

1.3 OSNOVE ZA PRORAČUN HIROTEHNIČKIH GRAĐEVINA

1.3.1. UVOD

TIPOVI PRORAČUNA

DOKUMENTIRANJE PRORAČUNA – PROJEKTI

RAZINE PROJEKTIRANJA

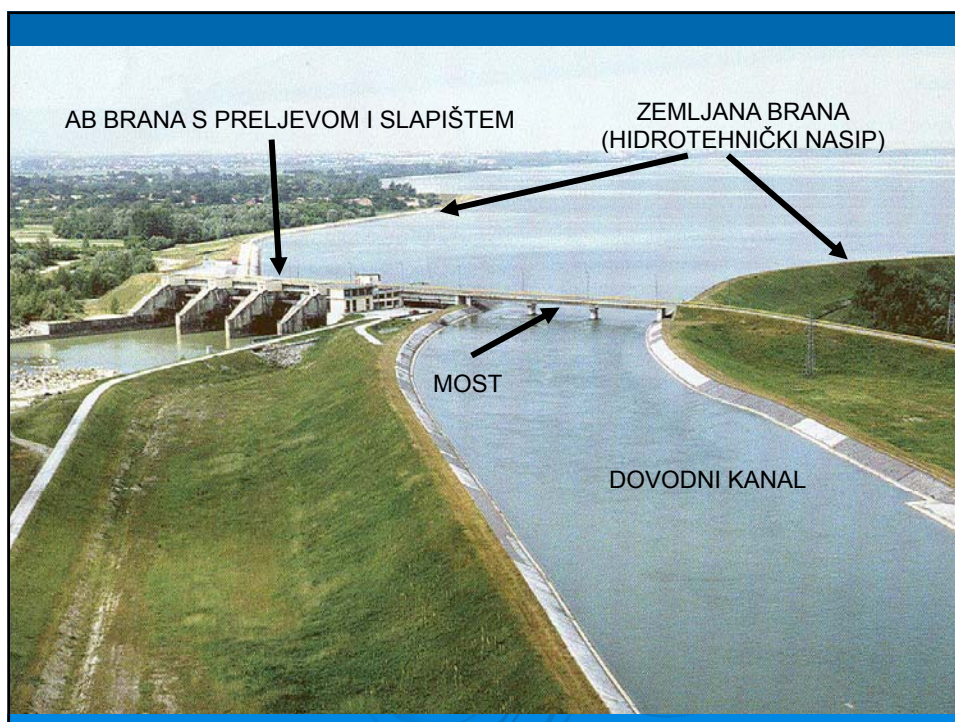
SLIJED PROJEKTIRANJA

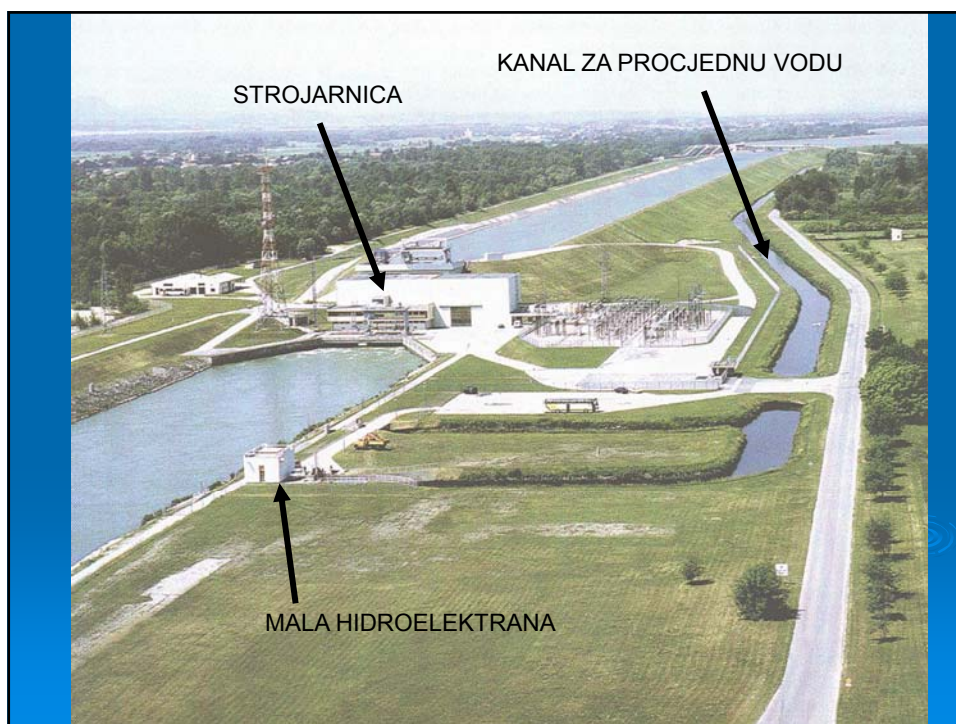
SPECIFIČNOST HG GLEDE OPTEREĆENJA VODOM

