
Poglavlja

1	Bazne varijable i modeli.....	1
2	Pouzdanost elementa	33
3	Pouzdanost sustava.....	195
4	Pouzdanost konstrukcija u Eurocode-u.....	249
5	Praktična primjena EN 1990.....	297
6	Proširenje EN 1990.....	359
7	Zaključne napomene.....	403
	Literatura	415
	Kazalo pojmova	421

Sadržaj

Poglavlja	V
Predgovor	XIII
1 Bazne varijable i modeli	1
1.1 Događaj otkazivanja	3
1.2 Bazne varijable	9
1.2.1 Tipovi baznih varijabli.....	9
1.2.2 Statističke vrijednosti baznih varijabli.....	11
1.2.3 Neizvjesnosti kao bazne varijable.....	14
1.3 Varijable otpornosti R	15
1.3.1 Model otpornosti.....	15
1.3.2 Neizvjesnosti modela otpornosti.....	16
1.3.3 Svojstva materijala.....	17
1.3.4 Geometrijske veličine	18
1.3.5 Računske vrijednosti otpornosti u EN 1990	18
1.4 Varijable djelovanja F	22
1.4.1 Kombinacije djelovanja	22
1.4.2 Model djelovanja	24
1.4.3 Neizvjesnost modela djelovanja	25
1.4.4 Računske vrijednosti učinaka djelovanja u EN 1990.....	25
1.5 Pouzdanost u ostalim područjima graditeljstva	30
2 Pouzdanost elementa	33
2.1 Prethodne napomene	35
2.2 Veza vjerojatnosti otkazivanja elementa p_f i indeksa pouzdanosti β	38
2.3 Monte-Carlo metoda	39
2.4 Problem funkcije ponašanja	41
2.4.1 Teorijsko objašnjenje problema dokaza pouzdanosti.....	41
2.4.2 Primjer određivanja centralnog i globalnog faktora pouzdanosti	46
2.4.3 Temeljni slučaj s dvije bazne varijable E i R.....	49
2.4.4 Primjer određivanja vjerojatnosti otkazivanja elementa za temeljni slučaj	51

2.4.5	Basler-ov i Cornell-ov postupak	54
2.4.6	Primjer određivanja indeksa pouzdanosti i faktora senzitivnosti primjenom Basler-ov i Cornell-ovog postupka	60
2.4.7	Primjer u kojem dvije različite ekvivalentne formulacije funkcije graničnog stanja za isti problem rezultiraju s različitim vrijednostima indeksa pouzdanosti	63
2.4.8	Metoda Hasofer-Lind.....	67
2.4.9	Primjer određivanja indeksa pouzdanosti i vjerojatnosti otkazivanja koristeći postupak Hasofer-Lind	70
2.5	Proširenje problema funkcije ponašanja.....	72
2.5.1	Linearni oblik funkcije ponašanja $G(X)$ s više varijabli	73
2.5.2	Primjer određivanja indeksa pouzdanosti za linearnu funkciju ponašanja s više baznih varijabli	74
2.5.3	Nelinearni oblik funkcije ponašanja	79
2.5.4	Primjer određivanja indeksa pouzdanosti nelinearne funkcije ponašanja ako sve bazne varijable slijede normalnu raspodjelu	82
2.5.5	Varijable koje nisu normalno raspodjeljene.....	87
2.5.6	Korelirane varijable	93
2.6	Numerički primjeri.....	94
2.6.1	Primjer određivanja vjerojatnosti otkazivanja vlačnog elementa.....	95
2.6.2	Primjer određivanja vjerojatnosti otkazivanja vlačnog elementa i odgovarajućih parcijalnih faktora	97
2.6.3	Primjer određivanja vjerojatnosti otkazivanja vijčanog spoja	100
2.6.4	Primjer određivanja vjerojatnosti otkazivanja vijčanog spoja postupkom Paloheimo-Hannus.....	118
2.6.5	Proračun indeksa pouzdanosti čeličnog nosača opterećenog na savijanje za slučaj elastične i plastične otpornosti	128
2.6.6	Proračun vjerojatnosti otkazivanja čeličnog nosača numeričkom integracijom	137
2.6.7	Proračun računске točke prema Rackwitz-Fießler-ovom algoritmu.....	144
2.6.8	Proračun indeksa pouzdanosti armirano betonskog nosača opterećenog na savijanje.....	152
2.6.9	Proračun indeksa pouzdanosti armirano betonskog nosača opterećenog na savijanje s fiksnim težinskim faktorima.....	156
2.6.10	Proračun fraktilne vrijednosti za mehaničke karakteristike materijala	160
2.7	Ovisnost vjerojatnosti otkazivanja i indeksa pouzdanosti	163
2.8	Primjena računalnih programa.....	166
2.8.1	Uvod	166
2.8.2	Proračun vjerojatnosti otkazivanja čeličnog nosača metodom FORM	169
2.8.3	Proračun vjerojatnosti otkazivanja armiranobetonske ploče metodom FORM	173

