

## **Poglavlja**

<b>1</b>	<b>PROJEKTIRANJE PRIKLJUČAKA.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>PROJEKTIRANJE HALA.....</b>	<b>377</b>
<b>3</b>	<b>ZAŠTITA OD KOROZIJE.....</b>	<b>553</b>
<b>4</b>	<b>PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA DJELOVANJE POŽARA.....</b>	<b>589</b>
	<b>LITERATURA.....</b>	<b>769</b>
	<b>KAZALO POJMOVA.....</b>	<b>777</b>



## Popis primjera

### 1 PROJEKTIRANJE PRIKLJUČAKA

Primjer	Opis primjera	Stranica
1.11.2.7	Vijčani spoj vlačnog elementa	71
1.11.2.8	Vijčani spoj vlačnog elementa izvedenog iz jednog kutnika	75
1.11.2.9	Spoj otporan na proklizavanje kod krajnjeg graničnog stanja	82
1.11.3.4	Zavareni spoj vlačnog elementa	89
1.11.3.5	Zavareni spoj naprezan na savijanje i poprečnu silu	92
1.11.4	Vlačni konstrukcijski element spojen na čvornu ploču	95
1.15.5	Priključak nosač-stup portalnog okvira	133
1.15.6	Priključak u sljemenu portalnog okvira, priključak nosač-nosač	204
1.16.5	Otpornost priključka izvedenog s hrptenim kutnicima	246
1.16.7	Otpornost priključka izvedenog s pločastim rebrom	293
1.16.9	Priključak izveden s čelnom pločom	325
1.16.10	Zglobni priključak izveden trnom	336
1.17.1	Zglobna stopa stupa – proračun $N_{Rd}$	340
1.17.2	Upeta stopa stupa – proračun $N_{Rd}$	342
1.17.3	Zglobna stopa stupa opterećena vertikalnom silom	346
1.17.4	Zglobna stopa stupa opterećena centričkom tlačnom silom	348
1.17.5	Upeta stopa stupa opterećena uzdužnom silom i momentom savijanja oko jače osi	353
1.17.6	Stopa stupa opterećena uzdužnom silom i momentom savijanja oko jače osi	358
1.17.7	Stopa stupa opterećena uzdužnom silom i momentom savijanja oko slabije osi	362
1.17.8	Ojačana stopa stupa opterećena uzdužnom silom i momentom savijanja	366

### 2 PROJEKTIRANJE HALA

Primjer	Opis primjera	Stranica
2.15	Analiza i dimenzioniranje portalnog okvira	473

### 4 PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA DJELOVANJE POŽARA

Primjer	Opis primjera	Stranica
4.11.1	Temperatura plina za potpuno razvijeni požar u jednom uredskom prostoru	678

4.11.2	Otpornost vlačnog elementa obzirom na požar kada je poprečni presjek izložen nejednolokoj promjeni temperature prema metodi računske otpornosti	684
4.11.3	Otpornost vlačnog elementa obzirom na požar kada je poprečni presjek izložen nejednolokoj promjeni temperature prema metodi kritične temperature	687
4.11.4	Otpornost na požar vruće valjanog profila koji je dio međukatne konstrukcije nekog uredskog prostora	691
4.11.5	Otpornost na požar nezaštićenog vruće valjanog profila koji je dio međukatne konstrukcije nekog uredskog prostora koji je izložen standardnoj krivulji temperature-vrijeme	695
4.11.6	Otpornost na požar zaštićenog nosača primjenom jednostavnog računskog modela koji je izložen parametarskoj krivulji temperature-vrijeme	703
4.11.7	Otpornost na požar zaštićenog tlačnog elementa koji je izložen parametarskoj požarnoj krivulji postupkom "step-by-step"	711
4.11.8	Nezaštićeni element obzirom na požar koji je izložen standardnoj požarnoj krivulji temperature-vrijeme prema pojednostavljenom proračunskom modelu	717
4.11.9	Zaštićeni nosač koji je izložen standardnoj krivulji temperature-vrijeme. Nosač je bočno torzijski pridržan, a zahtijevana je protupožarna otpornost R 30	721

