 380 kV omrežje. Energetske analize so pokazale, da je za Slovenijo najvažnejša naslednja elektroenergetska smer: Za-

greb—Krško—Maribor—Celje—Ljubljana—Divača—Reka.

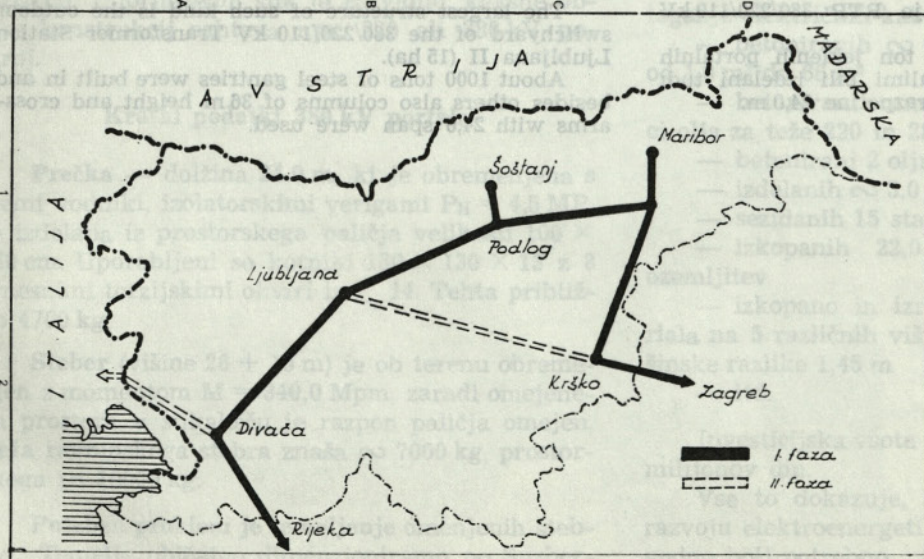
Prva etapa projektiranja in izgradnje v Sloveniji zajema 380 kV daljnovod od Zagreba preko NE Krško do Maribora preko Podloga (priključek tudi na TE Šoštanj), Ljubljane do Divače in naprej do Meline pri Reki. Dolžina tako opisane trase znaša na slovenskem ozemlju 320 km, medtem ko bo znašala dolžina celotne jugoslovanske zanke okoli 3000 km.

Celotno investicijsko-tehnično dokumentacijo za omenjeni objekt je izdelalo podjetje Inženirski biro Elektropjekt iz Ljubljane, konstrukcijo dobavlja Energoinvest Sarajevo, vodnike IMPOL Sl. Bistrica, izvajalec del pa je podjetje Dalekovod iz Zagreba.

V pripravi je že tudi dokumentacija za II. fazo izgradnje 380 kV mreže v Sloveniji, ki bo zajemala DV 380 kV Krško—Ljubljana in povezavo z Italijo preko daljnovoda Divača—Opatje selo—Redipuglia.

2. Trasa daljnovoda

Med največjimi problemi projektiranja slovenske zanke 380 kV je bil brez dvoma problem določitve ustrezne trase. Obsežno zastavljeno 380 kV omrežje s širokimi koridorji (načeloma je za vse magistralne 380 kV slovenske vode sprejet koridor širine 100 m) na eni strani, na drugi pa majhen slovenski prostor z vsemi svojimi prostorskimi elementi je zahteval od projektanta kot od investitorja kar največjo angažiranost. Posebne težave so predstavljali neenotni kriteriji vrednotenja prostora (pri čemer so se enkrat favorizirale gozdne



Sl. 1. Prikaz 380 kV zanke v Sloveniji

površine, drugič urbani prostor, tretjič industrijske cone). Takšno obravnavanje je onemogočalo optimiranje variant in imelo dostikrat za posledico uveljavljanje lokalističnih teženj.

Osnovna izhodišča pri projektiranju pa so v glavnem bila: ekonomičnost gradnje (najkrajša možna razdalja med trafo postajami), upoštevanje veljavnih tehničnih normativov, najmanjši možni poseg v gozdne površine, upoštevanje urbanističnih programov in načrtov, uporaba obstoječih koridorjev, dostopnost, upoštevanje krajevnih in krajinskih zanimivosti, estetski videz in drugo.

Kot eden največjih problemov pri projektiranju trase je bil problem križanja koridorjev avtomobilskih cest. To je izredno težaven problem, ker je imela AC v večini primerov uzakonjenih več variant tras z razmeroma širokimi rezervati (več 100 m). Posledica tega je bila, da ustreznih soglasij za križanja oziroma približevanja daljnovodov AC ni bilo mogoče dobiti, dokler ni bila izbrana dokončna varianta z glavnim projektom.

3. Hidrometeorološki podatki

Za projektiranje tako važnega elektroenergetskega objekta kot je 380 kV omrežje so odločilnega pomena klimatske razmere vzdolž daljnovodnih tras. Zaradi razmeroma skromnega števila opazovalnih postaj in dislokacije le-teh sta bila tako projektant kot investitor postavljena pred težavno in odgovorno nalogo: določiti vetrovni pritisk in dodatno obtežbo snega ali ledu. Na podlagi študije Hidrometeorološkega zavoda in na podlagi podatkov, ki so jih posredovale institucije oziroma podjetja, katerih objekti so že v neposredni bližini tras, je bila celotna 380 kV zanka razdeljena glede na vetrovni pritisk na dve coni:

— notranja Slovenija (odsek DV—slovensko-hrvaška meja—Krško—Maribor—Podlog—Ljubljana in delno odsek Ljubljana—Divača) 60 kp/m²;

— področje Krasa (odsek Senadole—Divača—meja SRH) 110 kp/m².

Pri določitvi dodatne obtežbe pa so upoštevani še naslednji faktorji: pristopnost trase, nadmorska višina, večja varnost obratovanja. Na podlagi tega je bila pri približno 45 % trase upoštevana normalna dodatna obtežba z vrednostjo $1,0 \times 0,18 \text{ V/d}$, pri približno 55 % pa povečana obtežba $1,6 \times 0,18 \text{ V/d}$ oziroma $2,5 \times 0,18 \text{ V/d}$ na področju prehoda preko Krima).

4. Geološki podatki

Daljnovod se vije po razgibalnem terenu z zelo različnimi geomehanskimi karakteristikami. Za potrebe projektiranja je izvedel Geološki zavod Ljubljana prospekcijsko celotne trase na osnovi obstoječih arhivskih podatkov in ogleda terena, na najbolj kritičnih mestih pa so bile izvedene sondažne vrtnice. Ti podatki so ustrezali za projektiranje teme-

ljev stebrov. Pri sami izvedbi je odprto gradbeno jamo prevzel strokovnjak, ki je tudi ugotovil, ali teren, predviden v projektu, ustreza dejanskemu stanju. S takšnim načinom smo se izognili velikim stroškom sondiranja na vsakem stojnem mestu, ki pa se jim nismo mogli izogniti na prehodu preko Ljubljanskega barja, kjer je potrebno opraviti tudi veliko dolgotrajnih laboratorijskih preiskav, ki vse še niso zaključene.