Hidrotehničke građevine (HG) su vrlo složene građevine koje se sastoje od niza konstrukcija.

Građevina je općenito sve što je sagrađeno na tlu

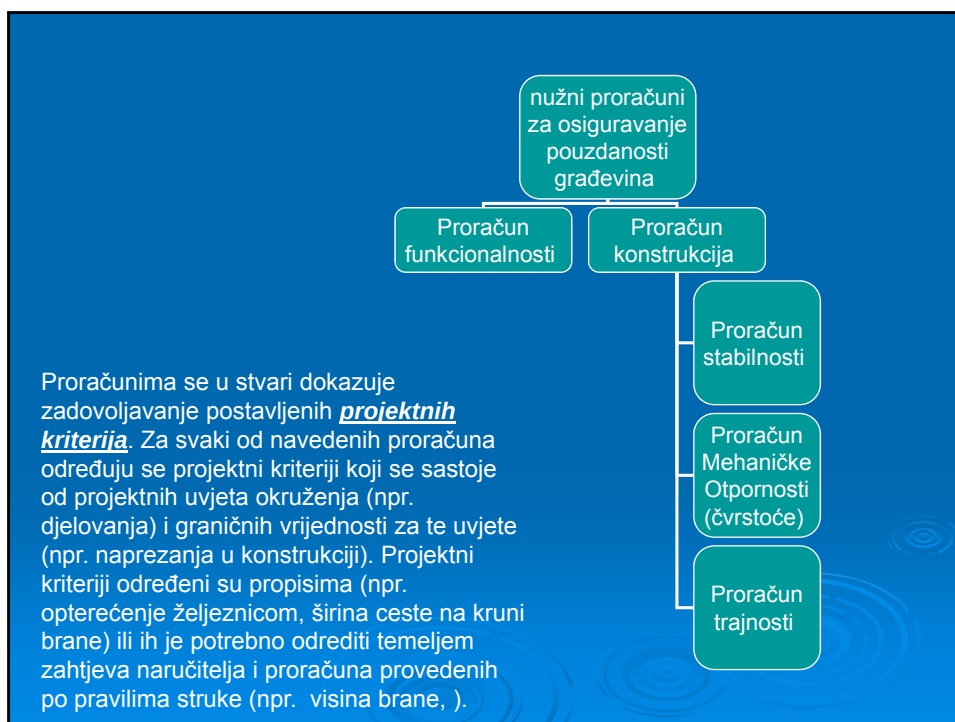
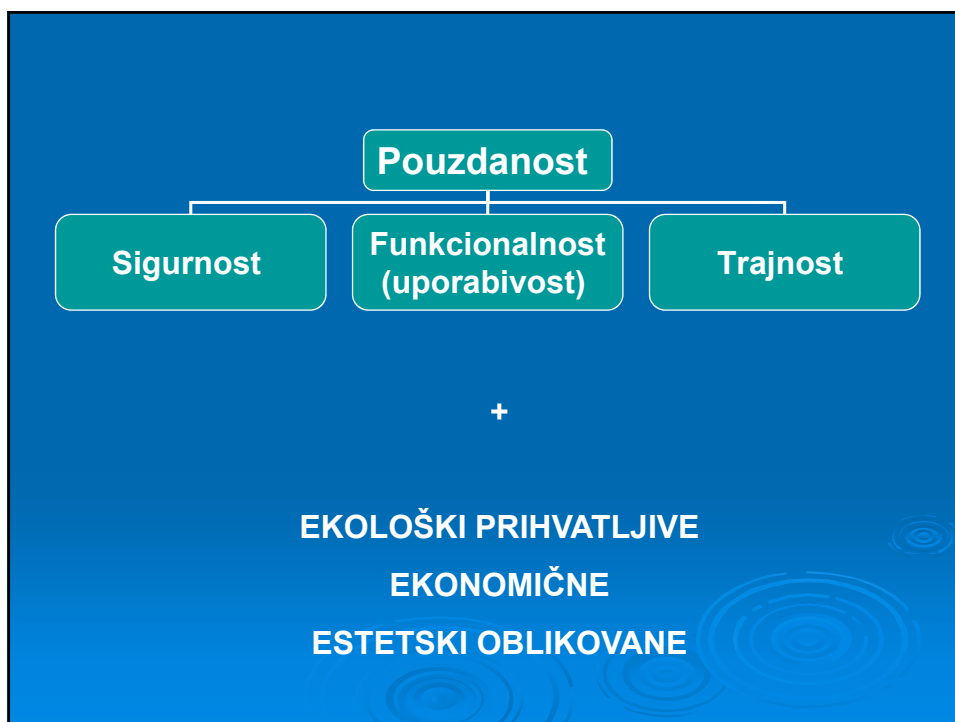
Konstrukcija je sustav povezanih izgrađenih dijelova koji tvore cjelinu