# Sadržaj

<b>Poglavlja .....</b>	<b>V</b>
<b>Popis primjera .....</b>	<b>VII</b>
<b>Predgovor .....</b>	<b>XXI</b>
<b>1      <b>PROJEKTIRANJE PRIKLJUČAKA.....</b></b>	<b>1</b>
1.1 <b>Uvod .....</b>	<b>3</b>
1.2 <b>Definicije.....</b>	<b>4</b>
1.3 <b>Analiza ekonomičnosti.....</b>	<b>12</b>
1.4 <b>Konstruktivska svojstva priključaka .....</b>	<b>14</b>
1.5 <b>Usklađenost ponašanja elemenata i priključaka.....</b>	<b>17</b>
1.6 <b>Suvremeni pristup.....</b>	<b>21</b>
1.6.1    Općenito.....	21
1.6.2    Vrline suvremenog pristupa.....	23
1.6.3    Paralela između ponašanja presjeka konstrukcijskog elementa i priključka.....	25
1.6.4    Definicije uobličena priključaka prema EN 1993-1-8 .....	27
1.6.5    Deformabilnost priključaka .....	29
1.6.5.1   Priključci nosač-stup.....	29
1.6.5.2   Nastavci nosača i nastavci stupova .....	34
1.6.5.3   Priključci nosač-nosač .....	35
1.6.5.4   Stope stupa.....	35
1.6.6    Klasifikacija priključaka .....	36
1.6.6.1   Općenito.....	36
1.6.6.2   Klasifikacija prema krutosti .....	36
1.6.6.3   Klasifikacija prema otpornosti .....	37
1.6.6.4   Granice za klasifikaciju.....	37
1.6.6.5   Klase duktilnosti .....	38
1.7 <b>Modeliranje priključaka .....</b>	<b>39</b>
1.7.1    Općenito.....	39
1.7.2    Pojednostavljeno modeliranje prema Eurocode 3 .....	41
1.7.3    Obuhvaćanje deformabilnosti .....	42
1.8 <b>Tip analize konstrukcije obzirom na ponašanje priključaka.....</b>	<b>44</b>
1.9 <b>Utjecaj priključaka na stabilnost okvira .....</b>	<b>49</b>

<b>1.10</b>	<b>Vrste spojeva .....</b>	<b>50</b>
1.10.1	Općenito.....	50
1.10.2	Zavareni spojevi.....	53
1.10.2.1	Sučeonni varovi .....	53
1.10.2.2	Varovi u uvali .....	53
1.10.2.3	Varovi u rupama i prorezima .....	54
1.10.2.4	Točkasti varovi .....	55
1.10.3	Vijčani spojevi .....	55
<b>1.11</b>	<b>Proračun spojeva .....</b>	<b>57</b>
1.11.1	Parcijalni faktori za spojeve.....	58
1.11.2	Vijčani spojevi .....	59
1.11.2.1	Uvod .....	59
1.11.2.2	Osnovne karakteristike vijaka .....	60
1.11.2.3	Ponašanje vijka u spoju.....	60
1.11.2.4	Vijci naprezani na posmik .....	61
1.11.2.5	Kidanje bloka.....	67
1.11.2.6	Visokovrijedni vijci (sa prednapinjanjem).....	69
1.11.2.7	Primjer: vijčani spoj vlačnog elementa .....	71
1.11.2.8	Primjer: vijčani spoj vlačnog elementa izvedenog iz jednog kutnika .....	75
1.11.2.9	Primjer: spoj otporan na proklizavanje kod krajnjeg graničnog stanja .....	82
1.11.3	Zavareni spojevi.....	84
1.11.3.1	Uvod .....	84
1.11.3.2	Varovi u uvali .....	84
1.11.3.3	Sučeonni varovi .....	89
1.11.3.4	Primjer: zavareni spoj vlačnog elementa .....	89
1.11.3.5	Primjer: zavareni spoj naprezan na savijanje i poprečnu silu.....	92
1.11.4	Primjer: vlačni konstrukcijski element spojen na čvornu ploču .....	95
<b>1.12</b>	<b>Konstrukcijsko oblikovanje i izvedba spojeva .....</b>	<b>103</b>
1.12.1	Vijčani spojevi .....	103
1.12.2	Zavareni spojevi.....	103
1.12.2.1	Općenito.....	103
1.12.2.2	Temeljni principi i pojmovi .....	103
1.12.2.3	Postupci zavarivanja .....	107
1.12.2.4	Nerazorne metode kontrole kvalitete zavarenih spojeva.....	110
<b>1.13</b>	<b>Primjer suvremenog proračuna priključka.....</b>	<b>110</b>
<b>1.14</b>	<b>Dobro i loše oblikovanje detalja .....</b>	<b>112</b>
<b>1.15</b>	<b>Priključci otporni na savijanje – proračun metodom komponente.....</b>	<b>117</b>
1.15.1	Uvod .....	117
1.15.2	Model priključka nosač-stup.....	117
1.15.3	Računske otpornosti komponentata .....	121
1.15.3.1	Komponente s visokom duktilnošću .....	121