5. Temeljenje

V osnovi je temeljenje stebrov uporabljeno pri slovenski zanki enako kot pri daljnovodih nižje napetosti na našem območju, to je z razčlenjenimi temelji v kolikor toliko solidnem terenu ($[\sigma]$ tal = $1,0 \text{ kp/cm}^2$) in s ploščo na slabo nosilnih glinastih tleh s talno vodo. Posebno veliko preglavic je povzročal prehod preko Ljubljanskega barja, kjer je potrebno na nekaterih stojnih mestih izvesti celo pilote do globine 22 m.

Razčlenjeni temelji so bili izvedeni na veliki večini stojnih mest. Zaradi tipizacije je bila osvojena enotna globina temeljev 2,80 m oziroma 3,30 m ne glede na nosilnost terena in obremenitev, spreminjali sta se le drugi dve dimenziji, da se je dossegla potrebna varnost tako na izvlek kot na tlak.

Temeljenje s ploščo se je uporabilo na odseku trase NE Krško—Zagreb in na prehodu daljnovoda preko Ljubljanskega barja. Osnovne karakteristike plošče so: globina ukopa 1,50 m, tlorisne dimenzije so odvisne od obremenitev in se gibljejo v mejah od 10×10 do $14 \times 14 \text{ m}$. Debelina plošče je 30 cm. Pri uporabi plošče na delu trase pri prečkanju Ljubljanskega barja je prišlo do nepričakovanih zapletov. Prvotno je bilo predvideno, da se celotni del trase preko Barja temelji na plošči, ki je ustrezala geološki prospekcijski, podani na osnovi informativnih vrtnin v bližini posameznih stojnih mest. Po dokončni odločitvi o poteku trase in razporeditvi stojnih mest pa je preiskava terena s sondažnim vrtanjem na vsakem stojnem mestu pokazala, da je sestava tal ponekod takšna, da ob upoštevanju specifičnih obremenitev daljnovodnih stebrov ne dopušča izvedbo plošče. Največji problem je bilo neenakomerno posedanje pri kotnih stebrih. Zaradi tega je za določena stojna mesta v teku projektiranja temelja s piloti. Po projektu so piloti armiranobetonski $\phi 80$ in 100 cm; največja globina 22 m, povprečna globina 14 m. V času pisanja tega članka na stojnih mestih, kjer so predvideni piloti, še niso pričeli z gradnjo, sicer pa so zabetonirani praktično vsi temelji, razen na odseku Divača—meja SRH.

6. Daljnovodni stebri

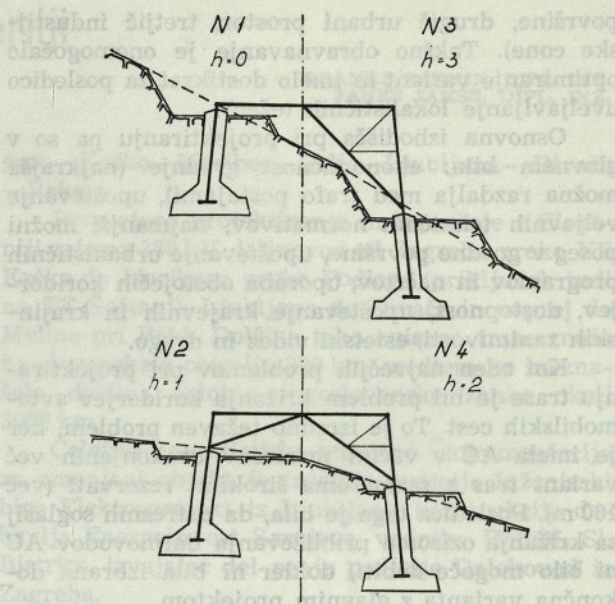
Glede na klimatske razmere in tipizacijo sta bila v slovenskem delu 380 kV zanke uporabljena dva osnovna tipa enosistemskih stebrov (obešene 3 faze), ki sta oba oblike Y in poimenovana:

—tip Y na področju vetrovne cone 60 kp/m^2
 — in tip Ne (nosilni) oziroma Ze (napenjalni)
 na področju vetrovne cone 110 kp/m^2 . Konfiguracija zemljišča, razpetine, lomni koti so narekovali še nadaljnjo delitev tipov stebrov v podskupine, ki omogočajo enokomsko projektiranje daljnovoda.

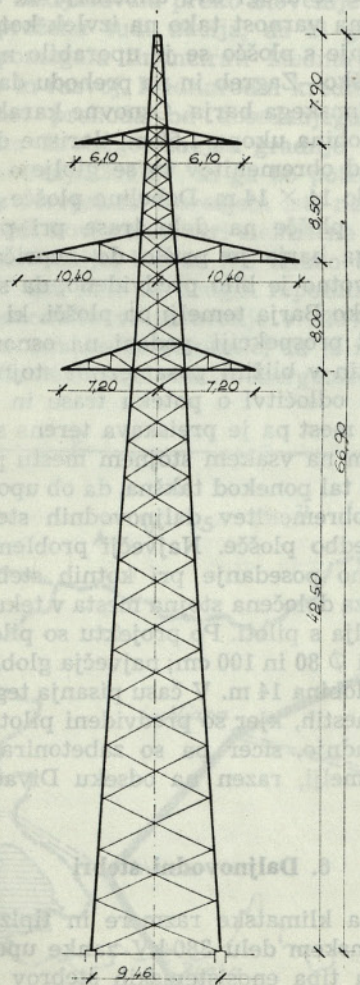
Konstrukcije tipa Ze (Ne) imajo zaradi višje cone vetra (110 kp/m^2) širšo glavo (odklon izolatorskih verig) in seveda zaradi tega tudi večje dimenzije kot stebri tipa Y. Pojavljajo se znatne razlike v teži konstrukcije in sicer:

— stebri Y	22 Mp/km
— stebri Ze (NE)	29 Mp/km

Za primerjavo naj navedemo podatek, da je znašala pri DV 380 kV Beograd—Đerdap teža konstrukcije 18 Mp/km , vendar so bili tu uporabljeni tako imenovani »finski« (portali) stebri s sidri, ki izkazujejo manjšo težo kot pri nas uporabljeni stebri oblike Y. Vendar naše terenske razmere niso dopuščale njihove uporabe.



Sl. 2. Nožni del stebra z različnimi dolžinami nog



Sl. 3. Silhueta eno- in dvo-sistemskega stebra

Del slovenske 380 kV zanke je iz energetskih in prostorskih razlogov zgrajen dvosistemsko (odsek Zagreb—NE Krško in odsek Cirkovci—Maribor). Na tem delu se pojavi tretji tip stebra, ki do sedaj ni bil omenjen: dvosistemski steber z obliko glave »sod«. Zaradi velikih dimenzij (napenjalni stebri so visoki tudi do 66 m s tlorisom nog 14×14 m) znaša temu primerno tudi teža 40 Mp, teža na km daljnovoda pa ca. 48 Mp.

Vsi stebri so zasnovani kot prostorske predalčne konstrukcije, ki so prirejene tako, da se dajo postavljati tudi na zelo strmih terenih. Nožni del stebra sestoji iz štirih nog, katerih dolžino je možno poljubno spreminjati od 0—7 m tako, da se prilagodimo tudi zelo razgibani konfiguraciji terena brez večjih zemeljskih del, kar je še posebno važno na težko dostopnih stojnih mestih. Vse konstrukcije so vijačene, kar omogoča hitro in natančno montažo v tovarni pripravljenih elementov. Zaščita pred korozijo je izvedena z vročim pocinkanjem.