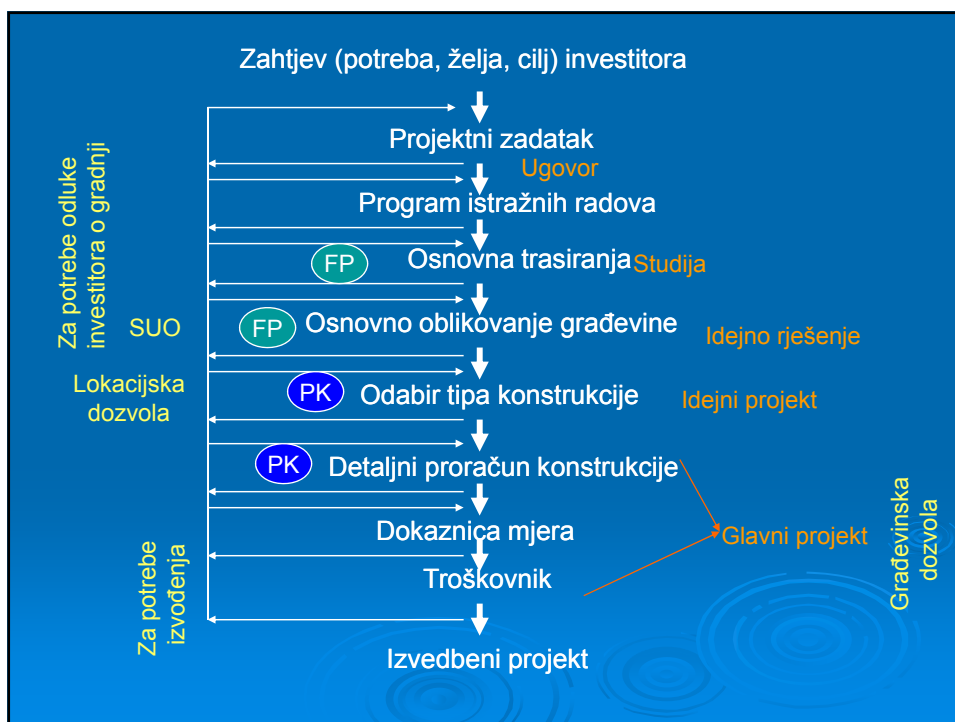


Građevinske konstrukcije

- Inženjerske konstrukcije
- Arhitektonske konstrukcije



Navedeni proračuni provode se i dokumentiraju u studijama i projektima.



- Specifičnost hidrotehničkih građevina je da se projektni kriteriji vezani uz vodu mahom vežu uz vjerojatnost njihova pojavljivanja.
- U hidrotehničkoj se praksi vjerojatnost pojavljivanja opisuje tzv. povratnim periodom.

Povratni period (PP, RP, period ponavljanja, razdoblje ponavljanja)

- $P(x) = 1/PP$
 - $P(x)$ - vjerojatnost pojavljivanja događaja jednom u povratnom periodu (PP)
- $PP = 1/p(x)$ [godina]

Kako dolazimo do podataka?

- Temeljem izmjerenih hidroloških veličina (protoci, vodostaji, oborine) kroz duže vremensko razdoblje (10 – 50 - >100 godina)
- osnovna hidrološka obrada (statistička obrada)
- korištenjem računa vjerojatnosti prognoziramo vjerojatnost pojave.

- Ne možemo predvidjeti pojavu nekog događaja, već samo možemo teorijski odrediti vjerojatnost da se taj događaj desi u nekom vremenskom razdoblju. Na primjer, ne možemo znati kada će se pojaviti velika voda u rijeci povratnog perioda od 100 godina, koja može poplaviti neko područje. Ali zato možemo izračunati rizik da se ta velika voda pojavi u nekom vremenskom razdoblju.

Rizik pojave događaja

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{PR}\right)^{LT} \quad \forall \quad LT > 1$$

gdje su:

- $R[1^\circ]$ rizik izlaganja građevine projektnim uvjetima i težim od njih
- $PR[god]$ povratno razdoblje razmatranog djelovanja na građevinu
- $LT[god]$ projektni vijek uporabe građevine,

Projektni povratni period [god.]	Projektni vijek uporabe građevine [god.]					
	2	10	25	50	100	200
2	0.750	0.999	~1.000	~1.000	~1.000	~1.000
