

IV. POGLAVJE 4: Računalniški programi za požarno analizo konstrukcij

J.J. Martínez de Aragón; F. Rey & J.A. Chica

LABEIN Technological Centre, Bilbao, Spain

POVZETEK: Ena glavnih nalog projekta DIFISEK (RFS-C2-03048) pod okriljem ECSC je zbrati in ovrednotiti obstoječo, javno dostopno programsko opremo za požarno odporno projektiranje. Da bi jo lahko pravilno ovrednotili, je potrebno določiti kriterije in jo klasificirati. Leta 1992 je Friedman na forumu International Co-operation on Fire Research predstavil pregled požarnih modelov za numerično analizo. Leta 2003 sta Olenick & Carpenter pregled razširila z vključitvijo več programske opreme in podrobno predstavila kategorije. V tem prispevku je predstavljena nova klasifikacija, ki temelji na zbranih podatkih iz omenjenih dokumentov in vsebuje posodobljen spisek obstoječe programske opreme s posebnim poudarkom na javno dostopni programski opremi. Predstavljeni so pomembni vidiki ovrednotenja obstoječe programske opreme za požarno odporno projektiranje. Pripravljen je vodnik za izbiro programske opreme, ki bo najbolje služila uporabniku. Vsebovanih je 177 različnih programskih orodij in od tega kar 30 javno dostopnih.

1 UVOD

Namen požarnega inženirstva je razviti zanesljive metodologije za varno projektiranje konstrukcij izpostavljenih vplivom požara. Za doseg tega cilja je potrebno dokazati, da je konstrukcija med požarom zmožna obdržati svojo nosilnost toliko časa, da jo lahko ovrednotimo kot varno (glej sliko 1).

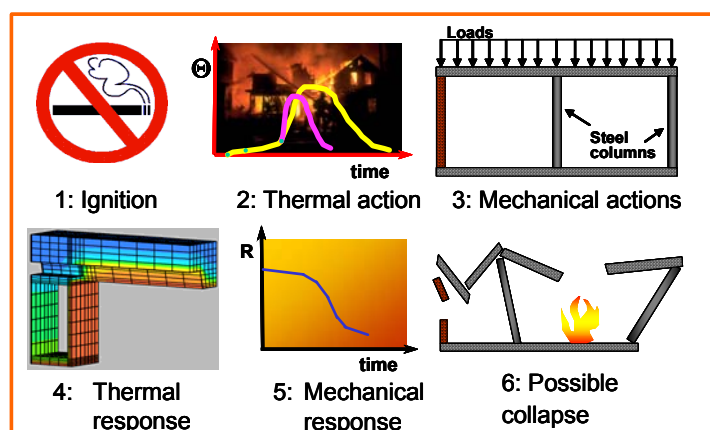
$$R > R_{req}$$

Odpornost konstrukcije izpostavljene požaru

Zahtevana odpornost za požarno varno konstrukcijo

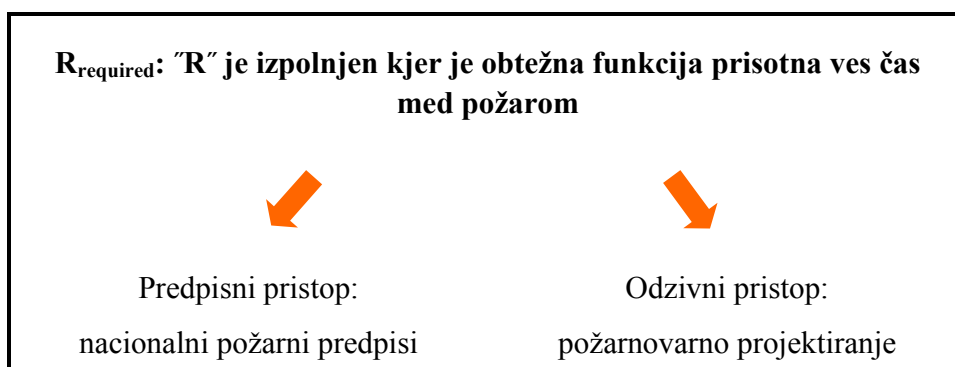
Slika 1: Zahteva, ki mora biti zagotovljena za požarno varno konstrukcijo

V zadnjih 15 letih je bilo izvedenih veliko projektov, ki se nanašajo na razvoj metodologij določitve odpornosti konstrukcij, izpostavljenih požaru. Vse te metode so bile upoštevane pri sestavi Evrokodov in so povezane z razvojem različnih pojavov v primeru požara (glej razvoj dogodkov na sliki 2).



Slika 2: Razvoj dogodkov med požarom

Za določitev varnosti je potrebno natančno določiti zahteve, ki jim mora konstrukcija zadoščati. Zahteve so običajno predpisane s funkcijami, odvisnimi od časa in so sestavni del tehničnih predpisov (predpisni pristop). V sklopu požarnega inženirstva je bilo razvitih veliko metod, v katerih so te omejitve upoštevane na bolj realističen način (odzivni pristop; glej sliko 3).



Slika 3: Zahteve

Za izračun faktorjev $R_{\text{odpornost konstrukcije v požaru}}$ in $R_{\text{zahteva po varnosti}}$ je bilo razvite veliko programske opreme.

Zabeleženih je bilo 177 programskih paketov in od tega 30 javno dostopnih.

Namen prispevka ni samo zbrati podatke o obstoječi programski opremi, ampak uporabniku olajšati izbiro primerne opreme za določene problem. Zelo pomembno je poznati posamezne požarne modele, ustrezno programsko opremo in področje na katerem jo je možno uporabiti.

Požarni model je model, ki opiše dogodek povezan s požarom, od začetka požara, evakuacije, do porušitve konstrukcije (in ne samo razvoj požara in prenos dima). Modele lahko razdelimo na matematične in eksperimentalne. Eksperimentalni modeli so modeli, ki se uporabljajo v realnem prostoru ter v tem prispevku ne bodo nadalje obravnavani. Obravnavani so matematični modeli, ki dogodek med požarom opisujejo s pomočjo enačb in matematičnih pristopov.

Matematične modele lahko razdelimo na deterministične in statistične. Deterministični modeli so oblikovani s pomočjo fizikalnih, termičnih in kemičnih zakonov, medtem ko statistični modeli niso opisani direktno z zakoni fizike, temveč s pomočjo statistične obdelave. Zaradi kompleksnosti modelov in velikega števila potrebnih iteracij je uporaba računalnikov nujna. Programska oprema za požarno varno projektiranje je oprema, s katero je možno rešiti enačbe, ki jih vsebujejo tako statistični kot deterministični požarni modeli.

V požaru se zvrsti mnogo dogodkov. Za namene pravilne primerjave je bila različna programska oprema razvrščena glede na področje, ki ga zajema (področje obravnave programske opreme).

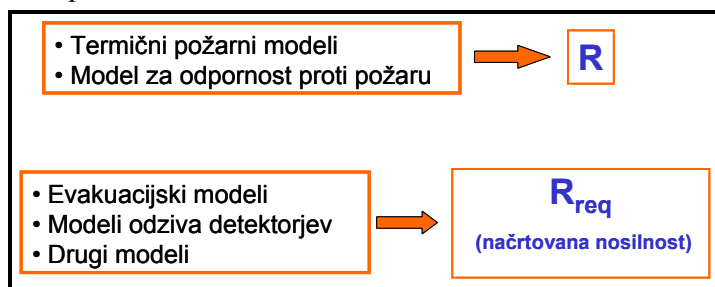
2 KLASIFIKACIJA PROGRAMSKE OPREME ZA POŽAR:

Najbolj običajni programski paketi opisujejo prenos dima in toplote v prostoru. Imenujejo se conski in področni modeli. Obstaja še vrsta drugih modelov glede na področje njihove uporabe kot na primer modeli za požarno odpornost konstrukcije ali modeli za odziv detektorjev. Klasifikacija, ki sta jo predstavila Olenick & Carpenter, omenja 6 tipov področja uporabe modelov: Modeli za odpornost konstrukcije med požarom, conski modeli, področni modeli, modeli izstopa, modeli odziva detektorjev in ostali modeli. V prispevku je število področij

reducirano na 5 z združitvijo področij conskih in področnih modelov v bolj splošno področje imenovano termični požarni modeli. Na ta način lahko modele klasificiramo le glede na področje uporabe in ne glede na matematične metode, s katerimi probleme rešujemo.

V okviru predstavljene klasifikacije lahko razlikujemo med dvema skupinama (glej sliko 4):

- Skupina, ki se nanaša na modele z opisom termičnega in mehanskega odziva konstrukcije (glej sliko 2)
- Skupina modelov, ki pomagajo pri določitvi zahtev, ki jih je potrebno zadovoljiti, da bo konstrukcija med požarom varna.



Slika 4: Skupine področij uporabe

2.1 Termični požarni modeli:

V to področje spadajo različni tipi programskih paketov, ki se uporabljajo za rešitev problema prenosa toplote med požarom. Za klasifikacijo lahko uporabimo SIST EN 1991 Del 1-2: Splošni vplivi – Vplivi na konstrukcije (glej sliko 5).

Požarni modeli		
Nominalna krivulja temperatura – čas (predpisni pristop)	Standardna krivulja temperatura - čas	
	Zunanja požarna krivulja	
	Hidrokarbonska krivulja	
Naravni požar (odzivni pristop)	Poenostavljen požarni model	Požarni sektorji
		Lokalizirani požar
	Napredni požarni model	Conski modeli
		Prostorski modeli

Slika. 5 Termična obtežba za požarno analizo – Požarni termični modeli

Na ta način je mogoče termične požarne modele klasificirati na naslednji način:

- Poenostavljeni termični požarni modeli:
 - modeli z lokaliziranim požarom

- modeli s požarom v sektorjih
- Napredni termični požarni modeli
 - conski modeli
 - prostorski modeli

2.1.1 Poenostavljeni termični požarni modeli

Ti modeli temeljijo na uporabi specifičnih fizikalnih parametrov in imajo majhno področje uporabe. Za požare v sektorjih je predpostavljena zvezna temperaturna razporeditev medtem ko je za lokalizirane požare predpostavljena nezvezna razporeditev.

Področje uporabe: Poenostavljeni termični požarni modeli

Model	Država	Id. številka	Kratek opis
DIFISEK-CaPaFi	Luxembourg	1	Izračun temperature jeklenega elementa. Možnost upoštevanja 5 lokalnih virov toplote. Temelji na EN 1991-1-2, prEN 1993-1-2 in ECSC projektni dokumentaciji "Large Compartment" & "Closed Car Parks".
DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A	Luxembourg	2	Izračun parametrične krivulje temperatura-čas požarnega sektorja ter temperature elementa z zaščito ali brez izpostavljenega vplivom po izračunani krivulji. Temelji na EN 1991-1-2 Annex A and prEN 1993-1-2.
DIFISEK-TEFINAF	Luxembourg	3	Izračun temperaturnega polja v prečnem prerezu jeklenega stropnega elementa v odvisnosti od funkcije časa in oddaljenosti od požara. Temelji na oročilu EUR 18868 "Development of design rules for steel structures submitted to natural fires in large compartments".
Parametrická teplotní křivka	Češka	174	Izračun temperaturne krivulje v prostoru. Vhodni podatki: dimenzije prostore in odprtine, požarna obtežba, materialne lastnosti sten. Velja za poljubno obliko prostora, za vse oblike in velikosti oken. Izračun rezultatov in izris krivulje
Přestup tepla	Češka	175	Izračun temperature v jekleni konstrukciji pri požaru. Uporablja iteracijsko metodo, podano v SIST EN 1993-1-2. Prerez je lahko požarno zaščiten s premazom ali z oblogami ali je nezaščiten. Program vsebuje knjižnico vročevaljanih profilov in njihovih karakteristik. Uporabimo lahko ;standardno krivuljo, hidrokarbonsko krivuljo ali parametrično krivuljo (potreben je vnos parametrov). Program izriše krivulji temperature plinov v prostoru temperaturno krivuljo v jekleni konstrukciji.

Prvi trije programski paketi v zgornji preglednici so bili razviti v Profil-Arbed in kasneje dopolnjeni s strani Profile Arbed Researchers (PARE) za namene tega projekta. Ostala dva sta razvita na CTU v Pragi, dostopna na www.access-steel.cz/page-nastroj.