Material: Uporabljeni so vročevaljani profili oblike L in $\square$ različnih kvalitiet:

(Č 0361, Č 0561, Č 0370), vijačeni s surovimi vijaki ČV 50. Minimalni uporabljeni vijak je M 12.

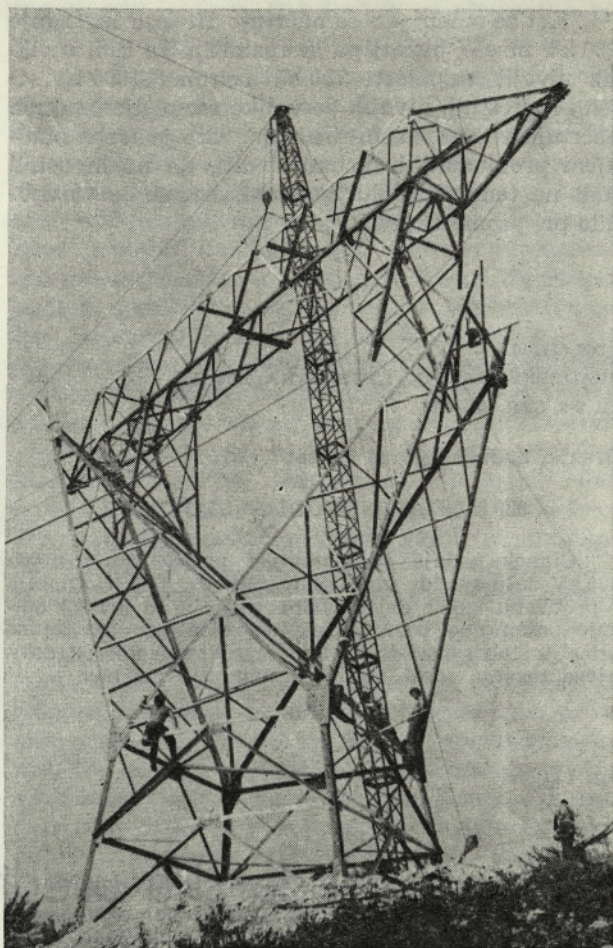
7. Vodniki

Odločitev glede tipa in preseka vodnikov je bila sprejeta že pri projektu DV 380 kV Beograd—Đerdap. Ugotovljeno je bilo, da je najoptimalnejši kombinirani jeklo-aluminijski vodnik prereza $490/65 \text{ mm}^2$ (delež aluminija 490 mm^2 , delež jekla 65 mm^2), in sicer po dva vodnika v vsaki fazi. Med drugim je do takšne odločitve privedlo tudi dejstvo, da je večina obstoječe jugoslovanske 220 kV mreže zgrajene s tem prerezom (unifikacija materiala). Tako bo tudi celotna jugoslovanska 380 kV mreža zgrajena z jeklo-aluminiastimi vodniki $2 \times \text{AlFe } 490/65 \text{ mm}^2$ z izjemo dalmatinskega področja, kjer so zaradi težjih klimatskih pogojev povečali jekleno jedro in so uporabljeni vodniki $2 \times \text{AlFe } 490/110 \text{ mm}^2$.

Vodniki v slovenskem delu trase so napeti povprečno na 8 kp/mm^2 , teža vodnikov na km pa znaša 1866 kp.

8. Kratek statistični pregled slovenske zanke

Dolžina tras (I. faza)	320 km
Število stebrov	829
Nosilnih stebrov	662
Napenjalnih stebrov	167
Teža konstrukcije	8.520 Mp
Izkopi	40.000 m ³
Beton	15.400 m ³



Sl. 4. Montaža stebra

Dolžina valjanca za ozemljitev	59.000 m
Teža vrvi	4.800 Mp
Število izolatorjev	99.400
Maks. razpetina	714 m
Cena daljnovoda na km	2.500.000.— din

9. Zaključek

Izgradnja daljnovoda je v polnem zagonu. Zgrajen je že del trase od Zagreba—Krškega—Maribora do Podloga. Na odseku Podlog—Ljubljana je potrebno izvršiti še elektro-montažna dela, na odseku Divača—meja SRH pa se opravljajo pripravljalska dela (dostopne poti). Rok izgraditve celotne zanke je konec leta 1977. To je že popravljeni rok, saj je bila prvotno predvidena izgradnja do konca leta 1976. K tej zakasnitvi je največ pripomogel zamuden postopek pridobitve lokacijskega dovoljenja (samo za odsek Ljubljana—Divača je bilo potrebno zbrati nad 2000 soglasij vseh prizadetih, kar ob upoštevanju »ažurnosti« naše administracije vsekakor ni kratkotrajno delo).

Kot že omenjeno se načrtuje II. faza izgradnje 380 kV mreže, hkrati pa se razmišlja že tudi o višjih nivojih napetosti 750 kV oziroma 1000 kV. O teh napetostnih nivojih se veliko razmišlja oziroma načrtuje v evropskem prostoru, zato je treba omenjeni problematiki skrbno slediti, da ne bi ostali tudi na tem področju izolirani, kot se je to zgodilo pri prometu (avtoceste).

UDK 621.315.1

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 170—174

Branko Zadnik - Janez Jakše:

380 kV DALJNOVODI V SLOVENIJI

Članek podaja problematiko projektiranja prvih 380 kV daljnovodov v SR Sloveniji. Pri tem razglablja o problemu izbire daljnovodne trase in na kratko opisuje posamezne važnejše elemente daljnovoda kot so temelji, stebri in vodniki. Podaja tudi smernice nadaljnega razvoja mrež najvišjih napetosti pri nas.

Vodnogospodarska ureditev področja Drine in Morače

UDK 622.5 (Drina — Morača)

IBE Ljubljana je v preteklem letu sodeloval v kooperaciji z Energoprojektom iz Beograda in Energoinvestom iz Sarajeva pri širši vodnogospodarski obdelavi ureditve področja Drine in Morače, naročene neposredno s strani Izvršnih svetov skupščin zainteresiranih mejnih republik Srbije, Bosne in Hercegovine in Črne gore. Po projektni nalogi naj bi bile posebno obdelane rešitve za ureditev srednjega toka Drine, dalje za vozlišče Šćepan polje, kjer se stekajo reke Piva in Tara v Drino ter za gornji tok Tare, kjer obstajajo — za potrebe energetike — ugodne možnosti derivacije vode v 700 m nižje ležečo reko Moračo. Obdelava naj bi osvetlila predlagane rešitve s stališča vseh potencialnih koristnikov vod ob upoštevanju potreb za bližnjo in daljno bodočnost, vse na osnovi najnovejše razpoložljive tehnične dokumentacije. Pročene so možnosti obogatitve sosednih porečij reke Bosne, Spreče, Morave in Kolubare iz obilnih vod reke Drine in celo nekateri predeli Save vzvodno sotočja z Drino ter prostor med Savo in Donavo naj bi bili izdatno oskrbovani za potrebe namakanja. Tudi za preskrbo mesta Beograd in naprej proti vzhodu so predvidene določene količine vode spodnjega toka reke Drine. Obravnavani so potroš-

Literatura

1. M. Plaper in B. Fatur: Pogledi na bodoči razvoj omrežij najvišjih napetosti v Sloveniji, Ref. št. 507 Elektroinstituta »M. Vidmarja« Ljubljana, 1971.