1.15.3.2	Komponente s ograničenom duktilnošću .....	127
1.15.3.3	Krte komponente .....	131
1.15.4	Sastavljanje komponenata.....	132
1.15.5	Primjer – priključak nosač-stup portalnog okvira.....	133
1.15.5.1	Osnovni podaci o priključku.....	134
1.15.5.2	Identificiranje komponenata .....	137
1.15.5.3	Računska otpornost komponenata .....	138
1.15.5.4	Računska otpornost priključka na savijanje $M_{j,Rd}$ .....	183
1.15.5.5	Klasifikacija priključka prema otpornosti .....	184
1.15.5.6	Klasifikacija priključka prema krutosti.....	185
1.15.5.7	Računska otpornost priključka na poprečnu silu.....	198
1.15.6	Primjer – priključak u sljemenu portalnog okvira, priključak nosač-nosač .....	204
1.15.6.1	Osnovni podaci o priključku.....	204
1.15.6.2	Računska otpornost komponenata .....	207
1.15.6.3	Krutost priključka .....	215
<b>1.16</b>	<b>Jednostavni priključci .....</b>	<b>217</b>
1.16.1	Uvod .....	217
1.16.2	Tipovi priključaka.....	219
1.16.3	Otpornost jednostavnih priključaka .....	222
1.16.4	Otpornost priključka izvedenog s hrptenim kutnicima .....	223
1.16.4.1	Općenito.....	223
1.16.4.2	Provjere za vertikalni posmik .....	224
1.16.4.2.1	Otpornost grupe vijaka.....	224
1.16.4.2.1.1	Na strani oslonjenog nosača .....	224
1.16.4.2.1.2	Na strani podupirućeg nosača .....	228
1.16.4.2.2	Posmična otpornost kutnika .....	229
1.16.4.2.2.1	Na strani oslonjenog nosača .....	229
1.16.4.2.2.2	Na strani podupirućeg nosača .....	231
1.16.4.2.3	Posmična otpornost hrpta nosača .....	232
1.16.4.2.3.1	Posmična otpornost i otpornost na kidanje bloka .....	233
1.16.4.2.3.2	Interakcija posmika i savijanja kod 2. linije vijaka, ako je dužina zaobljenja $l_n > (e_{2,b} + p_2)$ .....	234
1.16.4.2.4	Otpornost na savijanje kod zaobljenja .....	236
1.16.4.2.4.1	Za jednu liniju vijaka ili za dvije linije vijaka ako je $x_N \geq 2d$ .....	236
1.16.4.2.4.2	Za dvije linije vijaka ako je $x_N < 2d$ .....	237
1.16.4.2.5	Lokalna stabilnost zaobljenog nosača .....	237
1.16.4.3	Provjere za povezivanje .....	239
1.16.4.3.1	Otpornost kutnika i grupe vijaka .....	239
1.16.4.3.1.1	Otpornost kutnika u savijanju .....	239
1.16.4.3.1.2	Posmična otpornost vijaka .....	240
1.16.4.3.1.3	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka kutnika .....	241
1.16.4.3.1.4	Otpornost na kidanje bloka.....	242
1.16.4.3.2	Otpornost hrpta nosača .....	243
1.16.4.3.2.1	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka na hrptu nosača .....	243
1.16.4.3.2.2	Vlačna otpornost hrpta nosača.....	244
1.16.4.3.2.3	Otpornost na kidanje bloka.....	244
1.16.5	Primjer – otpornost priključka izvedenog s hrptenim kutnicima .....	246

1.16.5.1	Preporučeni detalji .....	247
1.16.5.2	Provjere za vertikalni posmik .....	248
1.16.5.2.1	Otpornost grupe vijaka.....	248
1.16.5.2.1.1	Na strani oslonjenog nosača .....	248
1.16.5.2.1.2	Na strani podupirućeg nosača.....	252
1.16.5.2.2	Posmična otpornost kutnika.....	254
1.16.5.2.2.1	Na strani oslonjenog nosača .....	254
1.16.5.2.2.2	Na strani podupirućeg nosača.....	256
1.16.5.2.3	Posmična otpornost hrpta nosača .....	258
1.16.5.2.3.1	Posmična otpornost i otpornost na kidanje bloka .....	258
1.16.5.2.3.2	Interakcija posmika i savijanja kod 2. linije vijaka.....	260
1.16.5.2.4	Otpornost na savijanje kod zaobljenja .....	260
1.16.5.2.5	Lokalna stabilnost zaobljenog nosača .....	260
1.16.5.3	Provjere za povezivanje .....	260
1.16.5.3.1	Otpornost kutnika i grupe vijaka.....	260
1.16.5.3.1.1	Otpornost kutnika u savijanju .....	260
1.16.5.3.1.2	Posmična otpornost vijaka.....	263
1.16.5.3.1.3	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka kutnika .....	263
1.16.5.3.1.4	Otpornost na kidanje bloka.....	264
1.16.5.3.2	Otpornost hrpta nosača .....	266
1.16.5.3.2.1	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka na hrptu nosača .....	266
1.16.5.3.2.2	Vlačna otpornost hrpta nosača.....	267
1.16.5.3.2.3	Otpornost na kidanje bloka.....	267
1.16.6	Posmična otpornost priključka izvedenog s pločastim rebrom .....	268
1.16.6.1	Općenito.....	268
1.16.6.2	Provjere za vertikalni posmik .....	270
1.16.6.2.1	Otpornost grupe vijaka.....	270
1.16.6.2.1.1	Posmična otpornost vijaka.....	270
1.16.6.2.1.2	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka na pločastom rebro .....	271
1.16.6.2.1.3	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka na hrptu nosača .....	272
1.16.6.2.2	Posmična otpornost pločastog rebra.....	273
1.16.6.2.2.1	Posmična otpornost bruto presjeka .....	274
1.16.6.2.2.2	Posmična otpornost neto presjeka.....	274
1.16.6.2.2.3	Otpornost na kidanje bloka.....	274
1.16.6.2.3	Otpornost na savijanje pločastog rebra .....	275
1.16.6.2.4	Otpornost na izvijanje pločastog rebra.....	275
1.16.6.2.5	Posmična otpornost hrpta nosača .....	276
1.16.6.2.5.1	Posmična otpornost i otpornost na kidanje bloka .....	276
1.16.6.2.5.2	Interakcija posmika i savijanja kod 2. linije vijaka, ako je dužina zaobljenja $l_n > (e_{2,b} + p_2)$ .....	278
1.16.6.2.5.3	Interakcija posmika i savijanja za nosač bez zaobljenja .....	280
1.16.6.2.6	Otpornost na savijanje kod zaobljenja .....	282
1.16.6.2.6.1	Za jednu liniju vijaka ili za dvije linije vijaka ako je $x_N \geq 2d$ .....	282
1.16.6.2.6.2	Za dvije linije vijaka ako je $x_N < 2d$ .....	283
1.16.6.2.7	Lokalna stabilnost zaobljenog nosača .....	284
1.16.6.2.8	Otpornost varova .....	285
1.16.6.3	Provjere za povezivanje .....	285
1.16.6.3.1	Otpornost pločastog rebra i grupe vijaka .....	286
1.16.6.3.1.1	Posmična otpornost .....	286
1.16.6.3.1.2	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka pločastog rebra .....	286
1.16.6.3.1.3	Vlačna otpornost pločastog rebra .....	287