2.1.2 Napredni termični požarni modeli

2.1.2.1 Conski modeli:

Conski požarni model je računalniški model, ki razdeli obravnavano območje na različne kontrolne volumne, imenovane cone. Največ conskih modelov uporablja dve coni, zgornjo vročo cono in spodnjo hladno cono. Poseben primer conskih modelov so enoconski modeli, ki temeljijo na predpostavki, da cona ni slojevita ampak ima homogene lastnosti po vsem prostoru. Nekateri conski modeli omogočajo prehod iz dvoconskega v enoconski model, ko so za to izpolnjeni določeni pogoji.

Da bi lahko uporabili vodilne enačbe, ki predstavljajo bistvo požarnih modelov, je potrebno privzeti mnogo predpostavk. Veliko od teh predpostavk temelji na opazovanju eksperimentalnih preizkusov in modelov. Glavne predpostavke so:

- Dim se formira v dve plasti (opaženo v realnih požarih). Predpostavljeno je, da so pogoji v plasti konstantni. Predpostavka je sprejemljiva, saj je razlika med posameznimi plastmi v realnem požaru veliko večja kot razlike v posamezni plasti.
- Ognjeni plameni potiskajo maso (delce dima) in toploto v zgornjo cono. Volumen plamenov je predpostavljen kot majhen proti volumnu zgornje in spodnje cone.
- Velika večina predmetov v obravnavani sobi se zanemari; Toplota se izgublja skozi ovoj obravnavanega prostora in ne v pohištvo (nekateri modeli upoštevajo širjenje ognja po pohištvi, vendar le v majhni meri)
-

Vhodni podatki običajno vsebujejo temperaturo prostora, konfiguracijo prostora (vse stene, tla in stropove), število odprtih in njihove velikosti, lastnosti pohištva v prostoru in hitrost sproščanja toplote (kakšna snov gori).

Izhodni podatki običajno vsebujejo informacije o potrebi in načinu namestitve sprinkler sistema, času sprožitve požarnih alarmov, času do izbruha požara, zgornji in spodnji temperaturi plasti, višini plasti dima ter popustitev materiala.

Z uporabo conskih modelov ne zajamemo povratnega sevanja okolice. Toplota, ki se sprosti, ni izhodni podatek. Potrebno je opraviti preizkuse za določitev velikosti požara. Izkušnje požarnega inženirja so velikega pomena pri pravilnem modeliranju posameznega požara.

Področje uporabe: Conski modeli			
Model	Država	Id. številka	Kratek opis.
ARGOS	Danish	4	Večprostorski conski model.
ASET/ASET-B	ZDA	5	Enoprostorski conski model brez prezračevanja.
ASMET	ZDA	6	Atria inženirsko orodje za simulacijo dima.
Branzfire	New Zealand	7	Večprostorski conski model s polno implementacijo modela za širitev in rast požara.
BRI-2	Japonska/US	8	Dvoplastni conski model za večnadstropne stavbe z več prostori. Prenos dima.
CCFM/Vents	ZDA	9	Večprostorski conski model s prezračevanjem.
Cfire-X	Nemčija/Norveška	10	Conski model za sektorske požare. Posebej za požare tekočih goriv.
CiFi	Francija	11	Večprostorski conski model.
COMPBRN	ZDA	12	Conski model s sektorji.
COMPF2	ZDA	13	Enoprostorski model za simulacijo stanja po izbruhu požara v določenem sektorju.
<i>DACFIR-3</i>	<i>ZDA</i>	<i>14</i>	<i>Conski model za letalsko kabino.</i>
DSLAYV	Švedska	15	Enoprostorski conski model.
FAST/CFAST	ZDA	16	Conski model s sektorji.
FASTLite	ZDA	17	Omejena verzija CFAST.
FFM	ZDA	18	Conski model za analizo pred izbruhom požara.
<i>FIGARO II</i>	<i>Nemčija</i>	<i>19</i>	Conski model za določitev vzdržljivosti.
FIRAC	ZDA	20	Uporablja FIRIN in kompleksne prezračevalne sisteme.
FireMD	ZDA	21	Enoprostorski, dvoconski model.
FireWalk	ZDA	22	Uporablja CFAST z izboljšano vizualizacijo.
FireWind	Avstralija	23	Večprostorski conski model z več pod modeli.
FIRIN	ZDA	24	Večprostorski conski model s kanali, ventilatorji in filterji.
FIRM	ZDA	25	Enoprostorski, dvoconski model.
FIRST	ZDA	26	Enoprostorski, conski model, z ventilacijo.
FLAMME-S	Francija	27	Dvoconski model.
FMD	ZDA	28	Conski model za Atrio.
HarvardMarkVI	ZDA	29	Starejša verzija FIRST-a.
HEMFAST	ZDA	30	Gorenje pohištva.
HYSLAB	Švedska	31	Conski model za čas pred izbruhom požara.
IMFE	Poljska	32	Enoprostorski, dvoconski model z ventilacijo.
<i>MAGIC</i>	<i>Francija</i>	<i>33</i>	Dvoconski model za nuklearne elektrarne.
MRFC	Nemčija	34	Večprostorski conski model, pretok plinov in termična obtežba konstrukcij.
NAT	Francija	35	Enoprostorski, conski model s poudarkom na odzivu konstrukcije.
NBS	ZDA	36	Conski model, čas pred izbruhom požara.
NRCC1	Kanada	37	Enoprostorski, conski model.
NRCC2	Kanada	38	Conski model za velike pisarne.
OSU	ZDA	39	Enoprostorski, conski model.
Ozone	Belgija	40	Conski model s poudarkom na odzivu konstrukcije.
POGAR	Rusija	41	Enoprostorski, conski model.
RADISM	Velika Britanija	42	Conski model z upoštevanjem uporabe sprinkler sistema v buoyant-ovi plasti.
RFIRES	ZDA	43	Conski model, čas pred izbruhom požara.
R-VENT	Norveška	44	Enoprostorski model za ventilacijo plinov.
SFIRE-4	Švedska	45	Conski model, čas pred izbruhom požara.
SICOM	Francija	46	Enoprostorski, conski model.
SMKFLW	Japonska	47	Conski model za prenos plinov v eni plasti v

			stavbah.
Smokepro	Avstralija	48	Enoprostorski, conski model.
SP	Velika Britanija	49	Conski model za analizo po izbruhu požara.
WPI-2	ZDA	50	Enoprostorski, conski model.
WPIFIRE	ZDA	51	Večprostorski, conski model.
ZMFE	Poljska	52	Enoprostorski, conski model.

Večina te programske opreme obravnava prenos plinov in toplote. Uporaba pri projektiranju konstrukcij je omejena na določitev zunanje temperature določenih konstrukcijskih elementov. Programi, ki so v tabeli označeni s krepkim tiskom, se lahko neposredno uporabijo za požarno odporno projektiranje konstrukcij. Z ležečim tiskom so označeni programi, ki so omejeni na uporabo za posebne primere in so malo uporabni za požarno odporno projektiranje. Omenjeni niso še trije drugi modeli, za katere ni bilo mogoče pridobiti več informacij: CISNV (Rusija), FirePro (Velika Britanija) and FireWalk (ZDA).

2.1.2.2 Področni modeli:

Področni modeli (CFD) predstavljajo najnovejšo tehnologijo na področju požarno odpornega projektiranja. CFD modeli uporabljajo kontrolne volumne, ki so podobni conskim modelom, le da imajo conski modeli le nekaj con, področni modeli pa lahko uporabijo tisoče kontrolnih volumskih celic.

S CFD modeliranjem se problem reši z reševanjem časovno odvisnih diferencialnih enačb (Navier-Stokesove enačbe) za vsak kontrolni volumen posebej. Tako podroben opis problema je časovno zelo zahteven, a je z njim možno opisati bolj zapletene geometrije prostorov. Natančnost opisa je s tem večja, saj je potrebno manj določiti manj predpostavk in robni pogoji enačb so enostavnejši.

Vhodni podatki vsebujejo podroben opis geometrije prostorov, konfiguracijo prostora (vse stene, tla in stropove), število odprtih in njihove velikosti, lastnosti pohištva v prostoru, karakteristike gorljivih snovi, parametre turbulence ter parametre radiacije.

Izhodni podatki običajno vsebujejo smer in hitrost prenosa plinov in toplote, informacije o potrebi in načinu namestitve sprinkler sistema, času sprožitve požarnih alarmov, času do izbruha požara, temperature področja, hitrosti, velikosti plasti dima in pričetek tečenja določenih elementov.

Za CFD analize je potrebno veliko časa, saj se računski čas povečuje z gostitvijo mreže kontrolnih volumnov. Veliko parametrov je predpostavljanih, zato je potrebno CFD modele preveriti in umeriti.

CFD modele je mogoče uporabiti na kompleksnih modelih (npr. ukrivljenih stenah). V primerjavi s conskimi modeli se CFD uporablja na veliko drugih področjih tehnike (strojništvo, letalska industrija), zato je dostopnih veliko podatkov, s čimer je verifikacija modelov olajšana.

Področje uporabe: Področni modeli (CFD)			
Model	Država	Id. številka	Kratek opis
<i>ALOFT-FT</i>	ZDA	53	<i>Prenos dima velikih zunanjih požarov.</i>
CFX	Velika Britanija	54	CFD za splošno uporabo.
FDS	ZDA	55	CFD koda za specifično uporabo.
FIRE	Avstralija	56	CFD model z uporabo vodnih šob, z upoštevanjem trdih in tekočih goriv ter procesa gorenja in gašenja.
FISCO-3L	Nemčija/Norveška	57	Enoprostorski področni model za opis interakcije splikler sistema s plini požara in vsiljeno ali naravno ventilacijo.
FLUENT	ZDA	58	CFD za splošno uporabo.
JASMINE	Velika Britanija	59	CFD model za širjenje ognja in dima.
KAMALEON	Norveška	60	CFD model za uporabo s kodo končnih elementov za termični odziv konstrukcij.
KOBRA-3D	Nemčija	61	CFD model za prenos toplote in dima.
MEFE	Portugal	62	CFD model za dva prostora, vsebuje časovno odvisen odziv vezanih problemov.
PHOENICS	Velika Britanija	63	CFD za splošno uporabo.
RMFIRE	Kanada	64	Dvodimenzionalni področni model za zvezen izračun prenosa dima.
SMARTFIRE	Velika Britanija	65	Model področja požara.
SmokeView	ZDA	66	Orodje za grafični prikaz FDS podatkov.
SOFIE	Velika Britanija/Švedska	67	CFD model za širitev ognja in dima.
<i>SOLVENT</i>	ZDA	68	CFD model za širitev toplote in dima v tunelih.
SPLASH	Velika Britanija	69	Področni model za opis interakcije sprinkler sistema in plinov.
STAR-CD	Velika Britanija	70	CFD za splošno uporabo.
<i>TUNFIRE</i>	<i>Velika Britanija</i>	<i>71</i>	CFD model za širitev toplote in dima v tunelih.
UNSAFE	ZDA/Japonska	72	Področni model za zunanje in notranje požare.

Večina programske opreme je omejena na prenos toplote in plinov v primeru požara. Uporaba pri projektiranju konstrukcij je omejena na določitev zunanje temperature določenih konstrukcijskih elementov. Programi, ki so v tabeli označeni s krepkim tiskom, se lahko uporabljajo v splošne namene. Z ležečim tiskom so označeni programi, ki so omejeni na uporabo za posebne naemne in so malo uporabni za požarno odporno projektiranje. Omenjeni niso še trije drugi modeli, za katere ni bilo mogoče pridobiti več informacij: STREAM (Japonska), VESTA (Nizozemska) in FLOTRAN (ZDA).

2.2 Modeli za odpornost proti požaru:

Ti modeli simulirajo odziv konstrukcijskih elementov izpostavljenim požaru. Osnovni namen je določitev časa porušitve elementov med požarom. Modeli so sestavljeni s pomočjo termičnih in mehanskih fizikalnih zakonov.

Kot pri termičnih modelih, je tudi tukaj mogoče najti različne vrste programskega orodja, s katerim je mogoče določiti mehanski odziv konstrukcij izpostavljenih požaru. Kvalifikacija

modelov je delno prevzeta iz Evrocodov (EN 1991-1-2:2002 in EN 1993-1-2:2005). V tem primeru lahko modele razdelimo na poenostavljene in napredne.

Zahtevani vhodni vključujejo materialne karakteristike in robne pogoje, vključno s požarno obtežbo.

Izhodni podatki so čas porušitve, napetosti in deformacije konstrukcijskih elementov.

