

KONTRAFORNE BRANE



A. OPŠTE KARAKTERISTIKE I PODELA

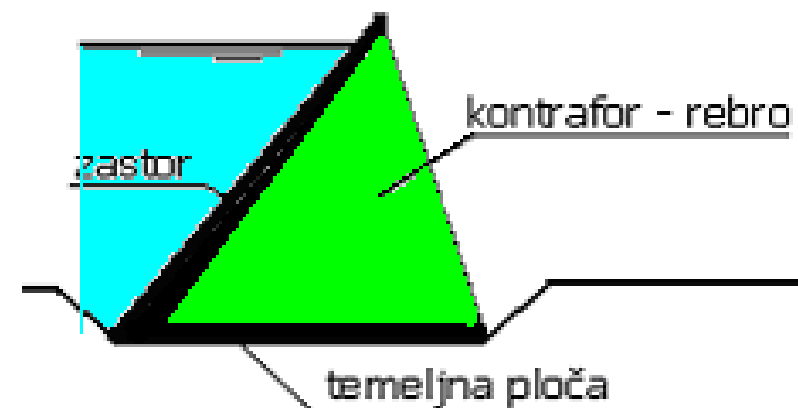
<p>OSNOVNI ELEMENTI KONTRAFORNIH BRANA:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - UZVODNI ZASTOR; - REBRO ILI KONTRAFOR; - TEMELJNA PLOČA.
<ul style="list-style-type: none"> • KONTRAFORNA BRANA PRIMA PRITISAK VODE PREKO ZASTORA. ZASTOR PRENOSI PRITISAK VODE NA KONTRAFORE, A KONTRAFORI PREKO TEMELJNE PLOČE PRENOSE NA FUNDAMENT • <u>IDEJA PROJEKTOVANJA KONTRAFORNIH BRANA POLAZI OD ČINJENICE DA SU NAPONI U SREDINI GRAVITACIONIH BRANA NEISKORIŠĆENI.</u> • <u>DILATACIJE GRAVITACIONIH BRANA SU POSTEPENO PROŠIRIVANE I STVORENI SU TIPOVI KOJI SU PRIKAZANI NA (SL. 6.2.)</u> 	

PREMA TIPU ELEMENTA ZA ZADRŽAVANJE VODE TJ. PREMA TIPU ZASTORA RAZLIKUJEMO:

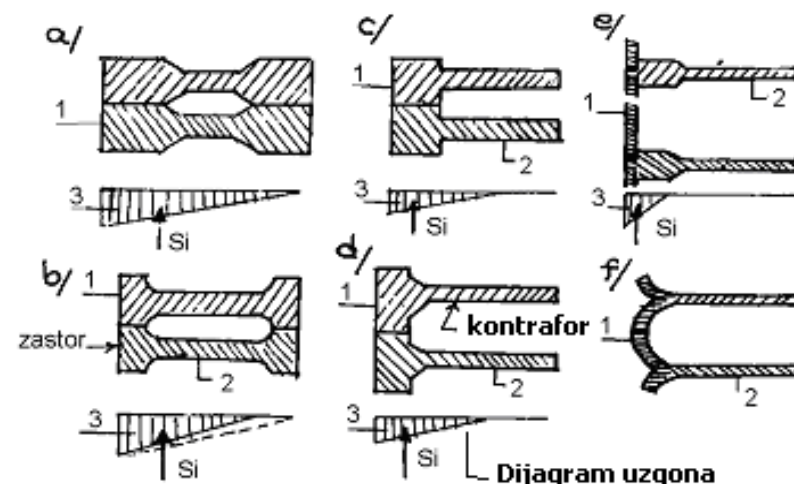
- OLAKŠANE BRANE (a,b);
- KONTRAFORNE BRANE **TIPA PEČURKE** (c,d);
- KONTRAFORNE BRANE **SA RAVNOM PLOČOM** OD ARM. BETONA (e)
- KONTRAFORNE BRANE **SA LUČNIM ZASTOROM** (f);
- **KUPOLNE** KONTRAFORNE BRANE.

PREMA **TIPU KONTRAFORA** BRANE DELIMO NA:

- BRANE SA MASIVNIM KONTRAFOROM,
- BRANE SA TANKIM KONTRAFOROM.