1.16.6.3.2	Otpornost hrpta nosača .....	289
1.16.6.3.2.1	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka na hrptu nosača .....	289
1.16.6.3.2.2	Vlačna otpornost hrpta nosača .....	290
1.16.6.3.3	Otpornost vara .....	292
1.16.7	Primjer – otpornost priključka izvedenog s pločastim rebrom .....	293
1.16.7.1	Preporučeni detalji .....	294
1.16.7.2	Provjere za vertikalni posmik .....	294
1.16.7.2.1	Otpornost grupe vijaka .....	294
1.16.7.2.1.1	Posmična otpornost vijaka .....	294
1.16.7.2.1.2	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka na pločastom rebro .....	295
1.16.7.2.1.3	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka na hrptu nosača .....	297
1.16.7.2.2	Posmična otpornost pločastog rebra .....	299
1.16.7.2.2.1	Posmična otpornost bruto presjeka .....	299
1.16.7.2.2.2	Posmična otpornost neto presjeka .....	299
1.16.7.2.2.3	Otpornost na kidanje bloka .....	299
1.16.7.2.3	Otpornost na savijanje pločastog rebra .....	301
1.16.7.2.4	Otpornost na izvijanje pločastog rebra .....	301
1.16.7.2.5	Posmična otpornost hrpta nosača .....	302
1.16.7.2.5.1	Posmična otpornost i otpornost na kidanje bloka .....	302
1.16.7.2.5.2	Interakcija posmika i savijanja kod 2. linije vijaka, ako je dužina zaobljenja $l_n > (e_{2,b} + p_2)$ .....	304
1.16.7.2.5.3	Interakcija posmika i savijanja za nosač bez zaobljenja .....	304
1.16.7.2.6	Otpornost na savijanje kod zaobljenja .....	306
1.16.7.2.7	Lokalna stabilnost zaobljenog nosača .....	306
1.16.7.2.8	Otpornost varova .....	306
1.16.7.3	Provjere za povezivanje .....	307
1.16.7.3.1	Otpornost pločastog rebra i grupe vijaka .....	307
1.16.7.3.1.1	Posmična otpornost .....	307
1.16.7.3.1.2	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka pločastog rebra .....	307
1.16.7.3.1.3	Vlačna otpornost pločastog rebra .....	308
1.16.7.3.2	Otpornost hrpta nosača .....	311
1.16.7.3.2.1	Otpornost na pritisak po omotaču rupe vijaka na hrptu nosača .....	311
1.16.7.3.2.2	Vlačna otpornost hrpta nosača .....	312
1.16.7.3.3	Otpornost vara .....	313
1.16.8	Posmična otpornost priključka izvedenog s čelnom pločom .....	313
1.16.8.1	Općenito .....	313
1.16.8.2	Provjere za vertikalni posmik .....	315
1.16.8.2.1	Posmična otpornost hrpta nosača .....	315
1.16.8.2.2	Otpornost na savijanje kod zaobljenja .....	316
1.16.8.2.2.1	Jednstrano zaobljen nosač .....	316
1.16.8.2.2.2	Obostrano zaobljen nosač .....	317
1.16.8.2.3	Lokalna stabilnost zaobljenog nosača .....	318
1.16.8.2.4	Otpornost grupe vijaka .....	319
1.16.8.2.4.1	Posmična otpornost vijaka .....	320
1.16.8.2.4.2	Otpornost na pritisak po omotaču rupe .....	320
1.16.8.2.5	Posmična otpornost čelne ploče .....	321
1.16.8.2.5.1	Posmična otpornost bruto presjeka .....	321
1.16.8.2.5.2	Posmična otpornost neto presjeka .....	322
1.16.8.2.5.3	Otpornost na kidanje bloka .....	322
1.16.8.2.6	Otpornost varova .....	322