Postopek računa			Tabele s podatki	Enostavne računske metode	Napredne metode
Predpisni pristop	Analiza elementov	Račun mehanskega vpliva in robnih pogojev	Da	Da	Da
	Analiza dela konstrukcije		Ne	Da (če je na voljo)	Da
	Globalna analiza	Izbira mehanskega vpliva	Ne	Ne	Da
Odzivni pristop	Analiza elementov	Račun mehanskega vpliva in robnih pogojev	Ne	Da (če je na voljo)	Da
	Analiza dela konstrukcije		Ne	Ne	Da
	Globalna analiza	Izbira mehanskega vpliva	Ne	Ne	Da

Slika 6 Klasifikacija potekov požarnega projektiranja.

2.2.1 Poenostavljeni modeli za požarno odpornost:

Ti modeli obravnavajo konstrukcijske modele posamično in temeljijo večinoma na poenostavljenih metodah. Nekatere od njih je mogoče vključiti v conske in področne modele.

Področje uporabe: Poenostavljeni modeli za požarno odpornost			
Model	Država	Id. številka	Kratek opis
AFCB	Luxembourg	73	Projektiranje sovprežnih nosilcev po Evrokodu 4.
AFCC	Luxembourg	74	Projektiranje sovprežnih stebrov po Evrokodu 4.
CIRCON	Kanada	75	<i>Model požarne odpornosti za armiranobetonske stebre z okroglim prerezom.</i>
COFIL	Kanada	76	Požarna odpornost okroglih, votlih prerezov, napolnjenih z betonom.
Elefir-EN	Portugal/Belg.	173	Požarna odpornost jeklenih elementov v skladu s Evrokod 3 standardom.
Elefir	Belgija	77	Požarna odpornost jeklenih elementov Evrokodu 3.
H-Fire	Nemčija	78	Izračun projektne nosilnosti sovprežnih elementov s poenostavljenimi modeli po EN 1994-1-2
INSTAI	Kanada	79	Požarna odpornost izoliranih, okroglih, votlih jeklenih stebrov.
INSTCO	Kanada	80	Požarna odpornost okroglih, votlih jeklenih prerezov, napolnjenih z betonom.
POTFIRE	Francija	81	Požarna odpornost okroglih, votlih jeklenih prerezov, napolnjenih z betonom z uporabo aneksa G it Evrokoda 4.
RCCON	Kanada	82	<i>Model požarne odpornosti za armiranobetonske stebre s pravokotnim prerezom.</i>
RECTST	Kanada	83	Požarna odpornost izoliranih, pravokotnih, votlih jeklenih stebrov.
SQCON	Kanada	84	<i>Požarna odpornost armiranobetonskih stebrov s pravokotnim prerezom.</i>
WSHAPS	Kanada	85	Požarna odpornost zaščitenih jeklenih stebrov s prezom W oblike.

Programska oprema, označena z ležečim tiskom, je uporabna samo za betonske konstrukcijske elemente.

2.2.2 Napredni modeli za požarno odpornost:

Z uporabo teh modelov je mogoče statično ali dinamično simulirati odziv del ali celotno konstrukcijo, s čimer je mogoče določiti čas porušitve celotne konstrukcije. Ta programska oprema praviloma vsebuje okolje za končne elemente in se uporablja v splošne namene.

Področje uporabe: Napredni modeli za požarno odpornost			
Model	Država	Id. številka	Kratek opis.
ABAQUS	ZDA	86	Splošno okolje za končne elemente.
ALGOR	ZDA	87	Splošno okolje za končne elemente.
ANSYS	ZDA	88	Splošno okolje za končne elemente.
BoFire	Nemčija	89	Okolje za končne elemente za tranzientne, nelinearne sisteme z inkrementno metodo. Termične in mehanske lastnosti materiala se podaja v skladu z ENV 1994-1-2. Obravnavati je možno jeklene, sovprežne in armiranobetonske konstrukcije.
<i>BRANZ-TR8</i>	<i>New Zealand</i>	<i>90</i>	<i>Program za določitev požarne odpornosti armiranobetonskih prednapetih betonskih stropov.</i>
CEFICOSS	Belgija	91	Model za požarno odpornost.
CMPST	Francija	92	Mehanska odpornost prerezov pri povišani temperaturi.
COMPSL	Kanada	93	Temperatura večslojnih plošč, izpostavljenih požaru.
COSMOS	ZDA	94	Splošno okolje za končne elemente.
FASBUS	ZDA	95	Mehanska odpornost konstrukcijskih elementov , izpostavljenih požaru.
FIRES-T3	ZDA	96	Uporabljena metoda končnih elementov za prevod toplote 1 , 2 in 3D konstrukcij.
HSLAB	Švedska	97	Razvoj temperature v ploščah, sestavljenih iz več materialov.
LENAS	Francija	98	Mehanski odziv jeklenih konstrukcij med požarom.
LZDAS	Velika Britanija	99	Splošno okolje za končne elemente.
NASTRAN	ZDA	100	Splošno okolje za končne elemente.
SAFIR	Belgija	101	Toplotna in mehanska analiza konstrukcij med požarom.
SAWTEF	ZDA	102	Analiza jeklenih povezovalnih plošč lesenih paličij, izpostavljenim požaru.
SISMEF	Francija	103	Mehanski odziv sovprežnih konstrukcij iz jekla in betona.
STA	Velika Britanija	104	Tranzienten prehod v segrelih trdnih telesih.
STELA	Velika Britanija	105	3D model s končnimi volumni, integriran v JASMINE inand SOFIE. Izračun odziva konstrukcijskih elementov na požarne pline.
TASEF	Švedska	106	Analiza konstrukcij, izpostavljenim požaru, s pomočjo metode končnih elementov.
<i>TCSLBM</i>	<i>Kanada</i>	<i>107</i>	<i>2D razpored temperature betonskih stebrov in plošč med požarom.</i>
THELMA	Velika Britanija	108	Analiza konstrukcij, izpostavljenim požaru, s pomočjo metode končnih elementov.
<i>TR8</i>	<i>New Zealand</i>	<i>109</i>	<i>Požarna odpornost betonskih plošč in stropnih sistemov.</i>
VULCAN	Velika Britanija	110	3D analiza jeklenih in sovprežnih okvirjev s stropovi med požarom.
<i>WALL2D</i>	<i>Kanada</i>	<i>111</i>	<i>Prehod toplote skozi skozi stene iz lesenih desk med požarom.</i>
Ocel požar	Češka	177	Predstavlja del sistema FINE10. Račun požarne odpornosti jeklenih elementov v skladu s EN1993-1-2. Program vsebuje knjižnico vročevaljanih profilov. Dodajo se lahko poljubni prerezi. Prerezi so lahko zaščiteni ali nezaščiteni. Uporabimo lahko ;standardno krivuljo, hidrokarbonsko krivuljo ali parametrično krivuljo (potreben je vnos parametrov). Elemeti so lahko natezno, tlačno ali upogibno obremenjeni, upoštevana je tudi interakcija osna sila in upogib. Notranje sile so izračunane s paketom FINE 2D ali FINE 3D.

Programska oprema, označena s poševnim tiskom ni uporabna za analizo jeklenih konstrukcij. S krepko poudarjenim tekstom je označena programska oprema za splošno uporabo. Omenjena nista bila še dva programska paketa, za katera ni bilo mogoče pridobiti več informacij: HEATING in TAS (ZDA).

2.3 Evakuacijski modeli (Egress):

Evakuacijski modeli se uporabljajo za izračun predvidenega časa za evakuacijo stavbe. Modeli se običajno uporabljajo v posebnih analizah, ki predstavljajo alternativni pristop h klasičnemu projektiranju in za določitev krajev nastanka gneče v času evakuacije.

Nekatere od omenjenih modelov je mogoče povezati s conskimi in področnimi modeli za namene določitve nastopa skrajnih življenjskih pogojev v stavbi.

Z bolj zapletenimi modeli te skupine je mogoče upoštevati vplive kot so psihološki vpliv ognja na človeka, pojave slabe vidljivosti, toksičnost plinov. Nekateri od njih imajo celo razvit grafični prikaz premikanja ljudi med evakuacijo.

Vhodni podatki običajno vsebujejo zasedenost stavbe ter geometrijo.

Izhodni podatki vključujejo čas, ki je potreben za evakuacijo in lokalizacija področja, kjer prihaja do gneče.

Evakuacijski modeli so običajno statistični.

Področje uporabe: Evakuacija			
Model	Država	Id. število	Kratek opis
AEA EGRESS	ZDA	112	Analiza poteka evakuacije ljudi.
ALLSAFE	Norveška	113	Analiza poteka evakuacije z upoštevanjem narave ljudi.
ASERI	Nemčija	114	Pomikanje ljudi po stavbah z zapleteno geometrijo z upoštevanjem faktorjev širitve ognja in dima.
BGRAF	ZDA	115	Evakuacijski model, ki vključuje stohastičen model človeških odločitev.
EESCAPE	Avstralija	116	Evakuacija visokih zgradb z uporabo stopnišč.
EGRESS	Velika Britanija	117	Evakuacijski model za objekte z zapleteno geometrijo z grafičnim prikazom.
EGRESSPRO	Avstralija	118	Evakuacijski model, ki vključuje vplive splinker sistemov in aktivacijo detektorjev.
ELVAC	ZDA	119	Evakuacija visokih zgradb z uporabo dvigal.
EVACNET	ZDA	120	Določitev optimalnega načrta za evakuacijo.
EVACS	Japonska	121	Evakuacijski model za optimalno projektiranje.
EXIT89	ZDA	122	Evakuacija visokih zgradb z uporabo.
EXITT	ZDA	123	Točkovni in ločni tip evakuacijskih modelov z upoštevanjem vedenja ljudi.
EXODUS	Velika Britanija	124	Orodje za varnostno industrijo.
GRIDFLOW	Velika Britanija	125	Simulacija poteka evakuacije ter določitev časa spraznitve posameznih nadstropij in celotne stavbe.
PATHFINDER	ZDA	126	Evakuacijski model.
PEDROUTE	Velika Britanija	127	Simulacija gibanja pešcev.
SEVE_P	Francija	128	Evakuacijski model z grafičnim prikazom, upoštevanje preprek.
SIMULEX	Velika Britanija	129	Evakuacijski model.
STEPS	Velika Britanija	130	Simulacija gibanja pešcev, 3D vizualizacija.
WAYOUT	Avstralija	131	Evakuacijski model programskega paketa Wind package.

V zgornji tabeli ni bilo omenjenih še naslednjih nekaj programskih paketov, za katere ni bilo mogoče pridobiti več informacij: BFIRE, ERM, Magnetic Simulation, Takashi's Fluid Model in VEGAS (Velika Britanija).

2.3.1 Modeli odziva detektorjev:

Modeli odziva detektorjev so namenjeni določitvi časa, ki je potreben za aktivacijo aktivnih naprav kot so detektorji dima, termalni detektorji in detektorji v sprinkler sistemih.

Pri teh modelih se uporabljajo conski modeli za določitev prenosa toplote in plinov ter podmodeli za določitev odziva detektorjev na pline in toploto. Predpostavijo se poenostavljene relacije za določitev prenosa toplote do detektorjev, s čimer je mogoč izračun časa do aktivacije.

Vhodni podatki običajno zajemajo karakteristike in lokacijo detektorjev ter količino sproščene toplote požara. Za bolj zahtevne modele je so potrebni podatki natančne geometrije prostorov in materialov.

Izhodni podatki vključujejo čas aktivacije detektorjev in bolj natančnih modelih posledice aktivacije aktivnih varnostnih sistemov.

Pri izbiri modelov je potrebna pazljivost, saj veliko modelov odziva detektorjev upošteva samo ravne stropove.

Področje uporabe: Modeli odziva detektorjev			
Model	Država	Id. število	Kratek opis
ASCOS	ZDA	132	Analiza sistemov za kontrolo vsebnosti dima.
DETECT-QS	ZDA	133	Izračun aktivacije termalnih detektorjev vgrajenih v neomejene stropove, poljuben požar.
DETECT-T2	ZDA	134	Izračun aktivacije termalnih detektorjev vgrajenih v neomejene stropove, t2 požar.
FPETOOL	ZDA	135	Set enačb, ki so uporabne za ocene tveganja z upoštevanjem sistemov za zaščito pri požaru.
G-JET	Norveška	136	Model za detekcijo dima.
JET	ZDA	137	Model za ocenitev časa aktivacije detektorjev ter temperature plinov v plasti dima.
LAVENT	ZDA	138	Odziv sprinkler sistemov v sektorskih požarih z stropnimi in vertikalnimi šobami.
PALDET	Finland	139	Odziv sprinkler sistema in detektorjev dima na neomejenih stropovih.
SPARTA	Velika Britanija	140	Sprinkler model (particle-tracking), integriran v JASMINE, za izračun vplivov na pline nastale pri požaru.
SPRINK	ZDA	141	Odziv sprinkler sistema v visokih skladiščih.
TDISX	ZDA	142	Odziv sprinkler sistema v skladiščih.