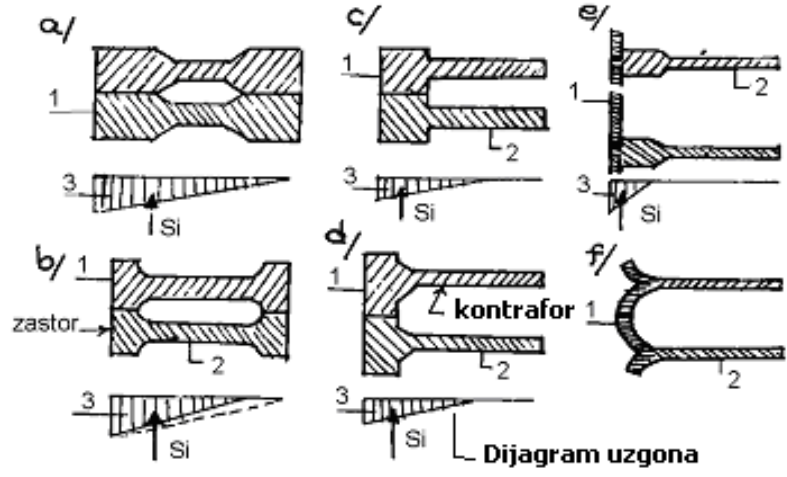
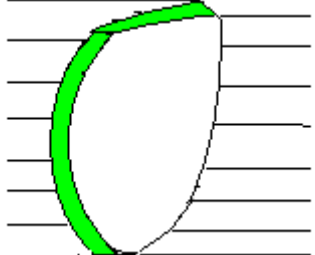


SL. 6.1. ELEMENTI KONTRAFORNE BRANE.



Sl.6.2. Šema tipova kontrafornih brana:

a – sa šupljinama; b – olakšane; c – sa masivnim kontraforima; d – sa kontraforima tipa pečurke; e – sa pločom od armiranog betona; f – višelučne brane

<p>OLAKŠANE BRANE</p>	<p>ŠUPLJINE U TELU BRANE ZATVORENE SU SA UZVODNE I NIZVODNE STRANE SL.6.2,a i b.</p>	 <p>Sl.6.2. Šema tipova kontrafornih brana:</p> <p>a – sa šupljinama; b – olakšane; c – sa masivnim kontraforima; d – sa kontraforima tipa pečurke; e – sa pločom od armiranog betona; f – višelučne brane</p>
<p>KONTRAFORNE BRANE TIP A PEČURKE</p>	<p>TVORAC JE NÖTZLI.</p> <ul style="list-style-type: none"> - PROŠIRIVAO JE VERTIKALNE DILATACIJE - NIZVODNIM OTVARANJEM STVORIO JE KONTRAFORNE TIP A PEČURKE - GLAVA KONTRAFORA JE MASIVNA I RADI KAO KONZOLA (SL.6.2, c i d) 	
<p>KONTRAFORNE BRANE SA RAVNOM UZVODNOM PLOČOM OD ARMIRANOG BETONA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - U ŽELJI SMANJENJA KOLIČINA BETONA, - RAZMAK KONTRAFORA SE SVE VIŠE POVEĆAVAO, - ZASTOR JE IMAO SVE VEĆU DEBLJINU. - ZASTOR, STATIČKI RADI KAO PLOČA (MASIVNA ILI TANKA) (e) 	
<p>KONTRAFORNE BRANE SA LUČNIM ZASTOROM</p>	<ul style="list-style-type: none"> - IMAJU VELIKI RAZMAK KONTRAFORA. - LUČNI ZASTOR SMANJUJE DEBLJINU PLOČE. - LUČNI ZASTOR ISKLJUČUJE ZATEZANJA U PLOČI ILI SU ONA VRLO MALA (NIJE POTREBNO ARMIRANJE). - NOSI NAZIV VIŠELUČNA BRANA (f) 	
<p>KUPOLNA KONTRAFORNA BRANA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - RAZMAK KONTRAFORA JE VRLO VELIKI - ZASTOR JE KUPOLA SA HORIZONTALNOM I VERTIKALNOM KRIVINOM. - SMANJUJE SE DEBLJINA LJSKE U NIŽIM DELOVIMA BRANE, - AKTIVIRA SE LUK U VERTIKALNOM I HORIZONTALNOM PRAVCU, - KONTRAFORI SU MASIVNI. 	