10	0.190	0.651	0.928	0.995	~1.000	~1.000
50	0.040	0.183	0.397	0.636	0.867	0.982
100	0.020	0.096	0.222	0.395	0.634	0.866
200	0.010	0.049	0.118	0.222	0.394	0.633
500	0.004	0.020	0.049	0.095	0.181	0.330
1,000	0.002	0.010	0.025	0.049	0.095	0.181
2,000	0.001	0.005	0.012	0.025	0.049	0.095
10,000	0.0002	0.001	0.002	0.005	0.010	0.020

Tablica Rizik - vjerojatnost pojave (ili premašenja) događaja projektnog povratnog perioda jednom u vremenu projektnog vijeka uporabe građevine

- Projektni kriteriji se određuju za proračune funkcionalnosti i za proračune konstrukcije. Ako npr. govorimo o djelovanju vode, kao jednom od projektnih kriterija, tada ćemo se susresti sa različitim povratnim periodima djelovanja za istu građevinu. Za primjer možemo uzeti opet pojednostavljeni primjer brane. Neka je namjena brane formiranje akumulacije za vodoopskrbu nekoga područja koje troši 250 l/stanovniku/dan. Funkcionalni je kriterij da se osigura volumen vode koji će biti dostatan da osigura navedenu količinu za povratno razdoblje od 25 godina. Prema tome kriteriju će se odrediti veličina akumulacije, odnosno položaj i visina brane. Znači, pojednostavljeno, akumulacija će biti dovoljna da neće biti nestašice vode češće nego li jednom u 25 godina. Nikakva tragedija se neće desiti ukoliko jedan dan u 25 godina neće biti osigurana svim stanovnicima maksimalna količina vode od 250 l/stanovniku. S druge strane, kriterij za proračune konstrukcije mora biti puno stroži s puno većim povratnim periodom. Razlog je da smanjimo opasnost od rušenja zbog kojeg bi moglo doći do ljudskih žrtava i velikih materijalnih šteta. Tako će za proračune konstrukcije brane mjerodavni povratni periodi biti reda veličine 1.000 do 10.000 godina.