Omenjen ni model HAD, za katerega ni bilo mogoče pridobiti več informacij.

2.4 Splošno:

Obstajajo še drugi požarni modeli, ki niso zajeti v našete kategorije. Nekateri od njih so sestavljeni iz dveh ali več zgoraj naštetih modelov, drugi se uporabljajo za specifične namene analize požarov, ki niso vključeni v omenjene kategorije. Ti modeli so kategorizirani pod točko splošno.

Veliko teh modelov je v obliki računalniških programov in vsebujejo več podmodelov in jih zato lahko vključimo v več zgoraj omenjenih kategorij. Podmodeli so običajno programski paketi, ki se vsak zase uporablja za poseben namen analize požarov.

Področje uporabe: Splošno			
Model	Država	Id. število	Kratek opis
ALARM	Velika Britanija	143	Optimizacija stroškov
ASKFRS	Velika Britanija	144	Paket modelov, conski model.
BREAK1	ZDA	145	Odziv oken v požaru.
BREATH	Velika Britanija	146	Disperzija škodljivih snovi v mreži sektorjev z ventilacijo.
Brilliant	Norveška	147	CFD model kombiniran z analitičnimi modeli.
COFRA	ZDA	148	Model za oceno tveganja.
CONTAMW	ZDA	149	Model zračnega toka.
CRISP	Velika Britanija	150	Conski model z oceno tveganja in načinom evakuacije.
FIERAsystem	Kanada	151	Model za oceno tveganja s korelacijami.
FireCad	ZDA	152	Dodatek za CFAST.
FIRECAM	Kanada	153	Ocena tveganja poškodb.
FIREDEMND	ZDA	154	Določitev potrebnih zalog vode za gašenje.
FIRESYS	New Zealand	155	Paket programov za uporabo z načrtovanjem nosilnosti konstrukcije.
FIREX	Nemčija	156	Poenostavljeni conski modeli z statistično korelacijo.
FIVE	ZDA	157	Izračun ranljivosti konstrukcij v primeru požara.
FRAME	Belgija	158	Model ocene tveganja požara.
FREM	Avstralija	159	Model ocene tveganja požara.
FriskMD	ZDA	160	Conski model FireMD z oceno tveganja.
HAZARD I	ZDA	161	Conski model z možnostjo upoštevanja evakuacije.
JOSEFINE	Velika Britanija	162	Vmesnik za conske in SFD modele, ter modele evakuacije in modele ocene tveganja.
MFIRE	ZDA	163	Ventilacijski sistemi za uporabo z Mine.
RadPro	Avstralija	164	Model radiacije pri požaru.
Risiko	Switzerland	165	Model za oceno tveganja.
RISK-COST	Kanada	166	Pričakovano tveganje glede na življenjsko dobo in ceno za primer požara.
RiskPro	Avstralija	167	Model za rangiranje glede na oceno tveganja.
SMACS	ZDA	168	Prenos dima skozi prezračevalne sisteme.
SPREAD	ZDA	169	Napoved hitrosti sproščanja toplote in širjenja požara po steni.
ToxFED	Velika Britanija	170	Izračun FED (Fractional Effective Dose) s pomočjo koncentracij v plasteh dima.
UFSG	ZDA	171	Napoved širjenja ognja v vertikalni smeri.
WALLEX	Kanada	172	Izračun prenosa toplote ognja skozi okno v steno nad njim.

Omenjen ni model Dow indices (ZDA), za katerega ni bilo mogoče pridobiti več informacij.

2.5 Javno dostopna programska oprema za požar:

Izmed vsemi zbranimi programskimi paketi je 30 javno dostopnih. Našteti so v naslednji tabeli:

Javno dostupna programska oprema za požar			
Model	Področje:	Id. število	Dostopno na:
DIFISEK-CaPaFi	Poenostavljeni termični požarni modeli	1	www.sections.arcelor.com
DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A	Poenostavljeni termični požarni modeli	2	www.sections.arcelor.com
DIFISEK-TEFINAF	Poenostavljeni termični požarni modeli	3	www.sections.arcelor.com
ASET/ASET-B	Conski termični požarni modeli	5	www.fire.nist.gov
ASMET	Conski termični požarni modeli	6	www.fire.nist.gov
CCFM/Vents	Conski termični požarni modeli	9	www.fire.nist.gov
FAST/CFAST	Conski termični požarni modeli	16	www.fire.nist.gov
FIRST	Conski termični požarni modeli	26	www.fire.nist.gov
OZONE	Conski termični požarni modeli	40	www.ulg.ac.be www.sections.arcelor.com
ALOFT-FT	Področni termični požarni modeli	53	www.fire.nist.gov
FDS	Področni termični požarni modeli	55	www.fire.nist.gov
SmokeView	Področni termični požarni modeli	66	www.fire.nist.gov
AFCB	Požarna odpornost-poenostavljeno	73	www.sections.arcelor.com
AFCC	Požarna odpornost -poenostavljeno	74	www.sections.arcelor.com
ELEFIR	Požarna odpornost -poenostavljeno	77	www.ulg.ac.be
H-Fire	Požarna odpornost -poenostavljeno	78	www.stahlbau.uni-hannover.de
POTFIRE	Požarna odpornost -poenostavljeno	81	www.cidect.org
ELVAC	Evakuacijski modeli	119	www.fire.nist.gov
EVACNET	Evakuacijski modeli	120	http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet
ASCOS	Modeli odziva detektorjev	132	www.fire.nist.gov
DETECT-QS	Modeli odziva detektorjev	133	www.fire.nist.gov
DETECT-T2	Modeli odziva detektorjev	134	www.fire.nist.gov
FPETOOL	Modeli odziva detektorjev	135	www.fire.nist.gov
JET	Modeli odziva detektorjev	137	www.fire.nist.gov
LAVENT	Modeli odziva detektorjev	138	www.fire.nist.gov
BREAK1	Splošno	145	www.fire.nist.gov
FIREDEMND	Splošno	154	www.fire.nist.gov
Parametrická teplotní křivka	Poenostavljen termični model	174	www.access-steel.cz/page-nastroje-pro-navrhovani/
Přestup tepla	Termični model za požarno analizo	175	www.access-steel.cz/page-nastroje-pro-navrhovani/
Požární odolnost	Poenostavljen model za požarno analizo	176	www.access-steel.cz/page-nastroje-pro-navrhovani/

3 OCENA PROGRAMSKE OPREME:

Glavni ocenjevalni vidiki programske opreme so:

- Metodologija izračuna – uporabljeni fizikalni in matematični modeli
- Dokumentacija programske opreme
- Uporabniški vidik

3.1 Metodologija izračuna – uporabljeni fizikalni in matematični modeli:

Najbolj pomemben del metodologije izračuna je formulacija problema, ki običajno temelji na fizikalnih ali termičnih zakonih ali eksperimentalnih podatkih. Zanesljivost programske opreme je odvisna od natančnosti in zanesljivosti uporabljene formulacije.

Nemogoče je upoštevati vse vplive, ki so povezani z dogodkom požara, zato je potrebno vpeljati mnogo predpostavk. Natančnost programske opreme temelji na uporabljenih predpostavkah.

Tako formulacija kot uporabljene predpostavke vplivajo na uporabnost programskega orodja za določen namen. Na omejenost uporabe pa vplivajo tudi drugi dejavniki kot so velikost modela in kompleksnost geometrije. Vsi ti dejavniki vplivajo na to, ali bo možno programsko opremo uporabiti za določen primer ali ne.

3.2 Dokumentacija programske opreme:

Ko začnemo uporabljati programsko opremo, je pomembno, da zberemo vse informacije. Najbolj pomembni deli dokumentacije so uporabniška navodila, tehnični vodniki, članki in računski primeri za oceno ustreznosti. Kvaliteta in jasnost naštetih dokumentov je zelo pomembna za pravilno uporabo programske opreme in tako tudi za zanesljivost in natančnost dobljenih rezultatov.

3.3 Uporabniški vidik:

Uporabniški vidik je dejavnik, ki ne vpliva na zanesljivost in natančnost programske opreme, a ima kljub temu velik vpliv na uporabo programa. Dober uporabniški vmesnik omogoča lažji vnos podatkov, s čimer se lahko izognemo nepotrebnim napakam. Dober prikaz rezultatov programa v tekstovni in grafični obliki je zelo pomemben za pravilno predstavbo o obravnavanem problemu. Ti dejavniki predstavljajo prijaznost programske opreme do uporabnika in lahko prispevajo k manj napakam in h krajšem času obdelave rezultatov.

4 PREIZKUŠENA PROGRAMSKA OPREMA

V fazi projekta je bilo pridobljenih veliko informacij o različni programski opremi za požar. Zaradi velikega števila je podroben opis programov omejen na 14 izbranih, za katere so v Aneksu I predstavljeni podrobni rezultati ocen in preizkušanj. Izdelana je bila baza podatkov o podrobno predstavljeni programski opremi, ter vsej ostali, za katero so navedeni le osnovni podatki. Baza je dostopna na spletni strani DIFSEK partnerjev.

4.1 Informacije za vsak programski paket v tekstovni obliki:

Identifikacija programske opreme (splošne informacije): ime, verzija, leto, področje uporabe, država, avtorji, organizacija, sistemske zahteve, programski jezik, velikost, dostopnost, kontaktne informacije in opis.

- Ocenjevalni vidiki:
 - Metodologija izračuna: formulacija, predpostavke in omejitve
 - Dokumentacija programske opreme, uporabniška navodila, tehnični vodniki, članki in računski primeri za oceno ustreznosti.
 - Uporabniški vidik: uporabniški vmesnik, oblika vhodnih in izhodnih podatkov ter grafika.
- Zaključki: Ocena na podlagi zgoraj navedenih vidikov in zahtev uporabnika..

4.2 Petnajst računalniških programov:

- Termični požarni modeli (4):
 - Poenostavljeni termični požarni modeli (1): DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A
 - Napredni termični požarni modeli (3): FAST/CFAST, OZONE (conski) in FDS (področni)
- Modeli za požarno odpornost (8):
 - Poenostavljeni modeli za požarno odpornost (6): AFCB, AFCC, Elefir, Elfir-EN, H-Fire in Potfire.
 - Napredni modeli za požarno odpornost (2): Abaqus in BoFire.
- Evakuacijski modeli (1): Evacnet4.
- Modeli odziva detektorjev (2): Detact-Qs in Jet.

Glej Aneks I in bazo podatkov.

5 ANEKS I: PROGRAMSKA OPREMA

5.1 DIFISEK-EN 1991-1-2 Annex A

5.1.1 Splošne informacije (ID število: 2)

- Ime: Difisek-EN 1991-1-2 Annex A,
- Verzija: 1,
- Leto: 2004,
- Področje uporabe: Termični požarni modeli – poenostavljeni,
- Država: Luxembourg,
- Avtorji: L.G. Cajot; M. Haller,
- Organizacija: Arcelor LCS Research Centre,
- Jezik: angleščina,
- Sistemske zahteve: Windows,
- Velikost: 2.26 MB,
- Cena: zastonj,
- Dostopno na: www.sections.arcelor.com.

5.1.2 Opis:

Izračun parametričnih krivulj temperatura-pomik v sektorju ter temperaturo zaščitene ali nezaščitene jeklene konstrukcijskega elementa, izpostavljenega časovni temperaturni krivulji. Temelji na EN 1991-1-2 Annex A in prEN 1993-1-2.

5.1.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Formulacija: Glej EN 1991-1-2 Annex A in prEN 1993-1-2
- Uporabljene predpostavke: predpostavljeno je, da se požar v sektorju izvrši do konca.
- Kadar so gostote požarne obtežbe določene brez upoštevanja načina gorenja, je priporočeno, da se ta pristop uporabi za sektorje, kjer požarno obtežbo v večini povzročijo celulozni materiali.
- Omejitve: Požane krivulje so veljavne le za sektorje, veliko do 500 m² površine nadstropja, brez lukenj v strehi in največjo višino 4m.

