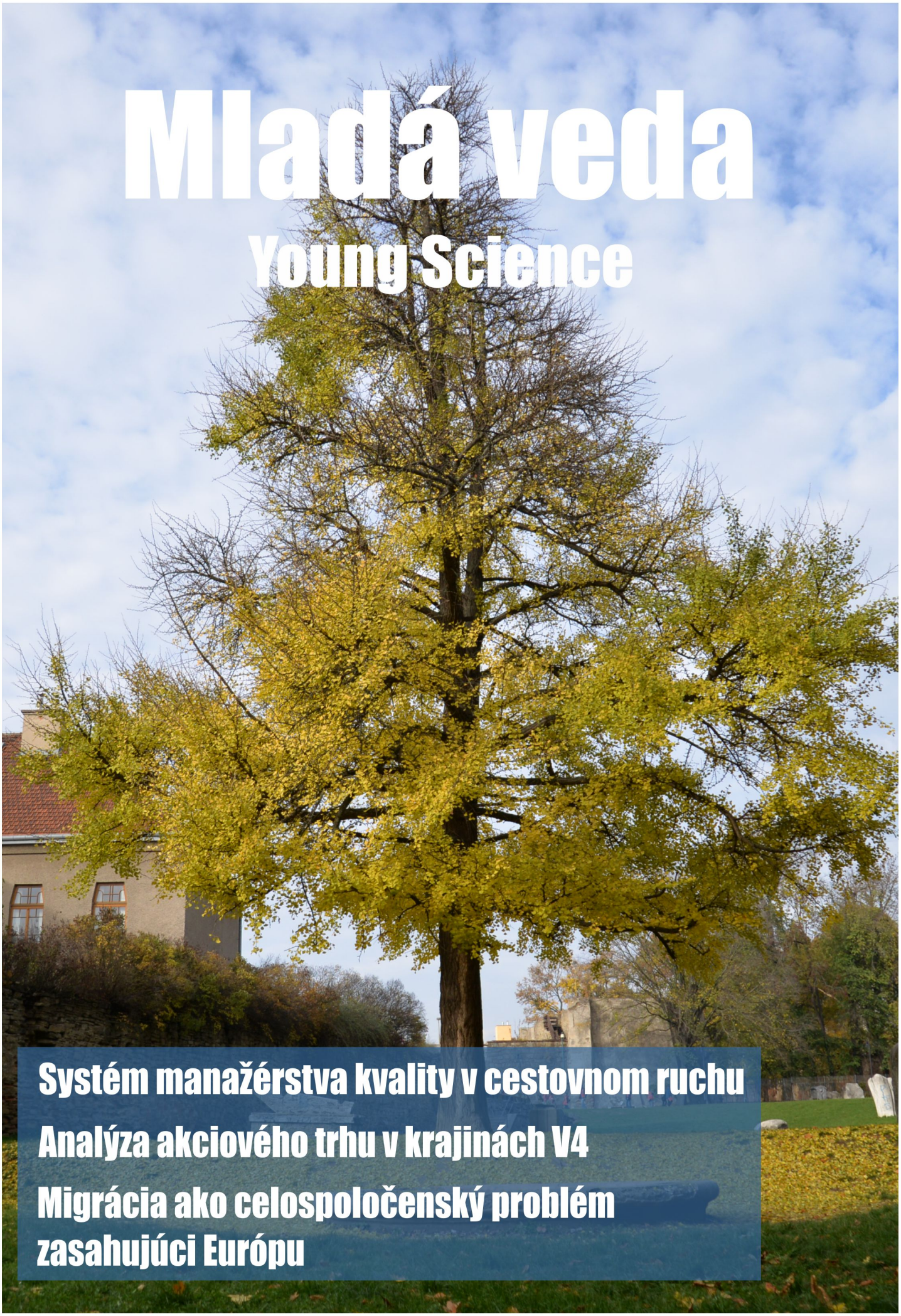
ISSN 1339-3189 5/2018

Mladá veda

Young Science



Systém manažérstva kvality v cestovnom ruchu

Analýza akciového trhu v krajinách V4

Migrácia ako celospoločenský problém zasahujúci Európu

www.mladaveda.sk

Mladá veda
Young Science

MEDZINÁRODNÝ VEDECKÝ ČASOPIS MLADÁ VEDA / YOUNG SCIENCE

Číslo 5, ročník 6., vydané v decembri 2018
ISSN 1339-3189
Kontakt: info@mladaveda.sk, tel.: +421 908 546 716, www.mladaveda.sk
Fotografia na obálke: Ginko dvojlaločné, Prešov. © Branislav A. Švorc, foto.branisko.at