2. J. Jakše: Problematika projektiranja slovenskega 380 kV prenosnega omrežja, Elektrotehniški vestnik 1976, št. 1.

3. IBE: Glavni projekti 380 kV daljnovodov.

UDC 621.315.1

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 170—174

Branko Zadnik - Janez Jakše:

380 kV TRANSMISSION LINES IN SLOVENIA

The article shows the problems of designing the first 380 kV transmission lines in Slovenia. It deals with the problem of route selection and describes in brief the individual more important elements of a transmission line, e. g. foundations, towers and conductors. Suggestions for further development of the highest voltage network in our country are given.

nilki vode za industrijo, pitne vode, namakanja, interesenti za ublažitev poplavnih valov ter potrošniki električne energije.

Po projektni nalogi je bilo treba predlagati rešitve, ki so sprejemljive za vse tri zainteresirane republike, pri čemer je tudi bila postavljena zahteva za določeno sistematizacijo pozitivnih in negativnih posledic predlaganih rešitev s stališča vodnega gospodarstva, energetike in drugih gospodarskih panog in da se posebej dajo predlogi, ki bi stimulirali vsako republiko za realizacijo razpoložljivih potencialov preko vzajemnih kompenzacij pozitivnih in negativnih efektov, dogovora o vrstnem redu izgradnje, skupnih vlaganjih, načinu eksploatacije naprav itd. Kot končni cilj je projektna naloga predvidela pripravo družbenega dogovora o kompleksnem izkoriščanju vode v porečjih Drine in Morače. Zahtevana je tudi bila obdelava družbeno pravnih pogledov, ki bi bili vezani za predlagano prevajanje vode gornje Tare v Moračo, kakor tudi za gradnjo in obratovanje objektov, ki bi izkoriščali skupne potenciale na mejah zainteresiranih republik.

Od skupnega obravnavanega padavinskega področja rek Drine in Morače tj. 20.000 km² odpade na

VALENTIN KOVAČ, DIPL. INŽ.

posamezne imenovane republike približno po ena tretjina. Od skupno predvidenih investicij ca. 50.000 milijonov pa odpade 30 % na Črno goro, 17 % na BiH, vse drugo pa spada pod skupni potencial, 30 % BiH in Srbija, 16 % BiH in Črna gora ter 5 % Srbija in Črna gora. Prav ta veliki skupni potencial je tudi povzročil, da se velika naravna bogastva do sedaj na tem področju niso primerno izkoristila. Pričakuje se, da bo nova ustavna ureditev tudi v tem pogledu pripeljala do hitrejšega razvoja teh področij. Drina je imela in ima še danes vse značilnosti mejne reke. Področja ob njej so stalno bila periferna v odnosu na upravne centre, kar je vse tudi imelo določen zaviralni vpliv na razvoj. Že desetletja nazaj obstajajo vodnogospodarske osnove, energetske osnovne, idejni in deloma tudi glavni projekti za objekte na obravnavanih področjih, leta 1973 je tudi že bila pripravljena in revidirana kompleksna obdelava z isto problematiko na osnovi podobne kooperacije treh projektnih organizacij. Sedanja obdelava predstavlja dejansko samo dopolnitev te dokumentacije na osnovi svežjših vhodnih podatkov.

Dosti dela je bilo vloženo v revalorizacijo investicij za gradbena dela in opremo predvidenih objektov, pri čemer je posebna pozornost bila posvečena ponovni oceni vrednosti poplavljenih zemljišč in objektov, problemom okoli potrebnega preseljevanja prebivalcev, preložitvi komunikacij itd.

Od skupnih investicij odpade 38 % na gradbena dela, 27 % na opremo, 10 % na odkupe in odškodnine, 8 % na preložitve komunikacij ter 17 % na druge stroške. Največji obseg je zavzela energetsko-ekonomska analiza, saj se kot glavni nosilec investicij v neposredni prihodnosti le še pojavlja elektroenergetika, ki bi zgradila akumulacijske bazene za vse druge potrošnike vode s skupno vsebino 3300 milijonov m³, instalirala 3250 MW moči s srednjo letno proizvodnjo preko 10 milijard kWh. Predlagana rešitev s kompleksnim izkoriščanjem vod Drine in Morače je dala 21 % več energije ob enakem povečanju investicij, poplavljenih je pa samo 7 % več obdelovalnih površin in samo 3 % več preseljenih prebivalcev. Večji energetske efekti so pri tem doseženi s prevajanjem 22 m³/s gornje Tare v reko Moračo. Predlagana optimalna rešitev ima po sedanji oceni tudi 33 % večje skupne instalirane moči, vendar je ta podatek smatran samo kot orientacijski. Energetske analize so pokazale na sicer relativno malo vrednost instaliranih moči hidroelektrarn v letih 1982 do 1990, ko se bo pa proti letu 2000 struktura elektroenergetskega sistema bistveneje spremenila in bodo prevladovala termoelektrarne, pa postanejo vse moči hidroelektrarn garantirane tj. polno izrabljive. V perspektivi se torej lahko pričakuje vse večji poudarek na vrednotenju hidroelektrarn po specifičnih investicijah za instalirano moč. V usvojeni alternativni kompleksnega izkoriščanja vod Drine in Morače znašajo — pred optimizacijo instaliranih moči specifične investicije

15,5 din/kW nasproti 17,0 din/kW za alternativo izkoriščanja vseh vod Drine v prirodnem toku.

Predlagana ureditev obravnavanega področja predvideva gradnjo 27 hidroelektrarn proti 21 takim objektom za alternativo brez prevajanja vod. Na srednji Drini je pri tem odpadla rešitev z veliko akumulacijsko hidroelektrarno Dubravico in to zaradi velikih problemov okoli potopitve gosto naseljenih področij. Predlagana je rešitev z dvostopenjsko izrabo približno istega padca. V vozlišču Ščepan polje so predlagane akumulacijske hidroelektrarne Buk Bijela in Bijeli Brijeg, ki bi skupno z že obstoječo hidroelektrarno Mratinje (Piva) dale možnost za ekonomsko izrabo padca Drine do sotočja s Savo v desetih več ali manj pretočnih hidroelektrarnah. Poskrbljeno bi bilo za zadostno ublažitev poplavnih valov ter zagotovljene optimalne možnosti namakanja 335.650 ha v Mačvi, Semberiji, Sremu ter Bosanski in Srbski Posavini. Dodatno bo možno 10 m³/s vode prevesti v porečje reke Bosne za industrijski razvoj Sarajevskega bazena, 14 m³/s za podobne potrebe tuzlanskega področja ter 10 m³/s vode napeljati proti Beogradu za preskrbo s pitno vodo. Za te efekte bo potrebno angažirati 229 milijonov m³ sicer energetskih akumulacij v mesecih julij in avgust, za potrebe namakanja, ker bi čisto energetski obrat akumulacij omogočil namakanje samo 168.000 ha. Končno je omogočena popolna zaščita področja spodnje Drine od poplav, dosežena ustavitev erozije obal Drine in zagotovljena plovba po spodnji Drini za eksploatacijo neomejenih količin rečnega gramozja. Obravnavan je val visoke vode s povratno dobo 500 let in doseženo zmanjšanje visoke vode na pretok 2500 oz. 3500 m³/s pri čemer znaša potreben retenzijski prostor v akumulacijah 600 odnosno 350 milijonov kubičnih metrov.