5.1.4 Dokumentacija:

Glej EN 1991-1-2 Annex A in prEN 1993-1-2.

5.1.5 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Windows, Excel.
- Vhodni in izhodni podatki so v obliki enostavnih Excel datotek.
- Grafika: Excelova grafika.

5.1.6 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Dokumentacija: EN 1991-1-2 Annex A in prEN 1993-1-2.
- Uporabniku prijazna.
- Zahtevan nivo znanja: Nizek.

5.2 FAST/CFAST:

5.2.1 Splošne informacije (ID št.: 16)

- Ime: FAST/CFAST,
- Verzija: FAST 3.1.7/CFAST 5.1.1,
- Leto: 2004,
- Področje uporabe: Conski požarni modeli,
- Država: ZDA,
- Avtorji: Walter W. Jones,
- Organizacija: NIST – National Institute of Standards and Technology,
- Jezik: angleščina,
- Sistemske zahteve: vsaj 4 MB delovnega spomina, VGA kompatibilen grafični zaslon,
- Velikost: FAST 11.1 MB / CFAST 6.73 MB,
- Cena: zastonj,
- Dostopno na: www.fast.nist.gov or www.nfpa.org,
- Kontaktne informacije: www.fast.nist.gov ali po elektronski pošti: Walter W. Jones (e-mail: wwj@nist.gov).

5.2.2 Opis:

FAST je zbirka procedur, ki nadgrajujejo CFAST z možnostjo inženirske ocene nevarnosti požara v konstrukcijah razdeljenih na sektorje. Glavne funkcije omogočajo izračun:

- entalpije in mase (dima in plinov), proizvedene od ene ali več gorečih snovi v eni sobi, temelječ na podrobnih ali grobih meritvah,
- transport dima in plinov na osnovi vzgona ali prisiljenega gibanja skozi sobe in povezave (vrata, okna, prezračevalni kanali),
- rezultirajoče temperature, gostoto dima in kopičenje plinov z upoštevanjem prenosa temperature na ostale površine in mešanja plinov s čistim zrakom.

CFAST je dvoconski model, ki se uporablja za izračun razporeda dima, plinov in temperature med požarom v celotni zgradbi. Verzija 3.1.6 zmore obdelavo 30 sektorjev vključno s prezračevalnim sistemom za vsak sektor, 31 posameznih požarov, upoštevanje objekta, ki širi ogenj, več plamenov in požarov, več splinker sistemov in detektorjev ter izračun gostote in kritično vrednost vsebnosti desetih najbolj pomembnih toksičnih snovi, ki se razvijajo med požarom. Pri podajanju geometrije program omogoča uporabo spremenljivih višin in širin

prostorov, hkraten vžig več predmetov kot na primer pohištvo, termofizikalnih in požarnih baz podatkov, večplastnih sten, vžiga skozi prepreke, jaške, povezave skozi luknje v konstrukciji.

5.2.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija: CFAST je osnovan s pomočjo enačb, ki določajo spremenljivke stanja (pritisk, temperaturo, itd.) na osnovi entalpije in prenosa mase v določenih časovnih intervalih. Enačbe so izpeljane iz zakona o ohranitvi energije in splošne plinske enačbe. Napake, ki nastanejo pri izračunu, niso posledica opisa enačb, temveč numerične napake in napake, ki nastanejo pri posplošitvah predpostavk.
- Uporabljene predpostavke: Splošna predpostavka vseh conskih požarnih modelov je ta, da je možno vsak prostor razdeliti na majhno število kontrolnih volumnov, v katerih vlada konstantno temperaturno stanje in sestava. CFAST omogoča dve coni za vsak prostor, razen prostora z ognjem. Temu je možno dodati več con za plamene ognja in stropne vodne šobe, ki se obravnavajo posebej z namenom upoštevanja prenosa toplote in mase skozi cone in prenosa med conami in mejami sektorjev. Za namen simulacije širjenja ognja je mogoče definirati uporabniško določen požar, podan s količino proizvedene energije in mase v odvisnosti od vrste snovi, ki gorijo. Analize so izvedene posebej za možno onesposobitev ali smrt zaradi nastalih strupenih plinov in visoke temperature ter onesposobitev zaradi opeklin.
- Omejitve: CFAST model ne vsebuje modela za širitev ognja. Ni povezav med toksičnostjo in temperaturo plinov.

5.2.4 Dokumentacija:

Uporabniška navodila:

- Uporabniška navodila za FAST: Engineering tools for estimating fire growth and smoke transport NIST-SP-921; 200 p. March 2000.
- Peacock, R. D.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Bukowski, R. W.; Forney, G. P.
- Dostopno na: www.fire.nist.gov
- Uporabniška navodila za CFAST Verzija 1.6.
- NISTIR-4985; 106 p. December 1992.
- Portier, R. W.; Reneke, P. A.; Jones, W. W.; Peacock, R. D.
- Dostopno na: www.fire.nist.gov

Tehnični vodniki:

- Tehnični napotki za CFAST: An engineering tool for estimating fire and smoke transport. NIST TN 1431; 190 p. March 2000.
- Jones, W. W.; Forney, G. P.; Peacock, R. D.; Reneke, P. A.
- Dostopno na: www.fire.nist.gov

Članki in validacijski primeri

- “A review of four compartment fires with four compartment fire models”, Deal, S. Fire safety Developments and Testing, Proceedings of the annual meeting of the Fire Retardant Chemicals Association. October 21-24, 1990, Ponte Verde Beach, Florida, 33-51.
- “Verification of a model of fire and smoke transport”, Peacock, R. D.; Jones, W. W.; Bukowsky, R. W. Fire Safety Journal., 21 89-129 (1993).

- “The accuracy of computer fire models: some comparisons with experimental data from Australia”, Duong, D. Q. Fire Safety Journal 1990, 16(6), 415-431.
- “Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling”, Davis, W. D.; Notarianni, K. A.; McGrattan, K. B. NIST, NISTIR 5927 (1996).

Uporabniški vidik:

- Vmesnik: MS-DOS
- Vhodni/izhodni podatki: Vsebuje generator tekstovnega poročila.
- Grafika: Vsebuje generator grafičnega poročila.

5.2.5 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Zelo podrobna dokumentacija.
- Uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: srednje.

5.3 OZONE

5.3.1 Splošne informacije (ID št.: 40):

- Ime: OZONE.
- Verzija: V2.2.2.
- Leto: 2002.
- Področje uporabe: Conski model.
- Država: Belgija.
- Avtorji: J. F. Cadorin and J. M. Franssen iz ULG in L. G. Cajot; M. Haller in J. B. Schleich iz Arcelor.
- Organizacija: University of Liege, Inst. de Mécanique el Génie Civil, 1, Chemin des Chevreuils, 4000 Liege 1, Belgija; Arcelor LCS research centre.
- Sistemske zahteve: Operacijski sistem Windows.
- Računalniški jezik: FORTRAN – Visual Basic.
- Velikost: 5 MB.
- Dostopna na: www.ulg.ac.be ; www.sections.arcelor.com.
- Kontaktne informacije: www.ulg.ac.be ali Jean Marc Franssen (jm.franssen@ulg.ac.be) ali J. F. Cadorin (jf.cadorin@ulg.ac.be) .

5.3.2 Opis:

Programska koda OZONE v2 je bila razvita, da bi inženirjem olajšala dimenzioniranje elementov, ki so izpostavljeni sektorskim požarom. Vsebovana so zadnja dognanja na področju sektorskih požarov ter lokalizacije požarov. Vsebuje enostaven poenostavljen sektorski požarni model, ki je sestavljen iz dvoconskega in enoconskega požarnega modela. Zmožen je upoštevati lokaliziran požar z Hasemijevim modelom, kar pomeni, da je veljaven za čas pred in po izbruhu požara. Izračuna temperaturo konstrukcijskih elementov v požaru ter je zmožen dimenzioniranja enostavnih elementov po ENV 1993-1-2. Razvoj programa spada pod okrilje dveh evropskih

raziskovalnih projektov: “Competitive Steel Buildings through Natural fire safety Concept” in “Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes and Development of an User Friendly design tool”. Izboljšave programa predstavljajo nov stenski model, ki je osnovan na metodi končnih elementov (impliciten) ter možnost različnih modelov poteka požara.

5.3.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija:
 - Numerični dvoconski modeli temeljijo na enajst fizikalnih spremenljivkah. Spremenljivke so vezane s šestimi omejitvenimi pogoji ter štirimi diferencialnimi enačbami, ki opisujejo ravnotežje mas in energij v vsaki coni. Enačbe ravnotežja mas opisujejo variacijo mase plinov v vsaki coni, ki je enaka vsoti mas plinov, nastalih pri izgorevanju ter razlike plinov, ki so v sektor dovedeni ali odvedeni skozi odprtine. Enačbe ravnotežja energije opisujejo ravnotežje energije, ki je sproščena v sektorju pri izgorevanju ter energijo, ki je porabljena. Porabljeno energijo predstavlja energija, ki je potrebna za segrevanje plinov v sektorju, izguba mase vročega zraka skozi odprtine (skupaj z negativnim predznakom za zrak, ki prihaja od zunaj), izgub zaradi radiacije skozi odprtine in segrevanja drugih sestavnih delov. V primeru conskega požarnega modela je število spremenljivk zmanjšano na 6, število omejitev na 4 in število diferencialnih enačb na 2. Ozone vsebuje še pregradni model in dva modela izgorevanja.
- Uporabljene predpostavke:

Glavna predpostavka vseh conskih požarnih modelov je ta, da je možno vsak prostor razdeliti na majhno število kontrolnih volumnov, v katerih vlada konstantno temperaturno stanje in sestava. V enoconskih modelih je porazdelitev temperature v celotnem sektorju enakomerna. Zaradi tega je takšen model veljaven samo v primeru v celoti razvitega požara, medtem ko so dvoconski modeli veljavni le v primeru lokaliziranega požara. V drugem primeru je sektor razdeljen v dve plasti. Prva plast je vroča in je tik ob stropu, druga je mrzla in je ob podu.
- Omejitve: Ozone ne vsebuje modela za pirolizo, vsebuje pa dva modela za izgorevanje (eksterni ter razširjen model), ki vplivata na razvoj sproščanja toplote (RHR – krivulja hitrosti sproščanja toplote) s funkcijami mas kisika. Geometrija prostora je omejena na 4 stene in tri ventilacijske odprtine na stropu.

5.3.4 Dokumentacija:

Uporabniška navodila:

- “The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On Experimental Fire Tests”, Rapport interne SPEC/2001_01 University of Liege, Belgija, Junij 2001. J. F. Cadorin; J. M. Franssen; D. Pintea.
- Dostopna na: www.ulg.ac.be.

Tehnični vodniki:

- Je vključeno v uporabniška navodila.

Članki in validacijski primeri:

- “Competitive steel buildings through natural fire safety concepts”
Part 2: Natural fire models - The one zone model OZone, Final report
- CEC Agreement 7210-SA/125/126/213/214/323/423/522/623/839/937.
Profil ARBED, March 1999.
Dostopno s kontaktom: ecsc-steel@cec.eu.int .
- “Natural Fire Safety Concepts- Full Scale Test, Implementation in the Eurocodes and Development of an User Friendly design tool”
Part 2: Natural fire models - The one zone model OZone, Final report
- CEC Agreement 7210-PA/PB/PC/PE/PF/PR-060.
Draft final report, December 2000.
Dostopno s kontaktom: ecsc-steel@cec.eu.int
- “On the application field of Ozone V2”
Rapport interne N°M&S/2002-003 University of Liege, Belgija, 2002.
- J. F. Cadorin
“Compartment fire models for structural engineering”
Doctoral thesis of J. F. Cadorin University of Liege.
J. F. Cadorin
Dostopno na: www.ulg.ac.be

Za več informacij, pošljite elektronsko pošto na zgoraj podane naslove.

5.3.5 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Visual Basic.
- Vhodni/izhodni podatki: Vsebuje generator poročila v tekstovni obliki.
- Grafika: Vsebuje generator grafičnega poročila.

5.3.6 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Zelo podrobna dokumentacija.
- Uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: srednje.