1.16.8.3	Provjera za povezivanje .....	323
1.16.8.3.1	Otpornost čelne ploče u savijanju .....	323
1.16.8.3.2	Otpornost hrpta nosača .....	325
1.16.8.3.3	Otpornost vara .....	325
1.16.9	Primjer – priključak izveden s čelnom pločom .....	325
1.16.9.1	Preporučeni detalji .....	326
1.16.9.2	Provjere za vertikalni posmik .....	327
1.16.9.2.1	Posmična otpornost hrpta nosača .....	327
1.16.9.2.2	Otpornost na savijanje kod zaobljenja .....	327
1.16.9.2.3	Lokalna stabilnost zaobljenog nosača .....	327
1.16.9.2.4	Otpornost grupe vijaka .....	328
1.16.9.2.4.1	Posmična otpornost vijaka .....	328
1.16.9.2.4.2	Otpornost na pritisak po omotaču rupe .....	328
1.16.9.2.5	Posmična otpornost čelne ploče .....	330
1.16.9.2.5.1	Posmična otpornost bruto presjeka .....	330
1.16.9.2.5.2	Posmična otpornost neto presjeka .....	331
1.16.9.2.5.3	Otpornost na kidanje bloka .....	331
1.16.9.2.6	Otpornost varova .....	332
1.16.9.3	Provjere za povezivanje .....	333
1.16.9.3.1	Otpornost čelne ploče u savijanju .....	333
1.16.9.3.2	Otpornost hrpta nosača .....	335
1.16.9.3.3	Otpornost vara .....	336
1.16.10	Primjer – zglobni priključak izveden trnom .....	336
<b>1.17</b>	<b>Stopa stupa – numerički primjeri .....</b>	<b>340</b>
1.17.1	Primjer – zglobna stopa stupa .....	340
1.17.2	Primjer – upeta stopa stupa .....	342
1.17.3	Zglobna stopa stupa opterećena vertikalnom silom .....	346
1.17.4	Zglobna stopa stupa opterećena centričkom tlačnom silom .....	348
1.17.5	Upeta stopa stupa opterećena uzdužnom silom i momentom savijanja oko jače osi .....	353
1.17.6	Stopa stupa opterećena uzdužnom silom i momentom savijanja oko jače osi ..	358
1.17.7	Stopa stupa opterećena uzdužnom silom i momentom savijanja oko slabije osi .....	362
1.17.8	Ojačana stopa stupa opterećena uzdužnom silom i momentom savijanja .....	366
<b>2</b>	<b>PROJEKTIRANJE HALA .....</b>	<b>377</b>
<b>2.1</b>	<b>Uvod .....</b>	<b>379</b>
<b>2.2</b>	<b>Dijelovi hale i njihove funkcije .....</b>	<b>380</b>
<b>2.3</b>	<b>Osnovni statički sustavi hala .....</b>	<b>385</b>
<b>2.4</b>	<b>Odabir konstrukcijskog sustava .....</b>	<b>391</b>
<b>2.5</b>	<b>Okvirni sustavi .....</b>	<b>396</b>
<b>2.6</b>	<b>Stabilizacija hale .....</b>	<b>408</b>

---

<b>2.7</b>	<b>Ograničenje vertikalnih i horizontalnih pomaka.....</b>	<b>423</b>
<b>2.8</b>	<b>Izvedba i smještaj dilatacija.....</b>	<b>427</b>
<b>2.9</b>	<b>Odabir i karakteristike fasadne stijene.....</b>	<b>434</b>
<b>2.10</b>	<b>Odabir sustava krova hale .....</b>	<b>438</b>
<b>2.11</b>	<b>Integracija različitih sustava građevine .....</b>	<b>445</b>
<b>2.12</b>	<b>Osvjetljenje u halama .....</b>	<b>449</b>
<b>2.13</b>	<b>Posebni tipovi hala – plivališta.....</b>	<b>453</b>
<b>2.14</b>	<b>Orijentacijske vrijednosti utroška čelika.....</b>	<b>463</b>
<b>2.15</b>	<b>Primjer – analiza i dimenzioniranje portalnog okvira .....</b>	<b>473</b>
2.15.1	Uvodne napomene .....	473
2.15.2	Geometrija okvira .....	474
2.15.3	Djelovanja.....	475
2.15.3.1	Stalna djelovanja.....	475
2.15.3.2	Opterećenje snijegom .....	475
2.15.3.3	Korisno opterećenje na krovu .....	476
2.15.3.4	Opterećenje vjetrom.....	477
2.15.3.5	Kombinacije djelovanja .....	477
2.15.4	Preliminarno dimenzioniranje.....	478
2.15.4.1	Svojstva odabranih profila .....	478
2.15.5	Inicijalna analiza .....	479
2.15.6	Senzitivnost na učinke drugog reda .....	480
2.15.6.1	Tlačna sila u prečki .....	480
2.15.6.2	Proračun $\alpha_{cr}$ .....	481
2.15.7	Imperfekcije okvira.....	484
2.15.8	Rezultati analize.....	486
2.15.8.1	Konačni rezultati analize.....	486
2.15.9	Provjera otpornosti poprečnih presjeka.....	487
2.15.9.1	Klasifikacija presjeka.....	487
2.15.9.2	Otpornost poprečnih presjeka .....	488
2.15.10	Otpornost elemenata .....	493
2.15.10.1	Provjera stupa .....	494
2.15.10.2	Provjera prečke .....	511
2.15.10.3	Provjera ojačanja .....	528
2.15.11	Granično stanje uporabivosti .....	552
<b>3</b>	<b>ZAŠTITA OD KOROZIJE .....</b>	<b>553</b>
<b>3.1</b>	<b>Općenito o koroziji.....</b>	<b>555</b>
<b>3.2</b>	<b>Zašto čelične konstrukcije treba zaštititi? .....</b>	<b>557</b>