KONTRAFORNE BRANE

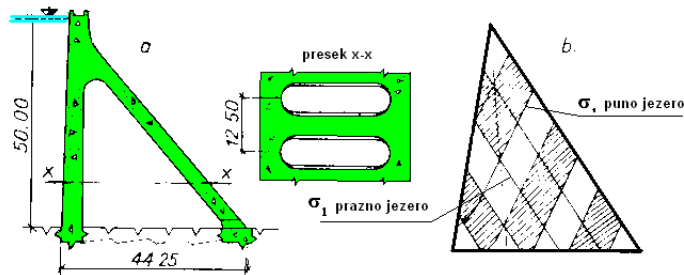
<p><u>PREMA TIPU KONTRAFORA</u> <u>KONTRAFORNE BRANE DELIMO NA:</u></p>	<p>❖ BRANE SA MASIVNIM KONTRAFOROM,</p>	<ul style="list-style-type: none"> • KONTRAFOR SE IZVODI OD BETONA ILI KAMENA
	<p>❖ BRANE SA TANKIM KONTRAFOROM.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • KONTRAFOR SE IZVODI OD BETONA ILI ARMIRANOG BETONA
<p>STABILNOST KONTRAFORNIH BRANA SE POSTIŽE:</p> 	<p>❖ <u>PRAVILNIM IZBOROM RAZMAKA KONTRAFORA</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • BIRA SE RAZMAK KONTRAFORA KOJI NEĆE IZAZVATI VEĆE NAPONE NA KONTAKTU BETON - STENA OD DOZVOLJENIH.
	<p>❖ <u>PRAVILNIM IZBOROM NAGIBA UZVODNOG LICA KONTRAFORA</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • POVEĆAVA SE VERTIKALNA KOMONENTA VODE I POVEĆAVA STABILNOST BRANE <u>NA KLIZANJE</u>.
	<p>❖ <u>SMANJENJEM UZGONA</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • UTIČE SE NA SMANJENJE TEŽINE UGRAĐENOG BETONA (NE RADI SE TEMELJNA PLOČA).

B. OLAKŠANE KONTRAFORNE BRANE

1. PRVE VARIJANTE KONTRAFORNIH BRANA

➤ DA BI SE OBEZBEDILA STABILNOST KONTRAFORNIH BRANA NA KLIZANJE I POVEĆALA UŠTEDA U BETONU, ŠUPLJINE U TELU BRANE BILE SU ISPUNJENE ŠLJUNKOM KAO NA SL. 6.3.A.

➤ 1900 G. **FIGARI** DAJE OSNOVE MODERNIH KONTRAFORNIH BRANA.



REŠENJE FIGARI

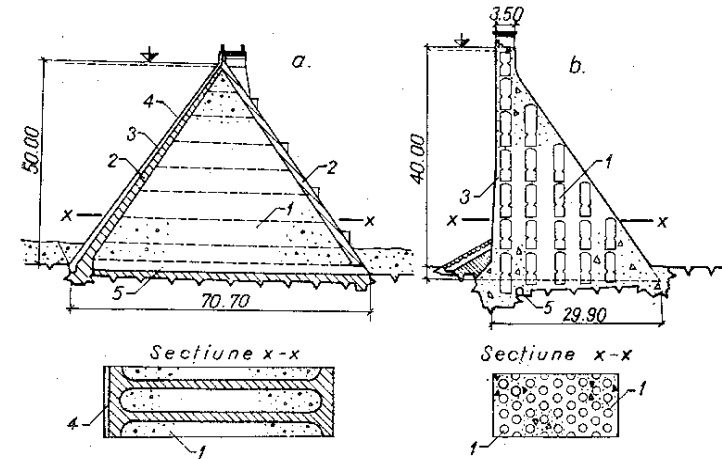
➤ 1935 G. **STUKI** PRIMENJUJE OVU IDEJU U OKVIRU GRADNJE BRANE **DIXANS** U ŠVAJCARSKOJ.

➤ KARAKTERISTIKE PREDLOGA FIGARI SU SLEDEĆE:

- ŠUPLJINA U SREDNJEM DELU BRANE PRODUŽENA JE DO POVRŠINE FUNDAMENTA;
- ZONA ŠUPLJINA JE ODREĐENA NA OSNOVU LINIJA JEDNAKIH GLAVNIH NAPONA ZA PUN I PRAZAN BASEN.

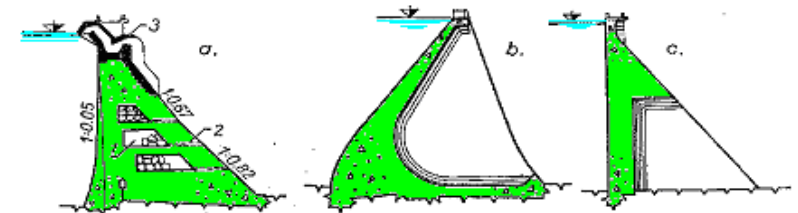
➤ **FIGARI** – JEVOM REŠENJU NAJBLIŽA DANAŠNJA REŠENJA SU:

- BRANE **ZEBRINA** (1922-1924), **ZIGLEROVO** (1925.) I **KELENOVO** (1931.)