1.3.2. PRORAČUNI FUNKCIONALNOSTI

- Proračuni funkcionalnosti hidrotehničkih građevina su specifični.
- Funkcionalni zahtjevi hidrotehničkih građevina uglavnom su vezani uz vjerojatnost pojavljivanja vodostaja i protoka
- To znači da u pravilnicima, normama i preporukama za projektiranje nećemo imati definirane apsolutne vrijednosti protoka i vodostaja mjerodavnih za funkcionalne analize hidrotehničkih građevina. Imat ćemo samo određene povratne periode pojavljivanja mjerodavnih događaja, a primjerim hidrološkim i hidrauličkim proračunima morat ćemo odrediti pripadajuće veličine (protoke i vodostaje).

Funkcionalni zahtjevi hidrotehničkih građevina za zaštitu područja od poplava

- Građevine za zaštitu od poplava moraju spriječiti poplavljanje područja za hidrološke pojave povratnih perioda 25, 100 i 1000 i više godina.
- Sprječavanje poplava se postiže odabirom sustava, prostornim rasporedom te oblikovanjem geometrije pojedinih građevina sustava.

Povratni periodi hidrotehničkih građevina za zaštitu područja od poplava

- Odabir mjerodavnog povratnog perioda vezan je uz način korištenja zemljišta koje se brani.
- Za zaštitu poljoprivrednog zemljišta uglavnom se odabire povratni period od 25 godina,
- za zaštitu manjih naselja 100 godina,
- a za zaštitu gradova i vrijednih područja 1000 godina.
- Navedene vrijednosti se uglavnom koriste kod nas, s time da ih određuje stručna služba Hrvatskih voda u okviru tzv. Vodopravnih uvjeta.

Korištenje zemljišta [kategorija]	Povratni period [god]
A	50-200
B	25-100
C	5-50
D	1,25-10
E	<2,5

Kriteriji stupnja rizika za zaštitu od poplava - DEFRA (UK Department for Environment, Food and Rural Affairs)

Korištenje zemljišta [kategorija]	Broj stambenih jedinica/km ² obale	Opis
A	>50	Razvijena urbana zona
B	>25 – 50	Manje razvijena urbana zona
C	>5 - <25	Razvijena ruralna zona
D	>1,25 - <5	Srednje razvijena ruralna zona
E	0 - <1,25	Slabo razvijena ruralna zona

Kategorija korištenja zemljišta za zaštitu od poplava - DEFRA (UK Department for Environment, Food and Rural Affairs)

- Odabir povratnog perioda uvelike je vezan uz stupanj povjerenja u prognoze mjerodavnih veličina. Ukoliko nemamo dovoljno pouzdane podatke o hidrološkim veličinama temeljem kojih prognoziramo događaje većih povratnih perioda, sigurnost funkcioniranja objekta je upitna.
- U tim slučajevima, uz inženjersku argumentaciju, možemo odabrati veći povratni period (npr. povratni period od 200 godina umjesto 100 godina).
- Drugi pristup je uvođenje strožih kriterija prilikom oblikovanja konstrukcije (na primjer odaberemo veće nadvišenje krune nasipa iznad mjerodavnog vodostaja: umjesto kod nas uobičajenih 1,2 m odaberemo nadvišenje od 1,5 m).