REDAKČNÁ RADA

doc. Ing. Peter Adamišin, PhD. (Katedra environmentálneho manažmentu, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Dr. Pavel Chromý, PhD. (Katedra sociální geografie a regionálního rozvoje, Univerzita Karlova, Praha)
prof. Dr. Paul Robert Magocsi (Chair of Ukrainian Studies, University of Toronto; Royal Society of Canada)
Ing. Lucia Mikušová, PhD. (Ústav biochémie, výživy a ochrany zdravia, Slovenská technická univerzita, Bratislava)
doc. Ing. Peter Skok, CSc. (Ekomos s. r. o., Prešov)
prof. Ing. Róbert Štefko, Ph.D. (Katedra marketingu a medzinárodného obchodu, Prešovská univerzita, Prešov)
prof. PhDr. Peter Švorc, CSc.,predseda (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
doc. Ing. Petr Tománek, CSc. (Katedra veřejné ekonomiky, Vysoká škola báňská - Technická univerzita, Ostrava)

REDAKCIA

PhDr. Magdaléna Keresztesová, PhD. (Fakulta stredoeurópskych štúdií UKF, Nitra)
Mgr. Martin Hajduk (Inštitút histórie, Prešovská univerzita, Prešov)
RNDr. Richard Nikischer, Ph.D. (Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, Praha)
Mgr. Branislav A. Švorc, PhD., šéfredaktor (Vydavateľstvo UNIVERSUM, Prešov)
PhDr. Veronika Trstianska, PhD. (Ústav stredoeurópskych jazykov a kultúr FSŠ UKF, Nitra)
Mgr. Veronika Zuskáčová (Geografický ústav, Masarykova univerzita, Brno)

VYDAVATEĽ

Vydavateľstvo UNIVERSUM, spol. s r. o.
www.universum-eu.sk
Javorinská 26, 080 01 Prešov
Slovenská republika

© Mladá veda / Young Science. Akékoľvek šírenie a rozmnožovanie textu, fotografií, údajov a iných informácií je možné len s písomným povolením redakcie.

Mladá veda
Young Science
ISSN 1339-3189

Vol. 6 (5), pp. 69-79

ANALÝZA POŽIARNEJ ODOLNOSTI VYBRANÉHO NOSNÉHO PRVKU STAVEBNEJ KONŠTRUKCIE

ANALYSIS OF FIRE RESISTANCE OF THE STRUCTURE OF THE BUILDING

Romana Erdélyiová, Matúš Ivančo [1]

Romana Erdélyiová pôsobí ako interná doktorandka na Katedre technických vied a informatiky, Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline. V rámci svojho výskumu sa venuje problematike odolnosti stavebných konštrukcií voči účinkom požiaru. Matúš Ivančo pôsobí ako interný doktorand na Katedre bezpečnostného manažmentu, Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej univerzity v Žiline. Vo svojej dizertačnej práci sa venuje problematike odolnosti stavebných konštrukcií voči účinkom výbuchu.

Romana Erdélyiová works as an internal doctoral student at the Department of technical sciences and informatics, Faculty of security engineering, University of Žilina. In her dissertation thesis he deals with the problem of the resistance of building structures against fire. Matúš Ivančo works as an internal doctoral student at the Department of security management, Faculty of Security Engineering, University of Žilina. In his dissertation thesis he deals with the problem of the resistance of building structures against explosion.