2.8.4	Parametarske probabilističke analize spregnutih nosača	177
2.8.5	Probabilistička analiza čeličnog željezničkog mosta iz aspekta umaranja.....	188
3	Pouzdanost sustava	195
3.1	Uvod	197
3.2	Probabilističke značajke sustava	198
3.2.1	Serijski sustavi	198
3.2.2	Paralelni sustavi	203
3.2.3	Mješoviti sustavi	206
3.3	Mehaničko modeliranje konstrukcijskih sustava	209
3.4	Metode određivanja pouzdanosti konstrukcijskih sustava	214
3.4.1	Općenito.....	214
3.4.2	Analiza pouzdanosti konstrukcijskih sustava prema „ β - unzipping“ metodi...	214
3.4.3	Analiza pouzdanosti konstrukcijskih sustava prema „branch and bound“ metodi	216
3.5	Objašnjenje teorije na konstrukcijskim sustavima	218
4	Pouzdanost konstrukcija u EN 1990	249
4.1	Poznatije probabilističke metode proračuna pouzdanosti elementa	251
4.2	Pregled pristupa dokazu pouzdanosti prema EN 1990.....	253
4.3	Pristup temeljen na pouzdanosti	255
4.4	Zahtjevi pouzdanosti	258
4.5	Parcijalni faktori.....	258
4.6	Karakteristične vrijednosti	263
4.7	Osnova za kalibraciju računskih vrijednosti.....	269
4.8	Kombinacije promjenjivih djelovanja	270
4.9	Dokaz prema metodi parcijalnih faktora	271
4.9.1	Općenito.....	271
4.9.2	Ograničenja.....	272
4.9.3	Provjera krajnjih graničnih stanja	272
4.9.3.1	Općenito.....	272
4.9.3.2	Računske vrijednosti učinaka djelovanja	273
4.9.3.2.1	Općenito.....	273
4.9.3.2.2	Faktori za djelovanja.....	274
4.9.3.2.3	Faktori za učinke djelovanja	274
4.9.3.2.4	Visokociklički umor	275
4.9.3.3	Računske vrijednosti djelovanja	275