Sl.6.3. Rešenja olakšanih brana:

a – predlog **Pokorny i Riply**; b – predlog **Gutzwiler**; 1 – ispuna; 2 – kameni zid; 3 – beton; 4 – torkret; 5 – drenažne galerije.



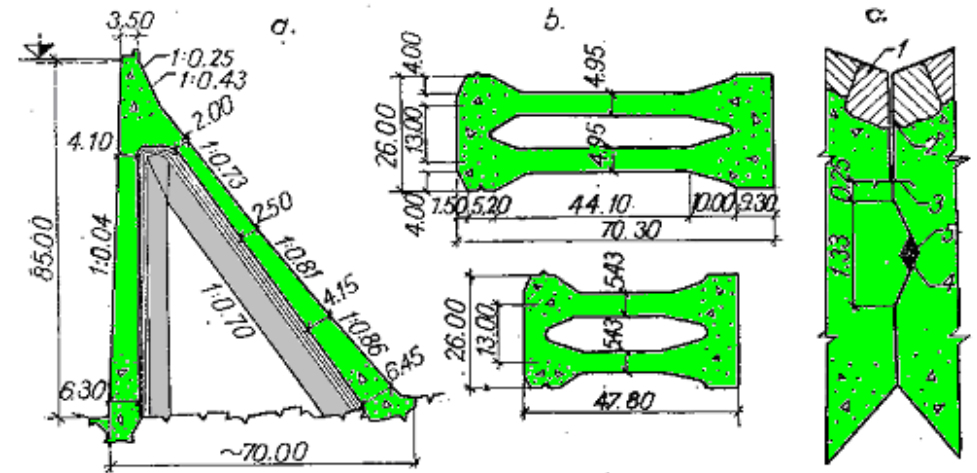
Sl.6.4. Rešenja olakšanja:

a – brana **Zebrino**; 1 – lomljeni kamen; 2 – barbakane; b – predlog **Ziegler**; c – predlog **Kelen**.

➤ **BRANA DIKSANS (1935) SAGRAĐENA JE PO PROJEKTU STUCY I PREDSTAVLJA PRVO ZNČAJNO REŠENJE IZ DOMENA OLAKŠANIH BRANA:**

- BRANA JE VISOKA 80 m,
- DUŽINA U KRUNI JE 450 m,
- ŠUPLJINE U BRANI SE NE VIDE SA NIZVODNE STRANE. ZATVORENE SU SA NIZVODNOM PLOČOM KAKO BI KONTRAFORI BILI ZAŠTIĆENI OD DEJSTVA LEDA;
- BRANA SE NALAZI NA KOTI 2240 m U ALPIMA;
- U JESEN 1975 G. **OVA BRANA JE POTOPLJENA JEZEROM KOJE JE STVORENO IZGRADNOM BRANE GRAND DIKSANS:**

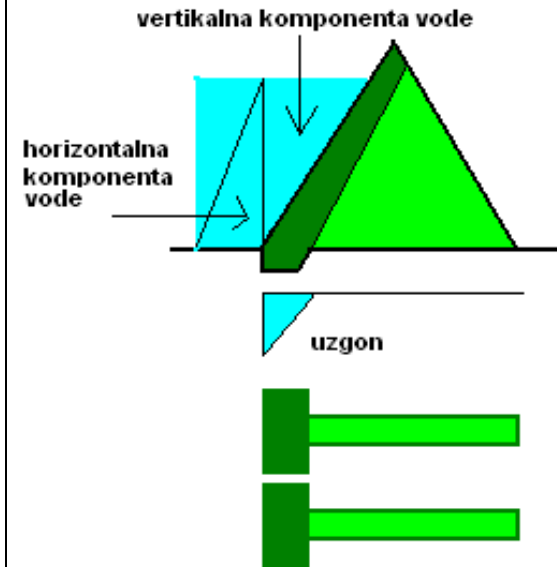
➤ VISINA BRANE GRAND DIKSANS JE 284 m, LOCIRANA JE NIZVODNO OD BRANE DIKSANS.