Abstract
Steel and concrete is currently preferred construction material in largescale halls, tall buildings and atypical constructions. It is necessary to look for new ways of structural steelworks fire protection and improve efficiency of existing ones. With selecting appropriate kind of the protection it is possible to increase efficiency of the fire safety. The type of construction is effected by nature of the construction and its use, required level of the fire resistance, estimated critical interior temperature, formation combustion product, security of person and other limiting factors. The aim of this work was to analyze high load-bearing structure of the building on fire effects, by the help of ANSYS software. Nonlinear analysis in ANSYS compares the fire resistance of four types construction.
Key words: ANSYS, Finite Element Method, supporting structure, reinforced concrete, heat stress

[1]Adresa pracoviska: Ing. Romana Erdélyiová, Ing. Matúš Ivančo, Žilinská univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostného inžiniertva, Univerzitná 1, 010 26 Žilina
E-mail: romana.erdelyiova@fbi.uniza.sk, matus.ivanco@fbi.uniza.sk

Abstrakt
Oceľ a betón sú v súčasnosti preferovanými stavebnými materiálmi veľkorozponových hál, výškových budov a atypických stavieb. Je nutné hľadať nový spôsob ochrany oceľových konštrukcií pred účinkami požiaru a zvyšovať účinnosť tých existujúcich. Účinnosť protipožiarnej ochrany je možné zefektívniť výberom vhodného druhu ochrany, správnym nastavením nosnosti a stability prípadne predimenzovaním nosných konštrukcií. Typ nosných konštrukcií ovplyvňuje charakteristiku stavby, jej využívanie, úroveň požiarnej odolnosti, dosiahnutú kritickú teplotu v priestore, tvorbu splodín horenia, bezpečnosť osôb v stavbe a iné. Cieľom príspevku bolo analyzovať nosnú konštrukciu výškovej budovy a jej charakteristické správanie sa na účinky požiaru, prostredníctvom softvéru ANSYS. Nelineárnou analýzou je riešená požiarna odolnosť štyroch vybraných typov konštrukcie.
Kľúčové slová: ANSYS, metóda konečných prvkov, nosná konštrukcia, oceľobetón, tepelné namáhanie

Úvod

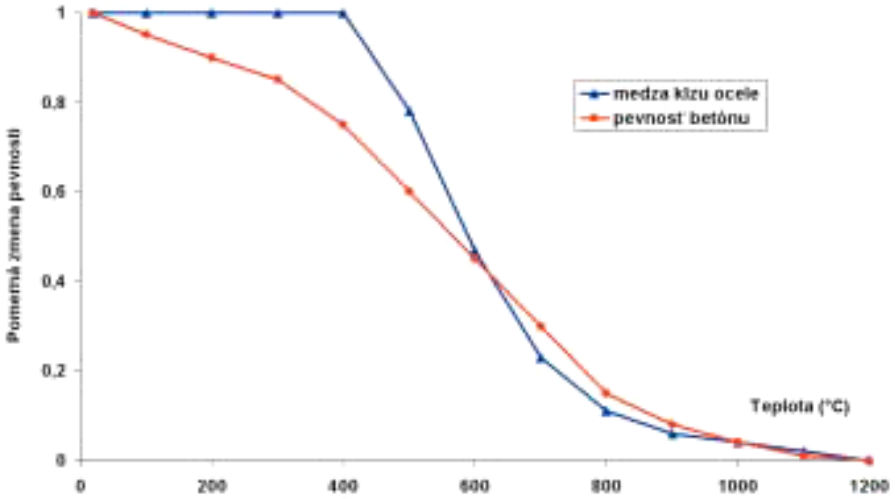
Stavba počas doby svojej technickej životnosti musí spĺňať niekoľko požiadaviek, medzi ktoré patrí aj požiarna odolnosť konštrukcií. Riziko kolapsu nosných konštrukcií počas požiaru, zrútenie budovy a následne riziko strát na životoch patrí k tým najvýznamnejším. V rokoch 2006 až 2016 niekoľko Európskych krajín založilo spoločný projekt COST26, ktorý bol venovaný primárne rozvoju poznatkov v oblasti požiarnej bezpečnosti stavieb. Aktivity tohto projektu sústreďovali pozornosť na výskum požiarnych scenárov a spresnenie rôznych materiálových modelov za pôsobenia tepelného namáhania pri požiari čo viedlo k rozvoju nových stavebných materiálov a k zvyšovaniu ich požiarnej odolnosti. V súčasnosti sa vlastnosti jednotlivých stavebných materiálov overujú experimentálne ale aj pomocou numerických metód, ktoré sú schopné overiť ich protipožiarnu odolnosť a stabilitu vo virtuálnom prostredí. Význam metód modelovania požiaru neustále narastá, z počiatku to boli len pokusy o popísanie fyzikálnych dejov matematickými rovnicami, v súčasnosti však je možné vytvoriť komplexnú simuláciu požiaru. (Mazzolani,2004)