<b>3.3</b>	<b>Temeljna praktična razmatranja zaštite čeličnih konstrukcija od korozije .....</b>	<b>559</b>
<b>3.4</b>	<b>Projektiranje i korozija .....</b>	<b>562</b>
3.4.1	Općenito.....	562
3.4.2	Priprema površina .....	563
3.4.3	Zaštita premazima.....	564
3.4.3.1	Struktura premaza i stvaranje filma .....	564
3.4.3.2	Sustavi premaza .....	565
3.4.4	Zaštita prevlakama.....	566
3.4.4.1	Vruće pocinčavanje.....	566
3.4.4.2	Štrcanje metalima .....	567
3.4.5	Sustav zaštite duplex.....	568
<b>3.5</b>	<b>Tipovi i odabir zaštitnog premaza .....</b>	<b>568</b>
3.5.1	Osnovni tipovi premaza .....	568
3.5.2	Čimbenici koji utječu na izbor sustava premaza.....	570
3.5.3	Zahtjevi za izvedbu zaštite.....	571
<b>3.6</b>	<b>Specifičnosti kod zaštite pojedinih tipova konstrukcija .....</b>	<b>572</b>
3.6.1	Zgrade .....	572
3.6.2	Mostovi .....	572
3.6.3	Platforme za eksploataciju nafte .....	572
<b>3.7</b>	<b>Električne metode kontrole korozije .....</b>	<b>573</b>
<b>3.8</b>	<b>Rješavanje detalja otpornih na koroziju .....</b>	<b>574</b>
<b>3.9</b>	<b>Kontrola kvalitete zaštite od korozije .....</b>	<b>583</b>
<b>3.10</b>	<b>Norme u vezi zaštite od korozije.....</b>	<b>583</b>
<b>4</b>	<b>PRORAČUN KONSTRUKCIJA ZA DJELOVANJE POŽARA....</b>	<b>589</b>
<b>4.1</b>	<b>Uvod .....</b>	<b>591</b>
<b>4.2</b>	<b>Općenito.....</b>	<b>591</b>
4.2.1	Požar kao djelovanje na konstrukciju .....	591
4.2.2	Požar obuhvaćen u EN 1990.....	595
<b>4.3</b>	<b>Analiza konstrukcije pri požaru.....</b>	<b>597</b>
4.3.1	Uvod .....	597
4.3.2	Odabir scenarija računskog požara .....	598
4.3.3	Računski požar.....	598
4.3.4	Analiza temperature.....	607
4.3.5	Mehanička analiza .....	608

---

<b>4.4</b>	<b>Toplinsko djelovanje za analizu temperature konstrukcijskih elemenata</b>	<b>608</b>
4.4.1	Opća pravila prijenosa topline .....	609
4.4.2	Nominalne krivulje temperatura – vrijeme .....	616
4.4.3	Modeli prirodnog požara .....	620
<b>4.5</b>	<b>Mehanička djelovanja za analizu konstrukcija.....</b>	<b>628</b>
4.5.1	Općenito.....	628
4.5.2	Kombinacije djelovanja .....	629
4.5.2.1	Opća pravila.....	629
4.5.2.2	Pojednostavljena pravila .....	629
4.5.3	Razina opterećenja.....	630
<b>4.6</b>	<b>Osnova proračuna i metode dokaza otpornosti konstrukcije kod požara .</b>	<b>630</b>
4.6.1	Općenito.....	630
4.6.2	Računske vrijednosti svojstva čelika kod požara.....	630
4.6.3	Metode dokaza.....	631
4.6.3.1	Općenito.....	631
4.6.3.2	Analiza elemenata konstrukcije .....	634
<b>4.7</b>	<b>Svojstva čelika u slučaju požara .....</b>	<b>636</b>
4.7.1	Mehanička svojstva.....	636
4.7.2	Toplinska svojstva čelika.....	638
<b>4.8</b>	<b>Modeli proračuna čeličnih konstrukcija izloženih požaru .....</b>	<b>640</b>
4.8.1	Općenito.....	640
4.8.2	Jednostavni modeli proračuna.....	640
4.8.2.1	Uvod .....	640
4.8.2.2	Otpornost elemenata .....	641
4.8.2.2.1	Vlačni element.....	641
4.8.2.2.2	Tlačni elementi klase presjeka 1, 2 i 3 .....	641
4.8.2.2.3	Nosači klase poprečnog presjeka 1 ili 2 .....	643
4.8.2.2.4	Nosači klase poprečnog presjeka 3 .....	646
4.8.2.2.5	Elementi klase poprečnog presjeka 1, 2 ili 3 izloženi savijanju i tlačnoj uzdužnoj sili...	647
4.8.2.3	Kritična temperatura .....	648
4.8.2.4	Razvoj temperature u čeliku .....	653
4.8.2.4.1	Otpornost nezaštićenih konstrukcijskih elemenata .....	653
4.8.2.4.2	Otpornost zaštićenih konstrukcijskih elemenata .....	656
4.8.3	Modeli proračuna više razine.....	659
<b>4.9</b>	<b>Ponovna primjena čelične konstrukcije nakon požara.....</b>	<b>660</b>
<b>4.10</b>	<b>Algoritmi inženjerskog pristupa zaštite od požara .....</b>	<b>661</b>
4.10.1	Toplinska djelovanja za analizu temperature.....	664
4.10.2	Određivanje požarnog opterećenja .....	665
4.10.3	Određivanje rate oslobađanja topline.....	665