4.9.3.3.1	Stalna djelovanja i sila prednapinjanja.....	275
4.9.3.3.2	Promjenjiva djelovanja.....	276
4.9.3.3.3	Udesna djelovanja.....	277
4.9.3.3.4	Seizmička djelovanja.....	277
4.9.3.3.5	Djelovanja umora.....	277
4.9.3.3.6	Parcijalni faktori.....	277
4.9.3.4	Računske vrijednosti otpornosti.....	277
4.9.3.4.1	Općenito.....	277
4.9.3.4.2	Umor.....	279
4.9.3.5	Računske vrijednosti svojstava materijala.....	280
4.9.3.6	Računske vrijednosti geometrijskih parametara.....	281
4.9.3.7	Kombinacije djelovanja.....	282
4.9.3.7.1	Općenito.....	282
4.9.3.7.2	Kombinacija djelovanja za trajne i prolazne računke situacije.....	282
4.9.3.7.3	Kombinacija djelovanja za udesne računke situacije.....	284
4.9.3.7.4	Kombinacija djelovanja za seizmičke računke situacije.....	284
4.9.3.7.5	Kombinacija djelovanja umora s ostalim djelovanjima.....	285
4.9.3.7.6	Kombinacijski faktori.....	286
4.9.4	Provjera graničnih stanja uporabivosti (GSU).....	286
4.9.4.1	Općenito.....	286
4.9.4.2	Računske vrijednosti učinaka djelovanja.....	287
4.9.4.3	Kombinacije djelovanja.....	287
4.9.4.3.1	Karakteristična kombinacija djelovanja.....	287
4.9.4.3.2	Učestala kombinacija djelovanja.....	287
4.9.4.3.3	Kvazi-stalna kombinacija djelovanja.....	288
4.9.4.3.4	Kombinacija djelovanja za seizmičke računke situacije.....	288
4.9.4.3.5	Kriteriji za GSU.....	288
4.9.5	Sažetak kombinacija djelovanja.....	292
4.10	Posljedice otkazivanja.....	294
4.11	Mjere upravljanja za postizanje zahtijevane pouzdanosti konstrukcije....	295
5	Praktična primjena EN 1990.....	297
5.1	Podloge za praktičnu primjenu.....	299
5.1.1	Općenito.....	299
5.1.2	Konverzija vjerojatnosti otkazivanja sa perioda opažanja (m godina) na referentni period (n godina).....	299
5.1.3	Postupak kalibriranja računskih vrijednosti.....	301
5.1.4	Određivanje kombinacijskih faktora djelovanja.....	313
5.1.4.1	Teorijske podloge.....	313
5.1.4.2	Primjer s referentnim periodom $T_{ref} = 50$ godina i baznim periodom $T_1 = 7$ godina.....	321
5.1.4.3	Proračun kombinacijskih faktora ψ_i za različite kombinacije djelovanja.....	325
5.1.4.4	Proračun kombinacijskih faktora za primjere.....	330
5.2	Primjer: Gumbelova raspodjela za promjenjiva djelovanja.....	335
5.3	Primjer: Gumbelova raspodjela za različite vremenske periode.....	337

5.4	Primjer: Opterećenje snijegom za različite referentne periode.....	340
5.5	Primjer: Računska vrijednost i parcijalni faktor za opterećenje snijegom	342
5.6	Primjer: Kombinacija korisnog opterećenja i opterećenja snijegom.....	345
5.7	Primjer: Kombinacija opterećenja vjetrom i opterećenja snijegom	350
5.8	Primjer: Kombinacija opterećenja vjetrom i korisno opterećenje.....	354
5.9	Primjer: Kombinacija korisnog opterećenja i stalnog opterećenja.....	355
5.10	Primjer: Lognormalna raspodjela za mehaničke karakteristike materijala	356
6	Proširenje EN 1990	359
6.1	Općenito.....	361
6.2	Sadašnje stanje i smjernice razvoja EN 1990.....	361
6.3	Prilagodba ciljane pouzdanosti za različite referentne periode.....	364
6.3.1	Uvod	364
6.3.2	Ilustracija primjene	366
6.4	Procjena neovisnog intervala k.....	367
6.5	Diferencijacija klasa posljedica	368
6.6	Razmatranje djelovanja obzirom na različite referentne periode.....	369
6.7	Gumbel-ova raspodjela za različita djelovanja.....	371
6.7.1	Uvod	371
6.7.2	Primjena za snijeg	372
6.7.3	Primjena za vjetar	374
6.7.4	Primjena za temperaturu	376
6.7.5	Koeficijenti varijacije	378
6.8	Parcijalni faktori i K_{FT} faktori za različite klase posljedica	386
6.8.1	Općenito.....	386
6.8.2	Promjenjiva djelovanja	386
6.8.3	Stalna djelovanja.....	393
6.9	Diferencijacija pouzdanosti primijenjena na platenicima i staklenicima	397
6.9.1	Uvod	397
6.9.2	Klasifikacija platenika i staklenika.....	398
6.9.3	Specifičnosti laganih konstrukcija	400
7	Zaključne napomene.....	403

7.1	Općenito.....	405
7.2	Faza A – Jednostavnija primjena u praksi	406
7.2.1	Jednostavnija primjena kombinacija djelovanja	406
7.2.2	Jednostavnija primjena metode s parcijalnim faktorima kod nelinearne analize	408
7.3	Faza B – Uvođenje novih metoda pouzdanosti.....	410
7.4	Faza C – Suštinske promjene norme EN 1990	411
7.5	Zahtjevi dopuna i ispravaka postojeće norme.....	414
	Literatura	415
	Kazalo pojmova	421