Poseben del obdelave je bil posvečen orientacijski kvantifikaciji vplivov akumulacijskih bazenov na moč in proizvodnjo nizvodnih hidroelektrarn, kar naj bi omogočilo primerno razdelitev velikih investicij za gradnjo akumulacijskih hidroelektrarn. Hidroelektrarna Mratinje, ki že obratuje, ter hidroelektrarne Buk Bijela in Bijeli Brijeg ležijo namreč preteženo na ozemlju Črne gore, medtem ko so potencialni koristniki izravnanih vod na ozemlju BiH in Srbije. Gradnja teh akumulacij je tudi vezana na potopitev večjega dela kanjona Tare, ki ga smatrajo kot enega najlepših naravnih lepot Evrope. Kvantificirani so bili tudi negativni vplivi, do katerih pride na drinskih hidroelektrarnah po derivaciji 22 m³/s v Moračo. Postavljeni so tudi pogoji za tako prevajanje vode. Zahtevana je polna kompenzacija za izgubljene energetske efekte na drinskih hidroelektrarnah z dobavami moči in energije s strani koristnika teh vod na hidroelektrarnah na Morači. Poleg tega je zahtevano, da se vnaprej zgradita hidroelektrarni Buk Bijela in Bijeli Brijeg in da se s prevajanjem vode v ničemer ne ogrozi normalni razvoj izkoriščanja vodnih virov v prirodnem

toku Drine. Prevajanje se odobrava za 30 let, nakar se ta soglasnost revidira in lahko v celoti ali delno podaljša na naslednjih 5 do 10 let. Če bi že v času do take revizije prišlo do deficitov na vodi povzročenih s prevajanjem, bo moral koristnik pokriti take deficite brez nadomestila in to do prirodnih pretokov Tare na mestu odvzemanja. Pogoji so torej zelo ostri, tako da bo moral kristnik prevajanja dobro proučiti vse možnosti perspektivnega obratovanja hidroelektrarn na Morači do možnosti popolne ustavitve koncesije. Take možnosti so že deloma preučene in je na glavni elektrarni Koštanica predvidena podvojitev instalacije z reverzibilnimi agregati, naprava pa že v začetni fazi obratovanja razpolaga tudi z vodo iz gravitacijskih dovodov iz lastnega padavinskega področja Morače. Po izteku koncesije in že pred tem rokom pa bodo ostali koristniki vode razpolagali z možnostjo pokrivanja deficitov na vodi iz akumulacije hidroelektrarne Koštanica s koristno vsebino 200 milijonov m³, pri kateri se bo že v pri fazi gradnje predvidela možnost podvojitve te prostornine.

V elaboratu so končno obravnavani družbe-

noekonomski ukrepi za stimuliranje izgradnje predlaganega sistema hidroelektrarn. Analizirane so možnosti financiranja take izgradnje, možnost izmenjave energije, možnosti skupnih vlaganj ter predplačila na dobave električne energije itd. Pri kazane so negativne strani parcialnega pristopa k izgradnji ter poudarjena potreba enotnega koncepta izkoriščanja hidroenergetskega potenciala. Medrepubliški družbeni dogovor bi moralispremljatiustrezni predpisi o prostorski namembnosti akumulacijskih bazenov in ukrepah za zagotovitev izgradnje, sistematski odkupi zemljišč in gradbenih objektov in preseljevanje prebivalstva, usklajenagradnjano-vih komunikacij, sprejemanje samoupravnih sporazumov o enotnem režimu obratovanja hidroelektrarn in akumulacijskih bazenov, o načinu ugotavljanja učinkov, medsebojnih vplivov in načinu delitve učinkov itd. V elaboratu so analizirani tudi pravni pogledi predlaganih rešitev v zvezi z določili nove ustave SFRJ, zakonov o osnovah režima vod in možnostih dogovarjanja zaneresiranih republik o financiranju in gradnji vodnogospodarskih in drugih objektov na Drini in Morači.

UDK 622.5 (Drina—Morača)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

ŠT. 8-9, STR. 174—176

Valentin Kovač:

VODNOGOSPODARSKA UREDITEV PODROČJA DRINE IN MORAČE

Za pripravo družbenega dogovora o kompleksnem izkoriščanju vode porečja rek Drine in Morače je bila v 1976. letu pripravljena posebna dokumentacija kot dopolnilo že poprej izdelanega Osnovnega projekta in Vodnogospodarske osnove.

Dopolnilna dokumentacija je imela nalogo posebno osvetliti nova spoznanja o možnostih izkoriščanja na vodi bogatega porečja Drine za preskrbo z vodo sosednih sušnejših predelov reke Bosne, Spreče in Kolubare, dalje bosanske in srbske Posavine in Srema za potrebe industrije in poljedelstva ter širšega področja mesta Beograd za preskrbo s pitno vodo. Posebno so prikazane rešitve možnih akumulacij vode v srednjem delu Drine, upravičenost gradnje hidroelektrarne Bijeli Brijeg z ozirom na povezanost z delno potopitvijo znane kanjona reke Tare ter koristi in posledice od prevajanja vode gornje Tare za potrebe aktiviranja hidroenergetskega potenciala reke Morače.

UDK 622.5 (Drina—Morača)

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1976 (25)

NR. 8-9, PP. 174—176

Valentin Kovač:

DRINA AND MORAČA RIVER DEVELOPMENT OF WATER RESOURCES

In order to give the basic information for the preparation of the Social Compact on the overall water resources development of the Drina and Morača River Basin, a special study was prepared in 1976 as a supplement to the previous studies and reports.

According to the presented conclusions water could be diverted from the Drina River catchment area to the adjacent areas lacking of precipitation, the Bosna, Spreča and Kolubara River basins, the Bosnian and Serbian Sava River banks, mostly for industrial and irrigation purposes and for the region of Belgrade for drinking water requirements. Presented are the projects for irrigation and flood control reservoirs in the Drina River middle areas. The problems on the opportunity of the Bijeli Brijeg reservoir development on the Tara River, connected with flooding of a large part of the famous Tara canyon, as well as the benefits and consequences of an upper Tara diversion to the Morača River for hydroelectric power development, are being discussed.

Podne obloge kot zaščita betona

Večina betonskih tal ne dosega take kvalitete, da bi prenesla vse obremenitve, katerim so tla pri obratovanju izpostavljena. Na zunaj je površina videti solidna, je gladka in enakomerna, vendar se kmalu pod obratovalnimi pogoji pokažejo pomanjkljivosti. Velikokrat površina betona ni dovolj odporna proti obrabi in se prične drobiti. Nastane prah, ki je posebno škodljiv tam, kjer so v prostoru nameščeni precizni aparati. Izrabljena mesta spremene barvo in površina postane neenakomerna. Zaradi poroznosti betona se ta navzame umazanije ali pa se poškoduje zaradi agresivnih snovi npr. raznih čistilnih sredstev, kislin, olj, itn.

Najstarejši primer izboljšanja površine betona, tako glede boljše odpornosti, predvsem pa zaradi lepšega videza, je teraco obloga. Zgornja plast trde, ampak krhke teraco obloge je ločena od podloge. Obloga plava na peščeni podlagi in ločilna plast prevzema vse premike tako, da se prevleka ne more poškodovati (razpokati) pri premiku ali delovanju podloge.

Enako izboljšavo površine želimo doseči z nanašanjem umetnih snovi na površino betona:

- poveča naj se odpornost proti obrabi,
- prepreči naj se prašenje površine,
- doseže kemijska odpornost,
- prepreči vpijanje tekočin, in
- doseže gladka in dekorativna površina.