Funkcionalni zahtjevi hidrotehničkih građevina za površinsku odvodnju

- Odvodnja podrazumijeva sustav hidrotehničkih građevina kojima se prikuplja voda s površine terena te se provodi i ispušta u za to sposoban prijemnik.
- U hidrotehničkoj praksi površinska odvodnja se radi za poljoprivredna zemljišta, naseljene sredine, te prometnice.

- Odabir povratnog perioda mjerodavnog za dimenzioniranje odvodnje je ekonomska kategorija.
- Povećanjem mjerodavnog povratnog perioda povećavaju se mjerodavni protoci i vodostaji, a time se poskupljuje tehničko rješenje.
- Potrebno je načiniti tehničko-ekonomsku analizu kojom se utvrđuje isplativost izvedbe sustava za odvodnju. Cijena izgradnje sustava mora biti prihvatljiva i ne bi trebala prelaziti vrijednost spriječene štete koje bi nastale uslijed potapanja šticećenog područja.
- **To nije jedini kriterij!**

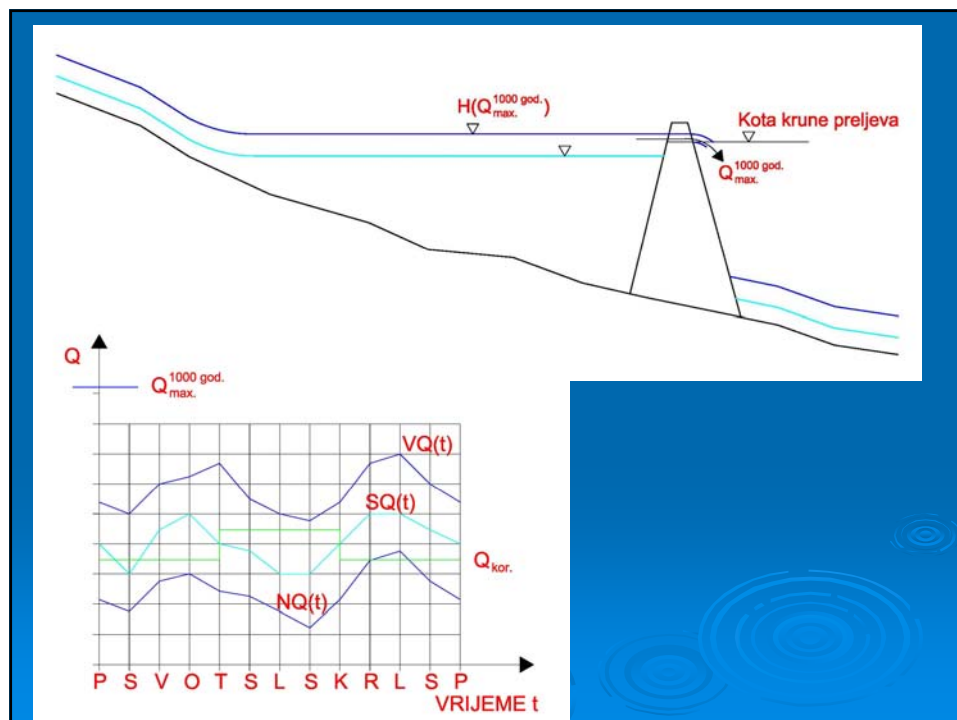
- Za sustave za odvodnju poljoprivrednih zemljišta, povratni period mjerodavne oborine iznosi 5-25 godina.
- Za odvodnju naselja koristi se povratni period mjerodavne oborine od 0,5 – 2 - 5 godina.
- Za prometnice, taj kriterij je propisan i vezan je uz sigurnost vožnje. Za odvodnju prometne površine za autoceste i ceste rezervirane za promet motornim vozilima mjerodavni povratni period oborine je 10 godina, dok je za ostale ceste 2-5 godina.