2. PREDNOSTI I NEDOSTACI OLAKŠANIH KONTRAFORNIH BRANA U ODNOSU NA GRAVITACIONE BRANE

➤ PREDNOSTI

1. **OPTEREĆENJE OD UZGONA SE SMANJUJE I POVEĆAVA SE STABILNOST BRANE NA KLIZANJE;**
2. **UZVODNI ZASTOR JE UKLJEŠTEN U STENSKU MASU ŠTO DOPRINOSI POVEĆANJU STABILNOSTI BRANE NA KLIZANJE;**
3. **OMOGUĆUJE LAKŠE HLAĐENJE BETONA PRI UGRAĐIVANJU, ČIME SE SMANJUJE UTICAJ KONTRAKCIJE BETONA I MOGUĆNOST PUCANJA BETONA;**
4. **LAKO SE PRATI PONAŠANJE BRANE PRI EKSPLOATACIJI.**



➤ NEDOSTACI

1. **OPTEREĆENJE OD ZASTORA SE PRENOSI NA KONTRAFOR, A ZATIM NA FUNDAMENT, IZAZIVAJUĆI NA TAJ NAČIN KONCENTRACIJU NAPONA U FUNDAMENTU U PREDELU OSLANJANJA KONTRAFORA.**
2. **FUNDAMENT JE DISKONTINUALNO OPTEREĆEN, ŠTO JE KAO FENOMEN BIO DOSTA NEPOZNAT I NEDOVOLJNO PROUČEN;**
3. **KONTRAFORI NA STRMIM OBALAMA IZAZVAJU U FUNDAMENTU TANGENCIJALNE I TORZIONE NAPONE;**
4. **ZBOG MEĐUSOBNOG UTICAJA KONTRAFORA, U FUNDAMENTU DOLAZI DO SUPERPOZICIJE NAPONA OD SUSEDNIH KONTRAFORA;**
5. **PONAŠANJE CELOG ANSAMBLA KONTRAFORA JE PROBLEMATIČNO POD DEJSTVOM TEMPERATURNIH RAZLIKA I POD DEJSTVOM SEIZMIČKIH SILA.**

3. DIMENZIONISANJE POPREČNOG PRESEKA OLAKŠANIH KONTRAFORNIH BRANA

<p>KRITERIJUMI ZA DIMENZIONISANJE SU ISTI KAO I KOD GRAVITACIONIH BRANA</p>	<p>➤ PRVI USLOV: NAPON NA UZVODNOM LICU TREBA DA BUDE JEDNAK NULI ($\sigma_{uz} = 0$),</p>	
	<p>➤ DRUGI USLOV: BRANA STABILNA NA KLIZANJE, TJ:</p> $\underline{\underline{\text{tg}\varphi < f \text{ ili } k_s \cdot \text{tg}\varphi = f}}$ <p>GDE JE:</p> $\text{tg}\varphi = \frac{\sum H}{\sum V} - \text{KOEFIČIJENT KLIZANJA,}$ <p>f - KOEFICIJENT TRENJA STENA - BETON,</p> <p>k_s - KOEFICIJENT SIGURNOSTI.</p>	
<p>OPTEREĆENJE</p>	<p>KOD DIMENZIONISANJA POPREČNOG PRESEKA UZIMA SE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ OSNOVNO I ○ IZUZETNO OPTEREĆENJE. <p>➤ OSNOVNO OPTEREĆENJE ČINE:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. SOPSTVENA TEŽINA, 2. HIDROSTATIČKI PRITISAK I 3. UZGON. <p>➤ IZUZETNO OPTEREĆENJE ČINI:</p> <ul style="list-style-type: none"> - SEIZMIČKA SILA (KORISTI SE KOD VERIFIKACIJE USVOJENOG POPREČNOG PRESEKA). 	