To so običajno primarne zahteve, ki so v vseh primerih v ospredju. Večkrat pa želimo z oblogo doseči tudi posebne lastnosti kot je npr. prevodnost poda za odstranitev statične elektrike ali npr. mehke obloge za telovadnice in podobno.

UPORABNOST UMETNIH SNOVI ZA OBLOGE

Kot vemo, imamo na razpolago veliko izbiri umetnih snovi, ki jih lahko nanašamo na betonske površine. Odvisno od zahtev in od pogojev pri obratovanju iz-

beremo najprimernejšo obliko. Za tako izbiro pa moramo vsaj površno poznati vrste in lastnosti umetnih snovi.

Omejil se bom na obdelavo betonskih površin s tekočimi snovmi, ker bi bil opis uporabe predfabriciranih oblog, kot so azbestvinilne plošče, topli podi, podolit in filcane obloge, preširok.

Za zaščito betona uporabljamo naslednje vrste umetnih snovi:

1. Termoplasti

Termoplaste, pripravljene za zaščito betona, dobimo raztopljene v topilih ali kot vodne disperzije. Najpogostejše so to akrilati ali kopolimerizati akrilatov. Nanosi so tanki kot pri nanašanju barv. Z njimi dosežemo predvsem dekorativne efekte in povečano kemijsko odpornost površin. V gradbeništvu jim uporabljamo predvsem kot barve za beton, ali pa pri sanacijah vidnih betonskih površin, kjer se pojavijo na površini madeži rje betonskega železa. Proti obrabi taki nanosi niso posebno odporni.

2. Elastomeri

Elastomeri so prav tako za uporabo pripravljeni v raztopinah. Redkejši so čisti elastomeri brez topil, razen v primerih, kjer želimo doseči mehke in debele prevleke ali pa želimo povezati betonske dele z elastično povezavo. Kot primer je obdelava fug ali pri sanacijah razpok v betonu. Predstavniki elastomernih umetnih snovi v topilih so kloroprenski kavčuk, klorosulfurirani polietilen, brez topil pa npr. polisulfidni kavčuk, poliuretani in akrilati.

3. Duroplasti

Duroplasti se uporabljajo za impregnacijo ali za barve v sistemih s topili. Za nanašanje debelejših plasti na beton, za lepljenje betona ali za umetni beton se uporabljajo sistemi brez topil.

Prva dva predstavnika duroplastov ali reaktivnih umetnih snovi sta poliuretanska in epoksidna smola, ki strujeta po mehanizmu poliadicije.

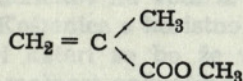
Poliestri in poliakrilati, ki vsebujejo v makromolekuli dvojne vezi in se nenasičeni strjujejo s polimerizacijsko reakcijo, ki jo sprožimo z dodatkom katalizatorja.

Zaradi enostavnega nanašanja na beton in nanašanja v poljubno debelih slojih z doseganjem visokih mehanskih lastnosti, se največ uporabljajo za zaščito betona duroplasti, zato bom opisal lastnosti posameznih predstavnikov bolj natančno.

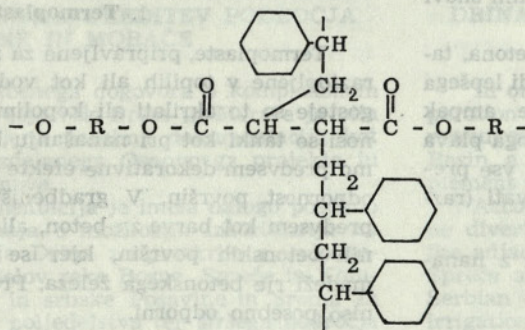
3.1. Akrilne smole

Reaktivne akrilne smole še niso dolgo v uporabi za ščitenje betona. Zaradi nekaterih nezaželenih lastnosti, kot so visoki skrčki in hitro, včasih skoraj nekontrolirano strjevanje, se do danes niso popolnoma uveljavile v praksi.

Osnovna komponenta je metilmetakrilat



Akrlatne smole so srednje ali nizko viskozni poliestri na akrilatni osnovi, ki vsebujejo dvojne nenasičene vezi. Viskozna akrilatna smola je raztopljena v monomernem metilmetakrilatu. Pri dodatku peroksida kot katalizatorja se sproži reakcija polimerizacije. Strjevanje poteka izredno hitro, zato pride do velikih napetosti v oblogi in do velikih skrčkov, ki dosežejo celo 12 % vrednost.

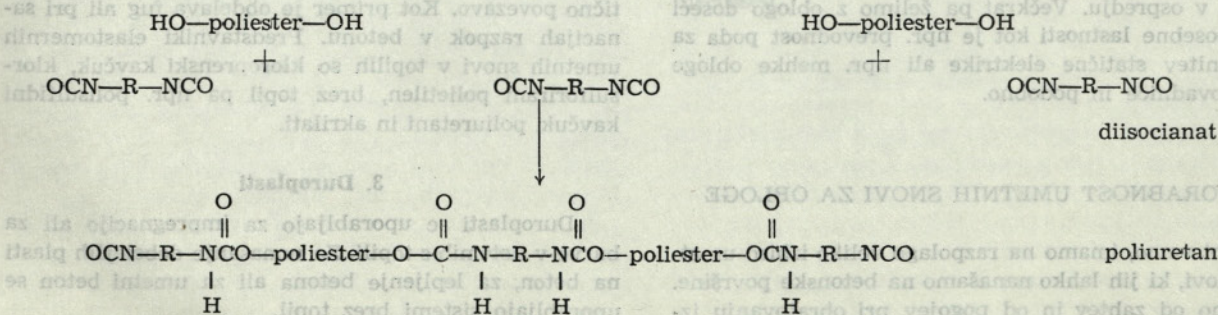


maleinska kislina

stiren

3.3. Poliuretani

Poliuretani so proizvod reakcije med poliizocianati in prostimi hidroksilnimi skupinami, ki jih vsebuje poliestrska ali polieterska komponenta. Reakcijo strjevanja



Zaradi te slabe strani so se pojavili na tržišču novi proizvodi v obliki prahu. Prah, ki je pakiran v vrečah kot cement, je sestavljen iz dobro osušenega kremenčevega peska kot polnila, finega prahu trdnega kopoli-metilmetakrilata in prav tako prašnatega aktivatorja polimerizacije. Na gradbišču se tej zmesi v prahu doda tekoči nizko viskozni monomer. Pri tem ni toliko važno razmerje enega dela do drugega, ampak se tekočine doda toliko, da se doseže pasta in je delo pri razprostiranju obloge čim lažje. Tekoči monomer pri mešanju raztopi ali nabrekne polimer in nato zatrdi ob prisotnosti aktivatorja, ki je prav tako topen v monomeru.

Delo s tako pripravljenimi polproizvodi je mnogo enostavnejše, čeprav so časi strjevanja še vedno kratki in znašajo od 10 do 25 minut. Tudi skrčki so zaradi visoke vsebnosti polnil zreducirani na minimum.