5.4 FDS - Fire Dynamics Simulator & Smokeview:

5.4.1 Splošne informacije (FDS - ID št.: 55 – ID št.: 66):

- Ime: FDS – Fire Dynamics Simulator / Smokeview
- Verzija: FDS Version 3 / Smokeview Version 3.1
- Leto: 2002
- Področje uporabe: področni model (CFD).
- Država: ZDA
- Avtorji: FDS - Kevin McGrattan, Glenn Forney. / Smokeview – Glenn Forney
- Organizacija: NIST – National Institute of Standards and Technology
- Sistemske zahteve: UNIX ali PC PII 450 ali boljše.
- Računalniški jezik: FORTRAN 90.

- Velikost: 5.48 MB + 24 MB za primere in dokumentacijo.
- Dostopna na: www.fire.nist.gov.
- Kontaktne informacije: www.fire.nist.gov ali elektronska pošta: kevin.mcgrattan@nist.com.

5.4.2 Opis:

Fire Dynamics Simulator (FDS) je model na osnovi mehanike tekočin ali model toka fluidov v prisotnosti ognja. Programski paket rešuje Navier-Stokesove enačbe, ki so prirejene za nizke hitrosti, termično vzbujen tok in s poudarkom na prenosu dima in plinov ognja. FDS je namenjen reševanju primerov v praksi požarno varnega inženirstva ter je hkrati uporaben za raziskovanje osnovnih značilnosti dinamike ognja in izgorevanja.

Smokeview je program za vizualizacijo simulacij programa FDS. Vizualizacija vsebuje prikaz toka delcev, 2D in 3D senčene konture podatkov toka plinov kot je temperatura ter vektorji smeri s hitrostjo. Možen je tudi 2D ali 3D statičen prikaz istih količin.

5.4.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija: Model uporablja aproksimacijo Navier-Stokesovih enačb za majhna Mach števila. Aproksimacija je izvedena na tak način, da so odstranjeni člani z akustičnim valovanjem, medtem ko so hkrati dopuščene velike variacije temperature in gostote. To daje enačbam eliptično obliko, ki je primerna za termalne konvekcijske procese z nizko hitrostjo. Izračun je lahko obravnavan kot direktna numerična simulacija (DNS), kjer so disipativni elementi izračunani direktno ali kot Large Eddy Simulation (LES), kjer so »large-scale eddies« izračunani direktno in podprocesni na podnivojih modelirani. Izbira med DNS in LES je odvisna od predmeta izračuna in velikosti mreže diskretiziranega problema. V FDS se uporabljata dva modela izgorevanja. Pri izračunu po DNS, kjer je možno difuzijo gorljive snovi in kisika modelirati direktno, je najbolj primerna uporaba enega globalnega koraka kemične reakcije s končnimi vrednostmi. Pri LES, kjer mreža ni dovolj fina za rešitev difuzije gorljivih snovi in kisika, se uporabi model za izgorevanje z upoštevanjem frakcij zmesi.
- Uporabljene predpostavke:
 - Enačbe z nizkim Machovim številom se rešujejo numerično z razdelitvijo fizičnega prostora na veliko število majhnih pravokotnih celic. V vsaki celici so količine hitrosti plinov, temperature, itd. Predpostavljene kot enakomerne, ki se spreminjajo samo po času. Natančnost, s katero je simulirana dinamika izgorevanja, je odvisna od števila uporabljenih celic.
- Omejitve:
 - Izračun mora biti opravljen na domeni, ki se jo da opisati s pravokotnimi kvadri, vsakega z svojo pravokotno razdelitvijo na celice. Druge oblike ni moč modelirati. FDS ne vsebuje predprocesorja, zato je potreben tekstovni vnos z vhodno datoteko (uporabniku neprijazno).

Dokumentacija:

- Uporabniška navodila:
 - “Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User’s Guide”

- NISTIR 6784 2002.
- McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K.
- Dostopno na: www.fire.nist.gov.
- “User’s Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualising Fire Dynamics Simulation Data”
- NISTIR 6980 2003.
- Forney G. P. and McGrattan K. B.
- Dostopno na: www.fire.nist.gov.
- Tehnični vodniki:
 - “Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical reference Guide”
 - NISTIR 6783 2002.
 - McGrattan K. B., Baum H. R., Rehm R. G., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. and Prasad K.
 - Dostopno na: www.fire.nist.gov.
- Članki in validacijski primeri
Dostopno na www.fire.nist.gov.

5.4.4 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: FDS MS-DOS / Smokeview – Windows Open GL view
- Vhodni/izhodni podatki: Smokeview program.
- Grafika: Smokeview program.

5.4.5 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Zelo podrobna dokumentacija.
- FDS uporabniku neprijazen.
- Smokeview uporabniku prijazen.
- Nivo zahtevanega znanja: Visok.

5.5 AFCB (Požarno odporno projektiranje sovprežnih nosilcev)

5.5.1 Splošne informacije (ID št. 73)

- Ime: AFCB (Composite Beam Fire Design)
- Verzija: 3.07
- Leto: 2003
- Področje uporabe: Modeli požarne odpornosti.
- Država: Luxembourg.
- Avtorji: Henri Colbach.
- Organizacija: Arcelor LCS research centre.
- Sistemske zahteve: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM, 6x CD-ROM drive.
- Velikost: 3 MB.

– Dostopno na: www.sections.arcelor.com.

– Kontaktne informacije:

Arcelor LCS research centre

66, rue de Luxembourg

L-4221 Esch-sur-Alzette

Phone (+352) 5313-3007

Fax (+352) 5313-3095

E-mail: europofil.dsm@profilarbed.lu

Internet: www.sections.arcelor.com

5.5.2 Opis:

Program AFCB izračuna mejni upogibni moment za sovprežne nosilce po EUROCODE 4 Part 1.1 (ENV 1994-1-1) in ISO požarne razrede R30, R60, R90, R120 and R180 z upoštevanjem EUROCODE 4 Part 1.2 (ENV 1994-1-2).

Programski paket ima naslednjo zgradbo:

– VHODNI PODATKI:

– Project: splošne informacije glede projekta.

– Section: Obstajajo tri načini podajanja geometrije prereza:

a) Ime profila z velikimi črkami (e.g. HE 300 A)

b) Izbira tipa profila (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB or UC) in kasnejša izbira iz seznama po velikosti.

c) Izbira direktno iz seznama.

– Slab: Čeprav program ne računa plošče, potrebuje osnovne informacije za določitev vpliva plošče na nosilec

– Rebars: Podajanje armature.

– Materials: Definicija mehanskih lastnosti za vsak material.

– Material safety factors: Parcialni varnostni faktorji za vsak material posebej za mejno stanje uporabnosti in mejno stanje požara.

– System: Možnost izbire med tremi tipi analize:

a) Izračun nosilnosti prereza: določitev plastične nosilnosti prereza.

b) Dimenzioniranje pri podani obtežbi. Pri tem je najprej opravljena analiza v hladnem stanju. Če je nosilnost zadostna, se opravi analiza pri požaru. Določi se količina potrebne armature, ki se zapiše v datoteko »rebars.reb«, ki jo je možno spreminjati.

c) Dimenzioniranje pod pogojem najmanjše zahtevane nosilnosti prereza: podobno b). Podajo se nosilnosti prerezov. Možnost se uporabi, kadar so nosilnosti prerezov izračunane z drugim programom.

– REZULTATI: program izračuna naslednje rezultate za hladno stanje in primer požara:

– Mejni pozitiven moment, M+

– Mejni negativen moment, M-

– Mejne prečne sile

- Za tipe analize b) in c) program izračuna razmerje kapacitet in armaturo (če je bila podana).
- Details: Na tem izpisu so izpisane vse podrobnosti o izračunu za mejno stanje uporabnosti Vsebuje vse reducirane vrednosti pozitivnih in negativnih momentov.
- Graphic: V odvisnosti od tipa analize je možno prikazati naslednje grafike: skico prereza, momentno krivuljo in grafični prikaz nosilnosti prereza.

5.5.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija: Metodologija izračuna je opisana v Evrokodu 4 Del 1.1 in 1.2.
- Uporabljene predpostavke:
 - Program omogoča analizo enostavno podprtih in kontinuirnih nosilcev.
 - Ni upoštevan Annex H, ENV 1994-1-1.
 - Prikazana količina armature za palice v profile vsebuje le palice, ki so bile definirane v prerezu in so lahko drugačne kot tiste, ki so bile uporabljene v izračunu. Za to je potrebno uporabiti rezultate v “Details”.
- Omejitve:
 - Kontrola strižnih sil ni vključena v program, zato jo je potrebno opraviti ločeno.
 - Omogočen je izračun samo odprtih prečnih prerezov.

Dokumentacija:

- Uporabniška navodila: so vsebovana v modulu help.
- Tehnični vodniki: Evrokod 4 Del 1.1 in 1.2.
- Dostopno na: www.sections.arcelor.com.
- Članki in validacijski primeri: Uporabljeni so postopki iz Evrokoda 4, ki so bili preverjeni.

Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Windows
- Vhodni/izhodni podatki: Izhodne podatke je moč iztiskati v kratki ali dolgi obliki. Na voljo so vse prej omenjene izračunane količine za hladno stanje in primer požara.
- Grafika: Možen je grafični izris prereza ter rezultirajočih momentov za hladno stanje ter primer požara za pozitiven in negativen moment.

Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Zelo podrobna dokumentacija.
- Uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: srednje.

5.6 AFCC (Composite Column Fire Design)

5.6.1 Splošne informacije (ID št. 74)

- Ime: AFCC (Composite Column Fire Design)
- Verzija: 3.05
- Leto: 2003

- Področje uporabe: Modeli požarne odpornosti.
- Država: Luxembourg.
- Avtorji: Henri Colbach.
- Organizacija: Arcelor LCS research centre.
- Sistemske zahteve: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM, 6x CD-ROM drive.
- Velikost: 2,5 MB.
- Dostopno na: www.sections.arcelor.com.
- Kontaktne informacije:

Arcelor LCS research centre

66, rue de Luxembourg

L-4221 Esch-sur-Alzette

Phone (+352) 5313-3007

Fax (+352) 5313-3095

E-mail: europofil.dsm@profilarbed.lu

Internet: www.sections.arcelor.com

5.6.2 Opis:

Program AFCC:

Program AFCC se uporablja za izračun mejne obtežbe sovprežnih stebrov AF 30/120 pri sobni temperaturi po Evrokodu 4 del 1.1 (ENV 1994-1-1) ter za ISO požarne razrede R30, R60, R90 in R120 po Evrokodu 4 del 1.2 (ENV 1994-1-2).

Struktura programske opreme je naslednja:

- Vhodni podatki:
 - Project: splošne informacije o projektu..
 - Section: Obstajajo tri načini podajanja geometrije prereza:
 - a) Ime profila z velikimi črkami (e.g. HE 300 A)
 - b) Izbira tipa profila (IPE, HE, HL, HD, HP, W, UB or UC) in kasnejša izbira iz seznama po velikosti.
 - c) Izbira direktno iz seznama.
 - Rebars: Podajanje armature.
 - Materials: Definicija mehanskih lastnosti za vsak material.
 - Material safety factors: Parcialni varnostni faktorji za vsak material posebej za mejno stanje uporabnosti in mejno stanje požara.
 - Buckling lengths: podati je potrebno uklonske dolžine za možno in šibko smer za AF steber za MSU ter primer požara.
- Eccentricities: ekscentričnost obtežbe v šibki in močni smeri (v mm).
- REZULTATI: program izračuna rezultate za 5 različnih stanj: stanje pri sobni temperaturi za MSU, čas požarne odpornosti 30 minut (R30), požarne odpornosti 60 minut (R60), požarne odpornosti 90 minut (R90) in požarne odpornosti 120 minut (R120). Izračunane so naslednje mejne obtežbe:

- mejna osna sila, uklon okoli šibke osi prereza (prvi steber),
- mejna osna sila, uklon okoli močne osi prereza (drugi steber),
- mejna ekscentrična osna sila, uklon okoli šibke osi prereza (tretji steber),
- mejna ekscentrična osna sila, uklon okoli močne osi prereza (četrti steber),
- mejna ekscentrična osna sila, uklon okoli obeh osi prereza (peti steber),
- Details: Na tem izpisu so izpisane vse podrobnosti o izračunu za mejno stanje uporabnosti ter za požarne razrede R30, R60, R90 in R120. Podana je tudi specifična teža stebra, vsi podatki o prerezu in armaturi ter materialih.
- Graphic: splošen prikaz prereza na podlagi podatkov, ki ji je podal uporabnik (geometrijske karakteristike, pozicija armature, itd.)