C. KONTRAFORNE BRANE TIPA PEČURKE

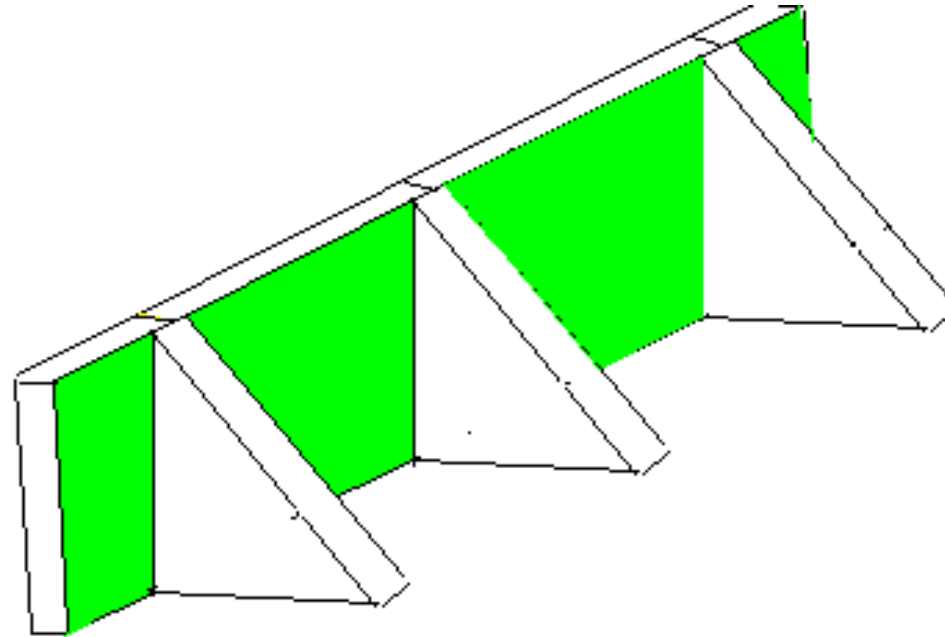
4. KARAKTERISTIKE KONTRAFORNIH BRANA TIPA PEČURKE

<p>KARAKTERISTIKE:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SASTAVLJENE SU OD NEZAVISNIH PEČURKASTIH KONTRAFORA (SL. 6.9.); • NAZIV PEČURKA POTIČE OD OBLIKA KOJI KONTRAFOR IMA U OSNOVI; • KRUŽNI OBLIK KONTURE OMOGUĆUJE RADIJALNO PRENOŠENJE HIDROSTATIČKOG PRITISKA NA KONTRAFOR, BEZ MOGUĆNOSTI POJAVE ZATEZANJA. • KOEFICIJENT OLAKŠANJA OVOG TIPA BRANE JE VELIKI • IZVODE SE OD NEARMIRANOG BETONA • ZBOG LAKŠEG IZVOĐENJA UZVODNO LICE GLAVE KONTRAFORA SE OBLIKUJE POLIGONALNO ZBOG ČEGA SE NEKADA OVAJ TIP NAZIVA KONTRAFOR TIPA DIJAMANT. • TVORAC OVOG TIPA JE NÖTZLI. 	
<p>NÖTZLI NAVODI SLEDEĆE PREDNOST:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <u>REDUKUJE SE UZGON</u> I TIME SE POVEĆAVA STABILNOST BRANE NA KLIZANJE; • LAKO SE PRENOSI TEMPERATURA PRILIKOM <u>HLAĐENJA BETONA</u>; • <u>LAKO SE OSMATRA</u> 	
<p>NEDOSTACI:</p>	<ul style="list-style-type: none"> • IMA MALU PODUŽNU STABILNOST U SLUČAJU DELOVANJA ZEMLJOTRESA. • NA UZVODNOM LICU USLED DEJSTVA TEMPERATURE JAVLJAJU SE U MANJOJ MERI SEKUNDARNI NAPONI ZATEZANJA 	<p>Sl.6.9. Kontrafora brana tipa pečurke: 1- vuta; 2 – dilatacija; 3 – tola.</p>

D. KONTRAFORNE BRANE SA ARMIRANOM BETONSKOM PLOČOM

5. KARAKTERISTIKE BRANA SA ARMIRANO BETONSKOM PLOČOM

- PRVU BRANU OVOG TIPA KONSTRUISAO JE **AMBURSEN 1883G.**
- **OSLANJANJE PLOČA UZVODNOG ZASTORA NA KONTRAFORNE BILO JE PROSTO (PROSTO OSLANJANJE).**
- OD 1903 G. DO DANAS **KONSTRUISANO JE PREKO 400 BRANA** OVOGA TIPA VISINE OD 2 DO 80 m.
- **NAJVEĆU VISINU IMA BRANA ASKABA U ARGENTINI (1943 - 1948).**
- POSLE 1940 G. **RAST OVIH BRANA JE NEŠTO SKROMNIJI** MADA **STOJI ČINJENICA DA SE KOD OVOG TIPA BRANE UGRAĐUJE 1.5 DO 3 PUTA MANJE BETONA U POREĐENJU SA GRAVITACIONOM BRANOM.**
- KOD OVOG TIPA BRANA **VELIKI JE UTROŠAK ARMATURE I**
- **OVAJ TIP JE OSETLJIV NA DEJSTVO ZEMLJOTRESA, ŠTO USTVARI PREDSTAVLJA OSNOVNI NEDOSTATAK OVOG TIPA BRANE.**

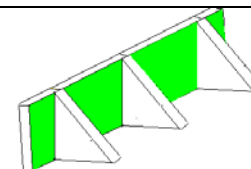


6. RAZMAK KONTRAFORA I DIMENZIJE KONTRAFORA

1. RAZMAK KONTRAFORA

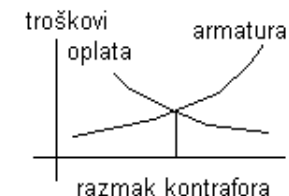
RAZMAK KONTRAFORA UTIČE

- NA OBIM RADOVA,
- NA EKONOMIČNOST KONSTRUKCIJE.