---

4.10.4	Pojednostavljeni model za toplinska djelovanja u požarnom odjeljku .....	666
4.10.5	Pojednostavljeni model za toplinska djelovanja u lokaliziranom požaru .....	667
4.10.6	Razvoj temperature čelika za nezaštićene čelične elemente .....	668
4.10.7	Razvoj temperature čelika za zaštićene čelične elemente .....	669
4.10.8	Otpornost na požar nosača kod savijanja .....	670
4.10.9	Određivanje računskog momenta otpornosti za temperature nosača $\theta_a$ i zahtijevanog vremena .....	671
4.10.10	Određivanje računске otpornosti za poprečne sile .....	672
4.10.11	Dokaz otpornosti elementa kod požara metodom u domeni temperature .....	673
4.10.12	Otpornost na požar stupa u kombinaciji uzdužnog tlaka i savijanja .....	674
4.10.13	Određivanje računске otpornosti u tlaku .....	675
4.10.14	Određivanje računске otpornosti kod savijanja .....	676
4.10.15	Interakcija savijanja i uzdužnog tlaka .....	677
<b>4.11</b>	<b>Numerički primjeri.....</b>	<b>678</b>
4.11.1	Primjer 1 .....	678
4.11.2	Primjer 2 .....	684
4.11.3	Primjer 3 .....	687
4.11.4	Primjer 4 .....	691
4.11.5	Primjer 5 .....	695
4.11.6	Primjer 6 .....	703
4.11.7	Primjer 7 .....	711
4.11.8	Primjer 8 .....	717
4.11.9	Primjer 9 .....	721
<b>4.12</b>	<b>Odabir strategije dokaza zaštite čeličnih konstrukcija od požara.....</b>	<b>728</b>
4.12.1	Općenito.....	728
4.12.2	Čelične konstrukcije unutar prizemnih građevina.....	729
4.12.3	Općeniti uvod za odabir strategije požarnog inženjerstva višekatnih stambenih i poslovnih zgrada .....	729
4.12.4	Odabir optimalnog proračunskog pristupa zaštiti od požara uobičajenih višekatnih zgrada .....	730
4.12.5	Opis metoda.....	732
4.12.5.1	Upotreba postojećih inženjerskih podataka za standardno ispitivanje (A i B), podataka proizvođača i podataka iz EC4.....	732
4.12.5.2	Pojednostavljene proračunske metode u Eurocode-u, standardni požar (C) ili požarno inženjerstvo temeljeno na ponašanju (E) .....	733
4.12.5.3	Napredne metode proračuna standardnog požara (D) i ponašanja konstrukcije koja se temelji na požarnom inženjerstvu .....	734
4.12.6	Zaključak .....	735
<b>4.13</b>	<b>Upute i tablice za proračun požarne otpornosti čeličnih konstrukcija prema EN 1993-1-2 .....</b>	<b>735</b>

---

4.13.1	Uvod .....	735
4.13.2	Temperatura čelika .....	736
4.13.3	Postupak proračuna za nosače i vlačne elemente.....	737
4.13.3.1	Raspodjela temperature.....	737
4.13.3.2	Određivanje kritične temperature čelika .....	738
4.13.3.3	Postupak proračuna.....	739
4.13.4	Postupak proračuna stupova .....	739
4.13.5	Nomogrami za nezaštićene čelične elemente.....	743
4.13.5.1	Faktor presjeka za nezaštićene čelične elemente.....	743
4.13.5.2	Faktori presjeka ( $A_m/V$ ) <sub>sh</sub> uključujući učinak zasjenjenja.....	744
4.13.5.3	Nomogram za nezaštićene čelične elemente .....	752
4.13.6	Nomogram za zaštićene čelične elemente .....	753
4.13.6.1	Faktor presjeka za zaštićene elemente – općenito.....	753
4.13.6.2	Faktori presjeka za zaštićene elemente ( $A_p/V$ ).....	755
4.13.6.3	Karakteristike materijala za zaštitu od požara.....	763
4.13.6.4	Nomogram za zaštićene čelične elemente.....	764
<b>4.14</b>	<b>Zaključne napomene vezane uz proračunski pristup zaštite čeličnih konstrukcija od požara.....</b>	<b>765</b>
<b>LITERATURA .....</b>		<b>769</b>
<b>KAZALO POJMOVA.....</b>		<b>777</b>