3.2 Nenasičene poliestrske smole

Nenasičeni poliestri, ki so proizvod esterifikacije zmesi nasičenih in nenasičenih dikarbonskih kislin z divalentnimi alkoholi, so raztopljeni v tekočem monomeru — stirenu. Strjevalni polimerizacijski proces se aktivira s katalizatorjem — peroksidom. Reakcija poteka na enak način kot pri akrilatnih smolah. Slabe strani so zopet visoki skrčki, hitro strjevanje in poleg tega še slaba obstojnost v alkalijah. Poliester, položen na alkalno podlago kot beton ali azbest cement, se lahko umili. Z uporabo posebnih tipov poliestrov je ta neprijetnost sicer odpravljena, ostanejo pa težave pri polaganju zaradi hitrega strjevanja, posebno pri visokih temperaturah.

nja zaradi povezovanja ene molekule z drugo imenujemo poliadicija.

Primer prikazuje način strjevanja poliuretana:

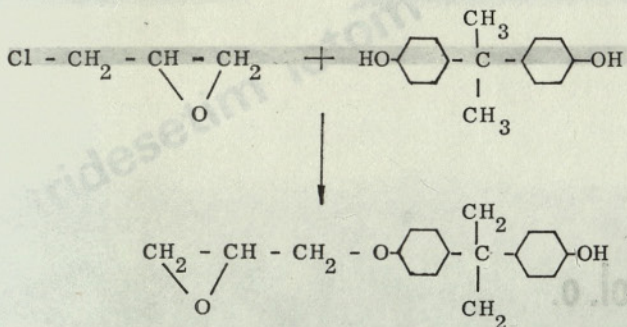
Reakcija ni verižna, ampak postopna, ker reagira z vsako molekulo poliestra molekula izocianata. Za potek reakcije je potrebna energija, zato ohladitev prekine strjevanje. Pri ponovnem zvišanju temperature reakcija poteka naprej. Napetosti v oblogi so zaradi počasne reakcije strjevanja majhne in prav tako je krčenje nizko. Volumsko krčenje znaša ca. 3 %.

Razmerja mešanja posameznih komponent se moramo držati dokaj natančno. Pri prekoračenju stehiometrične količine poliizocianata dobimo bolj trde proizvode z višjo kemično odpornostjo, in obratno, pri nižji količini bolj elastične in proti kemikalijam manj odporne proizvode.

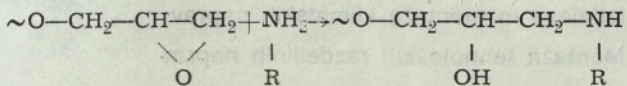
Slaba stran poliuretanskih umetnih snovi je visoka občutljivost na vlažne materiale, tako na polnila kot tudi na vlažno betonsko podlogo, ki jo želimo zaščititi. Polizocianati ne reagirajo namreč samo s hidroksilno grupo poliestra, ampak tudi s hidroksilno grupo v vodi. Pri reakciji nastanejo amini in CO_2 , ki tvori v oblogi mehurčke. Če uporabimo kot polnilo vlažen material, je obloga nato porozna in manj odporna. Če pa nanašamo poliuretansko umetno snov na vlažno betonsko površino, ne dosežemo dobre oprijemljivosti. Obloga se kmalu odluči.

3.4. Epoksidne smole

Epoksidne smole so zamreženi produkti verigastih spojin, ki nastanejo pri reakciji apiklorhidrina z difenoli.



Epoksidna grupa nato reagira z aminom



Za to adicijsko reakcijo strjevanje epoksidne smole velja enako kot pri poliuretanih; skrčki so nizki in reakcija strjevanja počasna.

Prednost epoksidov pred poliuretani in poliestri je tudi ta, da so izhodne smole pri epoksidih nizko molekularne. Iz tega sledi, da je penetracija v beton boljša, kar je pogoj za dobro povezavo obloge s podlago. Epoksidne smole so tudi mnogo manj občutljive na prisotnost vlage. Visoko so odporne proti vplivu alkalij, kar jim zopet daje neko prednost pred ostalimi proizvodi.

Umetna snov za oblogo	Strjevalni mehanizem	Vol. skrčki (%)	Vpliv vlage
akrilati	polimerizacija	6—12	velik
poliestri	polimerizacija	8—12	velik
poliuretan	poliadicija	2—4	velik
epoksidi	poliadicija	2—4	nizek

Zaradi dobrih lastnosti pri predelavi in dobrih mehanskih lastnosti se je uporaba epoksidnih smol najbolj razmahnila. Uporabljajo se v sistemih s topili in v sistemih brez topil. Epoksidni proizvodi, ki vsebujejo topila, so nizkoviskozni, imajo boljši čas predelave in tudi čas strjevanja nanosa je relativno dolg.

Nanašanje na beton je zaradi nizke viskoznosti enostavno, vendar so nanosi tanki in so zato običajno potrebni trije nanosi z vmesnim časom vsaj 24 ur, da topila izhlape iz predhodnega nanosa. V sestavi s topili se uporabljajo epoksidne smole z visoko molekularno težo, zaradi česar so nanosi odpornejši proti topilom.

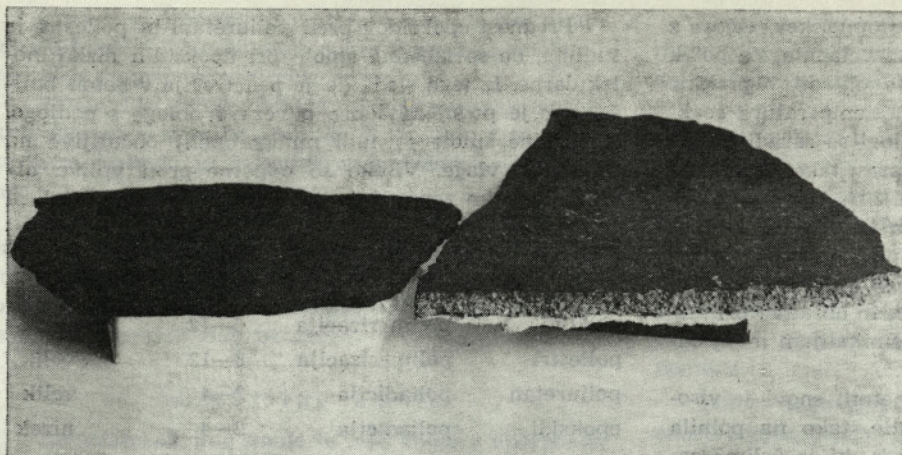
Sistemi brez topil so proti topilom manj odporni. So mnogo bolj reaktivni in je njihov predelovalni čas krajši. Zaradi višje viskoznosti in krajšega predelovalnega časa je nanašanje nekoliko težavnejše. Z enim nanosom epoksidne smole brez topil se dosežejo debelejši sloji, s čimer se delo skrajša, poleg tega pa ni neprijetnih hlapov topil. Zaradi vsestranske in naraščajoče uporabe epoksidnih nanosov podajamo nekaj lastnosti tovrstnih oblog.

MEHANSKE LASTNOSTI

Pri preizkusih mehanskih trdnosti epoksidnih smol, to je tlačni trdnosti, upogibu in natezni trdnosti dosegamo vrednosti, ki so precej višje od vrednosti za beton. Odvisno od granulacijske sestave polnil in razmerja mešanja dosegamo tlačne trdnosti nad 1000 kp/cm^2 pri mešalnem razmerju 1 : 4. Pri višjih mešalnih razmerjih kot npr. 1 : 8 in več dosegamo visoke tlačne trdnosti, padajo pa druge lastnosti, ki so celo važnejše. Pri izdelavi oblog želimo doseči visoko žilavost in elastičnost.