SA POVEĆANJEM RAZMAKA KONTRAFORA

- **RASTE ZAPREMINA UZVODNE PLOČE OD ARMIRANOG BETONA**
- **SMANJUJE SE POVRŠINA BETONA KOJU TREBA OBEZBEDITI OPLATOM**



- **OPTIMALNI RAZMAK KONTRAFORA SLEDI IZ USLOVA MINIMALNIH TROŠKOVA**

RAZMAK KONTRAFORA JE U FUNKCIJI:

- **SREDNJE VISINE BRANE**
- **REŠENJA FUNDAMENTA**
 - **IZOLOVAN FUNDAMENT**
 - **NA TEMELJNOJ PLOČI**
- **POSTOJANJA PRELIVA PREKO BRANE**
- **NAGIBA UZVODNE PLOČE - ZASTORA**
- **GEOLOŠKIH USLOVA**

U PRAKSI VAŽI PRAVILO

- **KOD VIŠLJIH BRANA RAZMAK KONTRAFORA JE VEĆI**
- **KOD NIŽIH BRANA RAZMAK JE MANJI**

RAZMAK KONTRAFORA U SLUČAJU ZDRAVE STENE

SREDNJA VISINA BRANE	RAZMAK KONTRAFORA
15 ... 30 m	4.5 ... 6.0 m
30 ... 45 m	6.0 ... 12.0 m
> 45 m	12.0 ... 15.0 m

POVEĆANJE NAGIBA UZVODNOG LICA POVEĆAVA DUŽINU UZVODNE POLOČE - ZASTORA

E. VIŠELUČNE BRANE

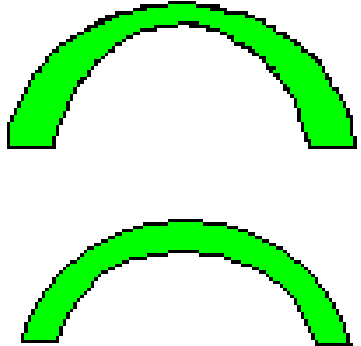
7. OSNOVNE KARAKTERISTIKE VIŠELUČNIH BRANA

<p>KARAKTERISTIKE:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - ZASTOR JE KRUŽNI LUK OD BETONA - LUKOVI SE OSLANJAJU NA KONTRAFORE - LINIJA OSLANJANJA LUKOVA JE NAGNUTA U ODNOSU NA VERTIKALU - RAZMAK KONTRAFORA JE 10 - 20 m - KONTRAFORI PRIMAJU VELIKO OPTEREĆENJE - MASIVNI SU - PRIMENJUJU SE UKOLIKO STENA U FUNDAMENTU IMA DOBRE KARAKTERISTIKE 	
<p>PRVA BRANA OVOG TIPA</p>	<ul style="list-style-type: none"> - BRANA MEER ALLUM IZ 1804-1808., INDIJA - LUKOVI I KONTRAFORI IZVEDENI SU OD BLOKOVA GRANITA - DIMENZIJA BLOKOVA 3 ... 6 m - VISINA BRANE 13,5 m - RAZMAK KONTRAFORA CCA 30 m - PREDSTAVLJA VRLO SMELO REŠENJE 	
<p>PRVE PRINCIPLE ZA PROJEKTOVANJE</p>	<ul style="list-style-type: none"> - DALI SU OLBERG I NÖTZLI OD 1920 DO 1930. - MODERNIZACIJU OVIH PRINCIPA JE URADIO A. COYNA 	

SL. 6.17. BRANA GRANDVAL:

A – IZGLED U OSNOVI; 1 – EVAKUATOR; 2 – KRILO ZA ZATVARANJE; 3 – ZAHVAT; B – KARAKTERISTIČNI PRESEK.