- Postavlja se pitanje zašto je za odvodnju poljoprivrednog zemljišta postavljen stroži kriterij nego li za oborinsku odvodnju naselja. Opravdanje se vidi upravo u usporedbi troškova izgradnje i koristi (spriječenih šteta) sustava za odvodnju. Slijedi vrlo pojednostavljena principijelna analiza. Sustav odvodnje poljoprivrednog zemljišta uglavnom se oslanja na mrežu otvorenih zemljanih kanala čija je izgradnja relativno jeftina, a poljoprivredno zemljište koje se zauzima njihovom izgradnjom puno je jeftinije nego zemljište u naseljima. S druge strane, potapanje usjeva ima za posljedicu znatno smanjenje prinosa, što uzrokuje velike materijalne štete. Usporedno, izgradnja sustava za oborinsku odvodnju naselja sa podzemnim kolektorima je skupa, a potapanje površina u naselju obično izaziva blokadu prometa bez nekih velikih izravnih šteta.

Funkcionalni zahtjevi hidrotehničkih građevina za korištenje vode

- Voda se može koristiti kao sirovina, kao medij, a može se koristiti i njen potencijal. Kao sirovina se koristi za piće, za navodnjavanje, kao rashladna voda i sl. gdje nakon uporabe voda mijenja svoje fizikalno – kemijske osobine. Kao medij vodu koristimo za potrebe plovidbe, športa i rekreacije i sl., a vodni potencijal se koristi za potrebe proizvodnje energije. U ova dva potonja slučaja ne mijenjaju se fizikalno-kemijske osobine vode.
- Kako je veliki dijapazon načina korištenja voda, tako je i veliki raspon različitih funkcionalnih kriterija.

- Funkcionalni zahtjevi hidrotehničkih građevina za korištenje voda vezani su uz zahtjeve korisnika, ali voda je prirodni resurs sa svojim zakonitostima pojavljivanja. Tako, na primjer, akumulacija vode treba biti toliko velika da zadovolji potrebe korisnika vode iz akumulacije. Međutim tu nikako ne smijemo zaboraviti da se akumulacije uglavnom rade na prirodnim vodotocima koji na nju utječu vodama svoga sliva. To znači da će se pojaviti neki hidrološki događaj koji će imati svoju vjerojatnost pojavljivanja, a kada će dotok u akumulaciju biti veći od potreba korisnika.



1.3.2. PRORAČUN TRAJNOSTI

Proračuni trajnosti se ne provode direktno nego su propisani EC-om kroz zahtjeve u proračunima nosivosti i uporabljivosti (na pr. zaštitni sloj betona i dozvoljene pukotine prema razredima izloženosti) te kroz tehnološke zahtjeve za gradiva, gradnju i kontrolu kakvoće (min. količina cementa, količina uzoraka za kontrolu kakvoće gradiva, ...).

Da bi se osigurala trajnost konstrukcije (ENV 1991-1) moraju se uzeti u obzir međuzavisni čimbenici:

- planirana i moguća buduća uporaba
- zahtijevani kriteriji ponašanja
- očekivani utjecaji okoliša (okruženja)
- sastav, svojstva i ponašanje gradiva
- izbor konstrukcijskog sustava
- oblik elemenata i oblikovanje konstrukcijskih pojedinosti
- kvaliteta izvedbe i razina nadzora
- posebne mjere zaštite
- održavanje tijekom predviđenog vijeka konstrukcije

Razred	Proračunski radni vijek[god.]	Primjer
1	1-5	privremene konstrukcije
2	25	zamjenjivi dijelovi konstrukcije, npr. hidromehanička oprema, grede pokretnih kranova, ležajevi
3	50	konstrukcije zgrada i druge uobičajene konstrukcije
4	100	konstrukcije monumentalnih građevina, mostovi i druge inženjerske konstrukcije

Tablica Razredi proračunskog radnog vijeka građevina (ENV 1991-1)