Epoksidne malte

Polnjenje		Čista smola	1 : 3	1 : 9	1 : 15
vsebnost veziva	%	100	25	10	6,25
tlačna trdnost	kp/cm ²	800	900	1.000	1.000
upogibna trdnost	kp/cm ²	400	350	350	350
E modul	kp/cm ²	30.000	97.000	250.000	335.000
toplotni razteznostni koeficient	°C ⁻¹ · 10 ⁻⁶	70	29	19	15



Sl. 1. Epoksidna obloga na nepripravljeni betonski površini

V praksi so se taki nanosi dobro obnesli tako pri mehanskih obremenitvah, kot tudi pri hitrih spremembah temperature.

STARANJE EPOKSIDNIH NANOSOV

Pri preizkusih staranja, to je pri cikličnih obremenitvah preizkušancev pri nizkih temperaturah do -20°C in visokih temperaturah do $+70^{\circ}\text{C}$ ter istovremnem obsevanju z UV žarki, se mehanske lastnosti

le malenkostno spremenijo. Površina preizkušancev postane pod vplivom UV žarkov motna. Razgradnja pa je le površinska in ne vpliva na mehanske lastnosti. Pri cdležavanju preizkušancev v vodi se mehanske trdnosti še najbolj znižajo — odvisno od uporabljene epoksidne smole. Znižanje je malenkostno in nebitveno predvsem zato, ker so lastnosti še vedno višje kot jih ima podložni beton.

(Se nadaljuje)

Janez Kržan, dipl. ing.



**INDUSTRIJSKO
MONTAŽNO
PODJETJE-LJUBLJANA, n. sol. o.**

Predmet poslovanja:

Inženiring kompletnih objektov

Projektiranje instalacij za ogrevanje, prezračevanje, klimatizacijo, vodovod in sanitarije

Projektiranje elektroenergetskih objektov, elektro-naprav in instalacij jakega in šibkega toka

Projektiranje avtomatskih regulacij za energetske in klima naprave

Instaliranje vodovodnih in sanitarnih naprav

Montaža ogrevalnih in hladilnih naprav

Montaža plinskih vodov in naprav

Izgradnja energetskih objektov, montaža kotlarn, kompresorskih postaj, hladilnih central, transformatorskih, elektrorazdelilnih in črpalnih postaj

Izdelava in montaža klimatskih naprav

Montaža tehnoloških razdelilnih naprav

Toplotne izolacije

Elektroinstalacije jakega in šibkega toka

Proizvodnja termoenergetske opreme

Proizvodnja elektroopreme, izdelava elementov za avtomatizacijo in visokofrekvenčno telekomunikacijo

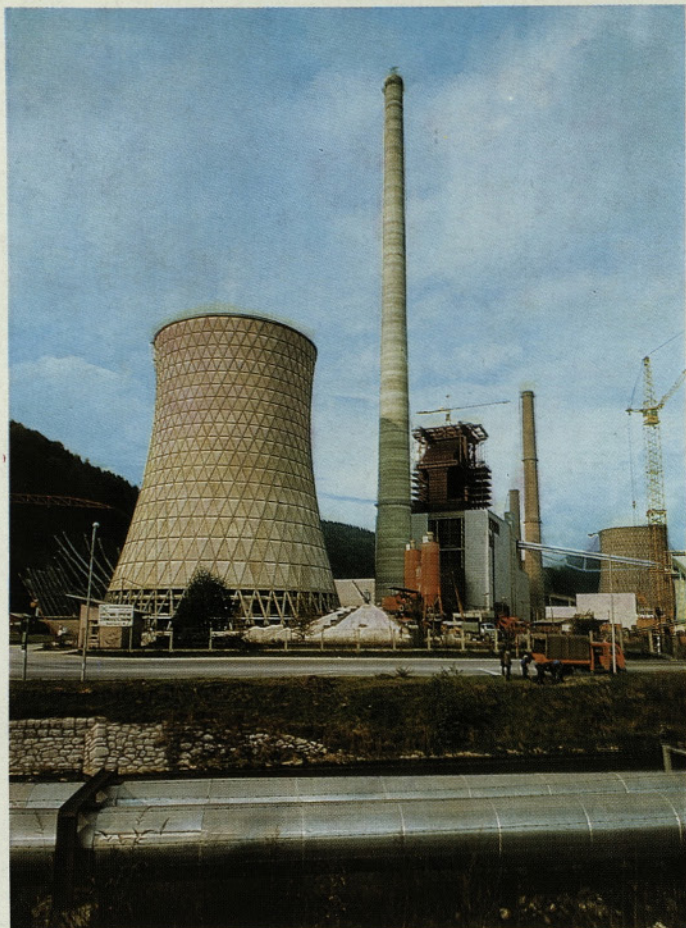
Izvajanje investicijskih del v inozemstvu

Livarna sive litine in barvnih zlitin

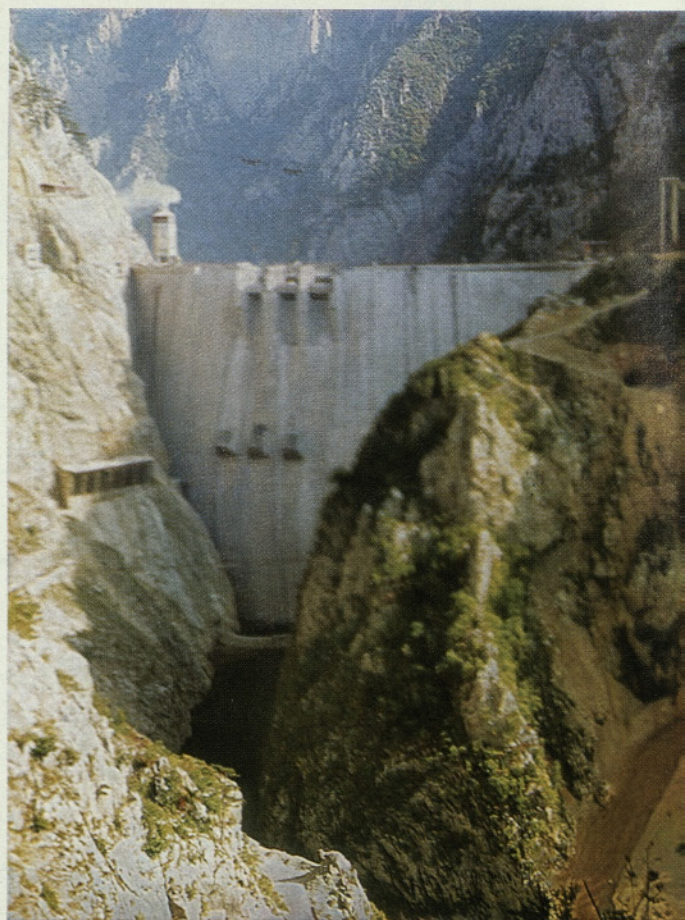
tridesetim letom zaupanja v gradbeništvo je ime pionir



NOVO MESTO
68000 novo mesto
kettejov drevored 37
telefon 21.826
telex 33716



Termoelektrarna Šoštanj
faza IV
projekt IBE Ljubljana



Hidroelektrarna Piva
projekt IBE Ljubljana
in Energoprojekt Beograd