8. KONSTRUKTIVNI DETALJI LUKOVA

<p>➔ LUKOVI U HORIZONTALNOM PRESEKU MOGU BITI:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ SA <u>PROMENLJIVOM DEBLJINOM</u> ▪ SA <u>KONSTANTNOM DEBLJINOM</u> 		
<p>➔ DEBLJINA LUKA ZAVISI OD:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. HIDROSTATIČKOG PRITISKA 2. RAZMAKA KONTRAFORA – RASPONA LUKA 3. CENTRALNOG UGLA ($120^\circ \div 180^\circ$) 		
<p>➔ LUKOVI MOGU BITI OD:</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ARMIRANOG BETONA 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ ZA RASPON OD 15 ... 25 m, USVAJA SE: 	<ul style="list-style-type: none"> - DEBLJINA LUKA U <u>KRUNI BRANE</u> 0.30 ... 0.50 m - DEBLJINA LUKA <u>U FUNDAMENTU</u> 1.00 ... 3.00 m
	<p>- BEZ OBZIRA NA RAČUNSKE VREDNOSTI <u>DEBLJINE LUKA TREBA USVOJITI KAKO JE NAPRED DATO ZBOG UTICAJA TEMPERATURE, ZAMRZAVANJA I PODZEMNIH VODA.</u></p>		
	<ul style="list-style-type: none"> ▪ NEARMIRANOG BETONA 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ LUKOVI SU MASIVNIJI, USVAJA SE: 	<ul style="list-style-type: none"> - DEBLJINA LUKA U KRUNI 1.50 ... 3.0 m - DEBLJINA LUKA U FUNDAMENTU 4.0 ... 8.0 m
	<ul style="list-style-type: none"> - <u>ZA BRANE PREKO 100 m VISINE, DIMENZIJE LUKA ODREĐUJU SE NA BAZI <u>HIDROSTATIČKOG PRITISKA</u></u> - LUKOVI OD NEARMIRANOG BETONA U OSNOVI SU CILINDRIČNI 		

F. KUPOLNE BRANE

9. KARAKTERISTIKE

KARAKTERISTIKE

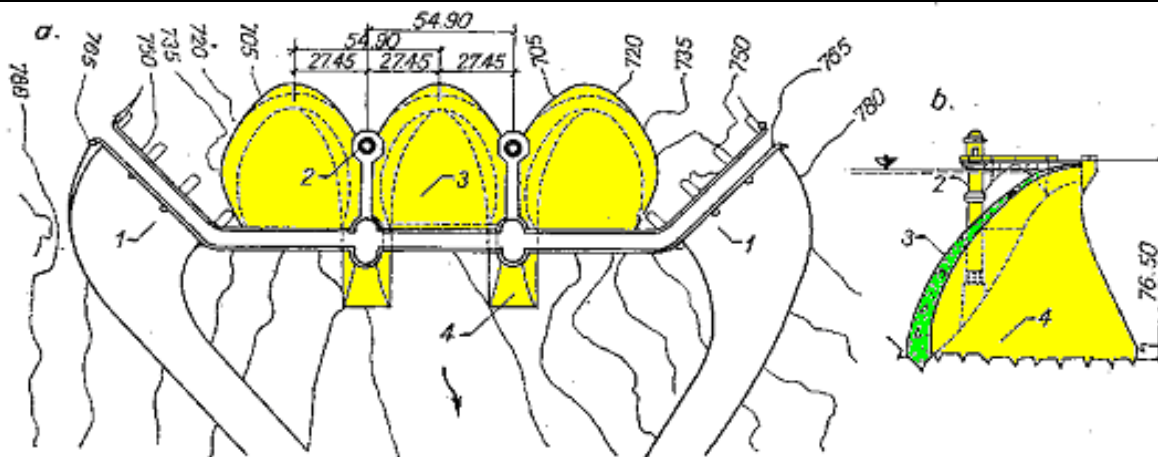
➔ KOD VISOKIH BRANA MALI RAZMAK KONTRAFORA NIJE EKONOMIČAN

- VELIKI JE UTROŠAK OPLATE
- ZAHTEVA ELEMENTE ZA UKRUĆENJE

➔ KUPOLNE BRANE SE RADE

- U SLUČAJEVIMA ŠIROKIH DOLINA
- KOD BRANA VELIKE VISINE
- SA MASIVNIM KONTRAFORIMA

➔ STABILNOST KONTRAFORA SE POSTIŽE SA MASIVNIM KONTRAFORIMA



SL.6.23. BRANA COOLIDGE.

PRIMER: BRANA COOLIDGE:

- SAGRAĐENA 1928. U SAD
- VISINE 76.5 m
- DUŽINE U KRUNI 170 m
- BRANU ČINE TRI KUPOLE RASPONA 54.90 m I DVA KONTRAFORA
- DEBLJINA KUPOLE U KRUNI JE 1.25 m A U FUNDAMENTU 6.30 m.