5.6.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija: povzeta po Evrokodu 4 Deli 1.1 in 1.2.
- Uporabljene predpostavke:
 - Izračun stebrov pri malih, konstantnih ekscentričnostih.
 - Izračun le dvojno simetričnih, delno zaprtih stebrov s konstantnim prerezom po vsej dolžini.
 - Aneks H iz ENV 1994-1-1 ni upoštevan.
 - Delež armature mora zadoščati kriterijem: ENV 1994-1-1, 4.8.3.1(3e) in 4.8.2.5(3), ter ENV 1994-1-2, 4.3.6.2(2).
- Omejitve:
 - Program podpira le elemente z odprtim prečnim prerezom.

Dokumentacija:

- Uporabniška navodila: so vključena v modul pomoči programa.
- Tehnični vodniki: Evrokod 4 Del 1.1 in 1.2.
- Dostopno na: www.sections.arcelor.com.
- Članki in validacijski primeri: uporabljeni so postopki iz Evrokoda 4, ki so bili preverjeni.

5.6.4 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Windows.
- Vhodni/izhodni podatki: izhodne podatke je moč iztiskati v kratki ali dolgi obliki. Na voljo so vse zgoraj omenjene izračunane količine za stanje pri sobni temperaturi in primeru požara.
- Grafika: Izris prečnega prereza.

5.6.5 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Zelo podrobna dokumentacija.
- Uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: srednje.

5.7 Elefir:

5.7.1 Splošne informacije (ID št. 77):

- Ime: Elefir
- Verzija: 2.1.
- Leto: 1998.
- Področje uporabe: Modeli požarne odpornosti.
- Država: Belgija
- Avtorji: Dan Pintea, Laurent Miévis, Gilles Gustin, Jean-Marc Franssen.
- Organizacija: University of Liege.
- Sistemske zahteve: Windows 95 ali višjer.
- Velikost: 8 MB.
- Dostopno na: University of Liege spletna stran (<http://www.ulg.ac.be/matstruc/Download.html>).
- Kontaktne informacije: Jean-Marc Franssen (jm.franssen@ulg.ac.be).

5.7.2 Opis:

ELEFIR je računalniški program, ki se uporablja za izračun enostavnih jeklenih konstrukcijskih elementov s prečnim prerezom I oblike, obteženih le v smeri močne osi.

- Možna je uporaba tipičnih oblik prečnih prerezov: HD, HE, HL, HP, IPE, UB, UC, W, L.
- Dve možnosti za izpostavljenost požaru: 3 ali 4 strani elementa.
- Možnost upoštevanja požarne zaščite: brez zaščite, površinska zaščita, zaščita z ovojem.
- Možnost podajanja različnih zaščitnih materialov: steklena/volnena volna, mavec ter uporabniško definiran material.
- Možna uporaba več požarnih krivulj: ISO krivulja, požarna krivulja zunanjega požara, ogljikovodikova krivulja, ASTM krivulja ter uporabniško definirana krivulja.

Možni so naslednji tipi izračuna:

- Izračun časa, pri katerem je dosežena kritična temperatura določenega elementa.
- Izračun temperature pri kritičnem času.
- Izračun kritične temperature elementov ter kritičnega časa elementov v nategu, tlaku, v upogibu ter hkratnem upogibu in tlaku.

5.7.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija:
 - Temelji na ENV 1993-1-2.
 - Belgijski nacionalni standardi (NBN ENV 1993-1-2).
- Uporabljene predpostavke:
 - Predpostavljena je enakomerna porazdelitev temperature po prerezu.
- Omejitve:
 - Možnost uporabe le odprtih prerezov.
 - Izpostavljenost ognju samo na treh od štirih stranic elementa.

- Izbira prereza omejena na dvojno simetrične prereze.
- Če se med segrevanjem razred kompaktnosti prereza spremeni v četrti razred, se analiza ustavi. Ne upošteva zadnje spremembe EN 1993-1-2, ki dopušča, da se upošteva enak razred kompaktnosti kot pri sobni temperature.

Dokumentacija:

- Uporabniška navodila: Niso na voljo, vendar niso potrebna.
- Tehnični vodniki: ENV 1993 1-2 (Evrokod 3)
- Članki in validacijski primeri: Niso na voljo.

5.7.4 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Windows
- Input/output reporting: Tekstovna datoteka ter grafikoni.
- Graphic: Program izrisuje požarne krivulje..

5.7.5 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Dokumentacija: ENV 1993-1-2 (EC3).
- Uporabniku prijazno.
- Zahtevana stopnja znanja uporabnika: nizka.

5.8 Elefir-EN:

Splošne informacije (ID številka 173):

- Ime: Elefir-EN
- Verzija: 1.0
- Leto: 2008
- Območje uporabe: Model za požarno analizo konstrukcij
- Dražava: Portugalska/Belgija
- Avtorji: Bárbara Pires, Nuno Lopes, Paulo Vila Real, Dan Pintea, Jean-Marc Franssen
- Organizacija: Univerza Aveiro/Univerza v Liege
- Operacijski sistem: Windows 95 ali novejši sistem.
- Velikost: 8 MB
- Dostop: skupaj z ECCS Evrokod priročnikom "Fire Design of Steel structures" (www.eccspublications.eu)
- Informacije: Paulo Vila Real (pvreal@ua.pt), (Jean-Marc Franssen (jm.franssen@ulg.ac.be))

Opis:

Elefir-EN je računalniški program za račun požarne odpornosti enostavnih jeklenih elementov, narejenih iz I, H, L, RHS in CHS profilov in upogibno obremenjenih okoli močne in okoli šibke osi.

- Knjižnica vsebuje značilne profile: HD, HE, HL, HP, IPE, UB, UC, W, L, RHS, CHS.
- Dva scenarija izpostavljenosti požaru: iz treh ali iz vseh štirih strain profila.
- Z ali brez požarne zaščite.

- Knjižnica lastnosti za nekatere vrste požarne zaščite: kamnita/steklena volna, mavčne obloge, možnost vgradnje novih materialov v bazo.
- Uporabniku omogoča vgradnjo novih materialov za požarno zaščito in njihovih lastnosti, ki so lahko tudi odvisni od temperature.
- Na razpolago je več požarnih krivulj: ISO krivulje, požarna krivulja, hidrokarbonska krivulja, lokaliziran ogenj, parametrične požarne krivulje, možnost vgradnje novih krivulj iz strain uporabnika.

Vrste analiz, ki jih omogoča program:

- Račun časa v katerem je dosežena kritična temperatura.
- Račun temperature.
- Račun kritične temperature in kritičnega časa v elementih, ki so natezno, tlačno, upogibno tlačno in upogibno strižno obremenjeni. Vgrajena je globalna plastična analiza kontinuirnih nosilcev.
- Izračun potrebne debeline za izbrano požarno zaščito in potrebno požarno odpornost.

Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena metodologija:
 - Račun temelji na standardih EN 1991-1-2 in EN 1993-1-2.
- Uporabljene predpostavke:
 - Temperatura v prerezu je konstantna.
- Omejitve:
 - Izpostavljenost požaru iz treh ali iz štirih strain..
 - Samo za dvojno simetrične prereza, ki so upogibno tlačno obremenjeni.
 - Samo za 1., 2. In 3. razred kompaktnosti.

Dokumentacija:

- Poglavje v ECCS Evrokod priročniku "Fire Design of Steel structures" je posvečeno opisu programa.

Uporabniški vidiki:

- Vmesnik: Windows
- Izpis rezultatov: tekst in grafika.
- Grafika: Program izriše temperaturno krivuljo..

Zaključek:

- Zanesljiva računska metoda
- Na razpolago je priročnik, ki ga je izdalo združenje ECCS
- Prijazno do uporabnika
- Za uporabo programa zadostuje osnovno znanje uporabnika.

–

5.9 H-Fire

5.9.1 Splošne informacije (ID št.: 78)

- Ime: H-Fire

- Verzija: 04.1.
- Leto: 2004.
- Področje uporabe: Poenostavljeni modeli požarne odpornosti.
- Država: Nemčija.
- Avtorji: P. Schaumann, S. Hothan.
- Organizacija: University of Hannover, Institute for Steel Construction
- Jezik: nemški, angleški.
- Sistemske zahteve: Pentium PC, Microsoft Windows, Microsoft Office.
- Velikost: 12.6 MB.
- Cost: Prost dostop.
- Dostopno na: University of Hannover, Institute for Steel Construction.
- Kontaktne informacije: www.stahlbau.uni-hannover.de .

5.9.2 Opis:

Izračun požarne odpornosti sovprežnih elementov z uporabo poenostavljenih modelov iz EN 1994-1-2.

5.9.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija: temelji na ENV 1994-1-2 (Evrokod 4), razen za sovprežne plošče, kjer se uporablja poenostavljen model po prEN 1994-1-2.
- Uporabljene predpostavke: Enake kot v uporabljenih poenostavljenih modelih.
- Omejitve: like simple Enake kot v uporabljenih poenostavljenih modelih.

Dokumentacija:

- Uporabniška navodila: Kratek opis na www.stahlbau.uni-hannover.de
- Tehnični vodniki: izračuni temeljijo na poenostavljenih modelih iz ENV 1994-1-2 (Evrokod 4), razen za sovprežne plošče, kjer se uporablja poenostavljen model po prEN 1994-1-2.
- Dostopno na: www.stahlbau.uni-hannover.de .
- Članki in validacijski primeri: Niso na voljo.

5.9.4 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Windows; Microsoft Excel in Microsoft Access.
- Vhodni/izhodni podatki: Izpisani so vsi glavni vhodni in izhodni podatki.
- Grafika: Kjer je potrebno, so izrisane krivulje.

5.9.5 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Dokumentacija: Zelo podrobna .
- Uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: srednje.

5.10 Potfire (ID št. 81):

5.10.1 Splošne informacije:

- Ime: Potfire.
- Verzija: 1.11.
- Leto: 2001.
- Področje uporabe: Structural fire resistance.
- Država: Francija.
- Avtorji: Geneviève Fouquet, George Tabet, Bin Zhao, Julien Kruppa.
- Organizacija: CTICM, TNO, CIDECT.
- Sistemske zahteve: Pentium 200 Mhz, W95, CD-Rom, in 24 MB RAM.
- Velikost: 15 MB.
- Dostopno na: www.cidect.org.
- Kontaktne informacije: www.cidect.org.

5.10.2 Opis:

POTFIRE je program za dimenzioniranje, ki temelji na postopkih, opisanih v aneksu G evrokoda 4 ENV 1994-1-2 "General rules - Calculation of behaviour to fire".

POTFIRE se uporablja za izračun požarne odpornosti jeklenih votlih prerezov, napolnjenih z betonom, z znanimi obtežbami ali izračun nosilnosti prereza v določenem trenutku izpostavljenosti požaru po standardni ISO krivulji.

5.10.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija: Vse poenostavljene enačbe, ki so uporabljene za zapis termičnega in mehanskega stanja, so podane v aneksu 2 k navodilom "POTFIRE User's Manual", ki so del programske opreme.
- Uporabljene predpostavke: Uporabnik POTFIRE-a mora biti posebno pozoren na podajanje obtežb na koncih stebrov, da se ohrani pravilen prenos sil med požarom.
- Omejitve: Evrokod 4 Del 1.2 Aneks G je omejen na samo določeno vrsto stebrov (prezezi in višine).

Dokumentacija:

- Uporabniška navodila: Vključena v programski paket.
- Tehnični vodniki: Nasveti za kvalitetno požarno odporno projektiranje so podani v Evrokodu 4, Del 1-2 in v CIDECT Design Guide 4 "Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire".
- Članki in validacijski primeri: Niso na voljo.

5.10.4 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Windows, na podlagi oken.
- Vhodni/izhodni podatki: Izpis vseh vhodnih in izhodnih podatkov.
- Grafika: Ne podpira grafičnega prikaza.

5.10.5 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Zelo podrobna dokumentacija.
- Uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: nizko.

5.11 ABAQUS

5.11.1 Splošne informacije (ID št.: 86)

- Ime: Abaqus.
- Verzija: 6.4.
- Leto: 2003.
- Področje uporabe: Napredni modeli požarne odpornosti.
- Država: ZDA.
- Avtorji: David Hibbit, Bengt Karlsson, Paul Sorensen.
- Organizacija: Abaqus Inc.
- Jezik: angleščina.
- Sistemske zahteve: Za Windows okolje:
 - Windows 2000 Professional (SP3),
 - Pentium© III (or later) procesors hitrostjo vsaj 2 GHz je priporočljiv,
 - Compaq Visual Fortran 6.0 (Update A)
 - Microsoft Visual C/C++ 6.0 (12.00.8804)
 - Internet Explorer 5.5 ali Netscape 6 (potrben za prebiranje dokumentacije).
- Velikost: -
- Cena: Preveri pri zastopniku.
- Dostopno na: www.abaqus.com .