## Predgovor

Knjiga Čelične konstrukcije – Dio 2. zajedno s knjigom Čelične konstrukcije – Dio 1. predstavlja jednu cjelinu vezanu uz projektiranje i izvedbu čeličnih konstrukcija. Čelične konstrukcije – Dio 2. obrađuje teme vezane uz projektiranje priključaka, hala, zaštite od korozije i požarne otpornosti.

Suvremeni pristup projektiranja priključaka u čeličnim konstrukcijama proizašao je iz 'beam-line' koncepta odnosno iz namjere usklađivanja ponašanja priključaka sa ponašanjem konstrukcijskih elemenata. Usvojena metoda komponenata je analitička metoda kojom je na jednostavan i brz način moguće procijeniti osnovna konstrukcijska svojstva gotovo svih tipova priključaka koji se koriste u praksi. U ovom poglavlju objašnjeni su osnovni pojmovi koji su potrebni za shvaćanje ove problematike i edukaciju studenata i projekatanta u praksi. Prikazan je sustav podjele priključaka prema Eurocode 3 koji klasificira priključke s obzirom na krutost i otpornost. Također, se daju smjernice za klasifikaciju priključaka obzirom na duktilnost. Način dokaza pouzdanosti i oblikovanja spojnih sredstava koji učestvuju u tvorbi priključaka, kao i primjer detaljnog proračuna priključka prema metodi komponenata dani su na kraju prvog poglavlja.

U europskom tržištu čelika veliku i značajnu ulogu imaju hale različitih namjena. Podaci govore da se na tom tržištu izgrade milijuni m<sup>2</sup> takvih građevina. Osnovna svrha drugog poglavlja je obrazloženje načina projektiranja prema principu da je unutar građevine potrebno objediniti prostornu povezanost različitih sustava, i to:

- konstrukcija, koja je zadužena za prostornu stabilnost odnosno pouzdanost građevine,
- sustav obloga građevine, to su krovne površine i fasadne stijene,
- sustav sveukupnih instalacija.

Budući da se obično sustav obloge i sustav instalacije razvijaju posebno, onda konstruktoru - čeličaru ne preostaje ništa drugo nego da te različite sustave konceptualno objedini. To je i osnovni razlog da se osim problema vezanih uz konstrukciju, načelno obrađuju sustavi obloga i instalacija.

U trećem poglavlju prikazuju se pojmovi potrebni za osnovno razumijevanje procesa korozije i praktična sredstva zaštite koja su potrebna građevinskim stručnjacima kod izgradnje čeličnih konstrukcija. Vrlo složena teorija korozije prikazana je na jednostavan način koji je primjeren projektantima građevinskih čeličnih konstrukcija. Sažeto se navodi pojam galvanske korozije. Objašnjava se, zašto se

zahtijeva zaštita konstrukcija obzirom na koroziju. Također se razmatraju temeljni pojmovi koji se odnose na zaštitu od korozije kao na primjer: utvrđivanje tipa okoliša u kojem se nalazi čelična konstrukcija, izbor zaštitnog premaza, priprema površina prije izvođenja premaza itd. U poglavlju se objašnjavaju osnovne ideje električnih metoda kontrole korozije. Na kraju se daju osnovne smjernice za rješavanje detalja koji će imati povećanu otpornost na koroziju, te se navode hrvatske, svjetske i europske norme u vezi zaštite od korozije.

U četvrtom poglavlju obrađeni su osnovni koncept i pravila koja se temelje na inženjerskom pristupu numeričkog određivanja otpornosti konstrukcija izloženih djelovanju požara. Važno je uočiti činjenicu da se požar smatra djelovanjem koje je izvanrednog ili udesnog karaktera.

Poglavlje o proračunu i zaštiti konstrukcija od požara koncipirano je na način da su obrazloženi glavni pojmovi koji se koriste u Eurocode. Na taj je način moguće koristiti te norme s razumijevanjem u praktičnim zadacima.

Za razumijevanje poglavlja o analizi čelične konstrukcije i njejoj otpornosti u slučaju požara potrebno je poznavati sljedeće norme: EN 1990, EN 1993-1-1, EN 1991-1-2 i EN 1993-1-2.

Važno je shvatiti da su konstrukcije u slučaju požara izložene toplinskom i mehaničkom djelovanju. Posljedica tih djelovanja su toplinski i mehanički odgovor.

Autori