Abaqus Inc

1080 Main Street

Pawtucket, RI 02860-4847

Tel: +1 401 727 4200

Fax: +1 401 727 4208

- Kontaktne informacije: www.abaqus.com .

5.11.2 Opis:

Abaqus programski paket je paket medsebojno povezljivih orodij za uporabo z metodo končnih elementov. Nudi poenoten sistem za inženirske analize in numerično analizo kot podporo za projektiranje in izdelavo izdelkov.

5.11.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- ABAQUS/Standard: nudi bogato paleto procedur za numerično analizo problemov od navadne linearne analize do kompleksnih večstopenjskih numeričnih analiz z možnostjo robustnih in učinkovitih postopkov. Možno je simulirati vrsto fizikalnih fenomenov kot so prenos toplote, difuzija mas, akustika ter razmerje med napetostmi in deformacijami.
- ABAQUS/Explicit: nudi uporabo tehnik na podlagi metode končnih elementov za reševanje vrste dinamičnih in kvazi statičnih problemov (posebej tistih, ki zajemajo pojave trkov ter drugih izrazito nekontinuirnih dogodkov) na način, ki zagotavlja natančnost, robustnost in učinkovitost. Podpira tudi analizo polno povezanih termo-dinamičnih, akustičnih in povezanih akustično mehanskih problemov.
- ABAQUS/CAE: je okolje za modeliranje problemov, ki je organizirano v module in sete orodnih vrstic.

Dokumentacija:

- Dostopna dokumentacija:
 - Učenje:
 - Getting started with Abaqus.
 - Getting started with Abaqus/Standard: Keywords version.
 - Getting started with Abaqus/Explicit: Keywords version.
 - Lecture notes.
 - Analiza:
 - Abaqus analysis user's manual.
 - Modeliranje in vizualizacija:
 - Abaqus/CAE user's manual.
 - Primeri:
 - Abaqus example problems manual.
 - Abaqus benchmarks manual.
 - Reference:
 - Abaqus theory manual.

5.11.4 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Windows.
- Vhodni/izhodni podatki: Vhodni podatki v obliki datoteke (*.inp) ter izhodni podatki v obliki izhodne baze podatkov (*.odb).
- Grafika: 2D/3D prikaz modela ter podatkov iz izhodne baze podatkov.

5.11.5 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Dokumentacija: Zelo podrobno.
- Ni uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: Visok.

5.12 BoFire

5.12.1 Splošne informacije (ID št.: 89)

- Ime: BoFire.
- Verzija: 7.
- Leto: 2004.
- Področje uporabe: Model požarne odpornosti.
- Država: Nemčija.
- Avtorji: Peter Schaumann, Jens Upmeyer, Florian Kettner.
- Organizacija: Institute for Steel Construction.
- Language: Nemčija.
- Sistemske zahteve: Windows 95/98/2000/NT, 100 Mhz, 32 MB RAM.
- Velikost: 200 kB.
- Trenutno programski paket ni na voljo.

5.12.2 Opis:

BoFire je računalniški program na podlagi metode končnih elementov za modeliranje prehodnih, nelinearnih problemov. Implementirane so materialne lastnosti na podlagi ENV 1994-1-2. Možno je analizirati betonske, jeklene ter sovprežne konstrukcije.

5.12.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija: Prehodni, nelinearni sistemi. Metoda končnih elementov.
- Uporabljene predpostavke:
 - Linijski 2D modeli s poljubnimi prečnimi prerezi.
 - Materialne lastnosti po ENV 1994-1-2 (1994).
- Omejitve:
 - Ni možnosti 3D obravnave konstrukcije.
 - Ni možnosti obravnave dvoosnega upogiba.
 - Strižne deformacije niso upoštevane (Bernoulli-jeva hipoteza).

Dokumentacija:

Trenutno ni dostopne dokumentacije.

5.12.4 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: Windows
- Vhodni/izhodni podatki se podajo s tekstovnimi datotekami. Za generacijo vhodne datoteke je možno uporabiti program HaFront.
- Grafika: Barvni prikaz razporeditve temperature ter tridimenzionalni izris napetosti in deformacij.

5.12.5 Zaključki:

- Zanesljiva metodologija izračuna.
- Dokumentacija še ni na voljo.
- Uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: srednje.

5.13 Evacnet4:

5.13.1 Splošne informacije (ID št. 120)

- Ime: Evacnet4.
- Verzija: 1.4.
- Leto: 1998.
- Področje uporabe: Evakuacijski model.
- Država: ZDA.
- Avtorji: T.M. Kisko, R.L. Francis, C.R. Nobel.
- Organizacija: University of Florida.
- Sistemske zahteve: Windows 95 or višje.
- Velikost: Manj kot 1 MB.
- Dostopno na: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>.
- Kontaktne informacije: Thomas Kisko, 352-392-1293, kisko@ise.ufl.edu.

5.13.2 Opis:

EVACNET4 je interaktivni računalniški program za modeliranje evakuacije poslopij. Model stavbe se podaja v obliki mreže z dodatnimi informacijami o vsebini stavbe na začetku evakuacije. S pomočjo teh podatkov EVACNET4 izračuna rezultate, s katerih je razvidno, kakšen je najbolj ugoden potek evakuacije. Optimalnost evakuacije pomeni najkrajši čas evakuacije stavbe.

5.13.3 Ocenjevalni vidiki:

Metodologija izračuna:

- Uporabljena formulacija: EVACNET uporabi mrežni model, ki ga posreduje uporabnik. Izračuna se optimalen način evakuacije, za katerega je potrebno najmanj časa. Uporabljen je poseben algoritem za reševanje mrežnih problemov s pomočjo linearnega programiranja.
- Uporabljene predpostavke: Formulacija EVACNET modela zahteva uvedbo nekaterih predpostavk, ki lahko povzročijo nerealnost rezultatov. Razumevanje modela je pomembno za pravilno interpretacijo rezultatov. Glavne predpostavke, na katere mora uporabnik biti pozoren, so:
 - EVACNET je linearen model. Količine se ne spreminjajo skozi čas.
 - EVACNET model ne zajema obnašanja subjektov. Edine dejavnosti, ki so modelirano, so tiste, ki prispevajo k najmanjšemu času evakuacije.
 - EVACNET model je zgrajen na globalnem nivoju. V dejanski evakuaciji vsak subjekt želi doseči najmanjši čas evakuacije zase.

- Omejitve:

Dokumentacija:

- Uporabniška navodila: Obstajajo (Dostopno na: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Technical guides: Obstajajo (Dostopno na: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>)
- Članki in validacijski primeri: <http://www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet>

5.13.4 Uporabniški vidik:

- Vmesnik: MS-DOS
- Vhodno izhodni podatki: Program poda informacije o ozkih grlih prehoda ljudi v kritičnem času.
- Grafični izpisi: Ni grafičnih izpisov.

5.13.5 Zaključki:

- Manj zanesljiva metodologija izračuna.
- Zelo podrobna dokumentacija.
- Ni uporabniku prijazno.
- Nivo zahtevanega znanja: nizko.

REFERENCE:

- [1] Olenick S. M. And Carpenter D. J., May 2003, “An Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke”, *Journal of Fire Protection Engineering*, Vol. 13
- [2] Friedman R., 1992, “An International Survey of Computer Models for Fire and Smoke”, *Journal of Fire Engineering* Vol. 4
- [3] Janssens M. L., 2002, “Evaluating Computer Fire Models”, *Journal of Fire Protection Engineering*, Vol. 13
- [4] ASTM E 1355; ASTM E 1472; ASTM E 1591; ASTM E 1895
- [5] EC3 – Eurocode 3 Part 1.2 (ENV 1993-1-2).
- [6] EC4 – Eurocode 4 Part 1.1 (ENV 1994-1-1) and Part 1.2 (ENV 1994-1-2).
- [7] Twilt L., Hass R., Klingsch W., Edwards M. and Dutta D., 1996, “Design Guide for Structural Hollow Section Columns Exposed to Fire”, CIDECT Design Guide 4
- [8] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W., BVelika Britanijaowski R. W. And Forney G. P., 2000, “User’s Guide for Fast: Engineering Tools for Stimating Fire Growth and Smoke Transport”, NIST-SP-921
- [9] Portier R. W., Reneke P. A., Jones W. W and Peacock R. D, 1992, “User’s Guide for Cfast Version 1.6”, NISTIR-4985
- [10] Peacock R. D., Reneke P. A., Jones W. W. and Forney G. P, 2000, “Tecnical References for Cfast: An Engineering Tool for Stimating Fire Growth and Smoke Transport”, NIST-TON-1431
- [11] Peacock R. D., Jones W. W. and BVelika Britanijaowski R. W., 1993, “Verification of a model of fire and smoke transport”, *Fire Safety Jaournal* Vol. 21“
- [12] Deal S., 1990, “A review of four compartment fires with four compartment fire models”, *Fire Safety Developments and Safety, Proceedings of the annual meeting of Fire Retardant Chemicals Association*
- [13] Duong D. Q., 1990, “The accuracy of Computer Fire models: some comparison with experimental data from Australia”, *Fire safety Journal* Vol. 16
- [14] Davis W. D., Notarianni K. A., and McGrattan K.B., 1996, “Comparison of fire model predictions with experiments conducted in a hangar with a 15 m ceiling”, NISTIR-5927
- [15] Cadorin J. F., Franssen J. M., and Pintea D., 2001, “The design Fire Tool Ozone V2.0 – Theoretical Description and Validation On experimental Fire tests”, Rapport interne SPEC/2001_01 University of Liege
- [16] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Aurtenetxe G., Unanua J., Pustorino S., Heise F. J., Salomon R., Twilt L. and Van Oerle J., 2002, “Competitive steel buildings through natural fire safety concepts” Final Report EUR 20360 EN
- [17] Cadorin J. F., 2002, “ On the application field of Ozone V2”, Rapport interne N° M&S/2002-003 University of Liege

- [18] Cadorin J. F., 2003, “Compartment fire models for structural engineering”, Doctoral Thesis of J. F. Cadorin, University of Liege
- [19] Sleich J. B., Cajot L. G., Pierre M., Joyeux D., Moore D., Lennon T., Kruppa J., Hüller V., Hosser D., Dobbernack R., Kirchner U., Eger U., Twilt L., Van Oerle J., Kokkala M. And Hostikka S., 2002, “Natural Fire Safety Concepts – Full Scale Tests, Implementation in the Eurocodes and Development of an user friendly design tool” Final Report EUR 20580 EN
- [20] McGrattan K. B., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, “Fire Dynamics Simulator (Version 3) – User’s Guide”, NISTIR-6784
- [21] Forney G. P. and McGrattan K. B., 2003, “User’s Guide for Smokeview Version 3.1 – A Tool for Visualizing Fire Dynamics Simulation Data”, NISTIR-6980
- [22] McGrattan K. B., Baum H. R., Hamins A., Forney G. P., Floyd J. E., Hostikka S. And Prasad K., 2002, “Fire Dynamics Simulator (Version 3) – Technical Reference Guide”, NISTIR-6783
- [23] Hurley M. J. and Madrzykowski D., 2002, “Evaluation of the computer fire model DETECT-QS”, Performance-Based Codes and Fire Safety Design Methods, 4th International Conference. Proceedings
- [24] Davis W. D., 1999, “The Zone Fire model JET: A Model for the prediction of detector activation and gas temperature in presence of a smoke layer”, NISTIR-6324

SPLETNI NASLOVI:

www.arcelor.com

www.branz.co.nz/main.php?page=Fire%20Software

www.bre.co.Velika Britanija/frs/software.jsp

www.cidect.org

www.cticm.com

www.doctorfire.com

www.europrofil.lu

www.fire.nist.gov

www.fire.org

www.firemodelsurvey.com

www.fpe.umd.edu/department/modeling/index.html

www.framemethod.be/modeling.html

www.fseg.gre.ac.Velika Britanija

www.irc.nrc-cnrc.gc.ca

www.ise.ufl.edu/kisko/files/evacnet

www.labein.es

www.nfpa.org

www.rautaruVelika Britanijaii.com

www.sections.arcelor.com

www.tno.nl

w.ulg.ac.be

www.uni-hannover.de

www.fine.cz