Požiarna odolnosť stavebných konštrukcií

Najvýznamnejším právnym predpisom týkajúcim sa navrhovania stavieb je Vyhláška Ministerstva vnútra SR 94/2004 Z.z, ktorá stanovuje technické požiadavky na protipožiarnu bezpečnosť pri výstavbe a užívaní stavieb a STN 920201. Požiarna odolnosť stavebných konštrukcií je definovaná ako čas, počas ktorého je konštrukcia schopná odolávať účinkom požiaru bez porušenia jej funkcie. Požiarna odolnosť stavebných konštrukcií sa určuje na základe skúšky alebo výpočtom podľa technickej normy. Požiarna odolnosť je hodnotená kritériami a časom v minútach. Na hodnotenie požiarnej odolnosti sa používajú nasledujúce kritéria a im priradené symboly: nosnosť R, celistvosť E, izolácia I, radiácia W, mechanická odolnosť M, samouzatvárenie C, tesnosť proti prieniku dymu S, odolnosť voči vyhoreniu sadzí G. Požiarna odolnosť konštrukčného prvku môže byť ovplyvniteľná napríklad protipožiarnymi opatreniami. (STN EN 1992-1-2)

Vlastnosti vybraných materiálov pri požiari

Vplyvom tepelného namáhania dochádza k charakteristickým zmenám stavebných materiálov, zvlášť u hliníkových a oceľových konštrukcií, nakoľko tieto materiály disponujú vysokou tepelnou vodivosťou. Teploty v ich prierezoch pomerne rýchlo nadobúdajú kritické hodnoty a dochádza k zmene mechanických vlastností jednotlivých konštrukčných prvkov. Zmeny mechanických vlastností ocele za zvýšenej teploty sa výrazne prejavujú pri dosiahnutí teploty 400 °C. Pri teplote 800 °C je už väčšina ocelí nepoužiteľná. V porovnaní s inými materiálmi má betón priaznivejšie tepelno-technické vlastnosti. Betónové konštrukcie sa vyhotovujú vo väčších prierezoch, betón má nižšiu tepelnú vodivosť a tak dochádza k ich pomalšiemu ohrevu. Na základe charakteristických vlastností materiálov je výhodné používať oceľ a betón v spojení ako spriahnuté oceľobetónové konštrukcie (Obr. 1). (Eurocode 4)



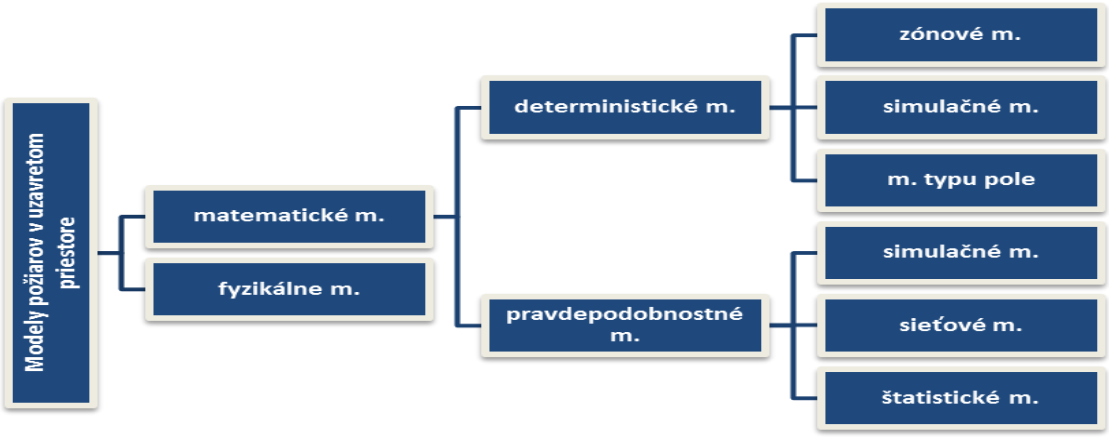
Obr. 1 – Pomerná zmena pevnosti ocele a betónu
Zdroj: Štujberová

Hlavným nebezpečenstvom pre konštrukciu pri tepelnom namáhaní je zmena mechanických vlastností konštrukčných materiálov. Mechanické vlastnosti materiálov sa s nárastom teploty redukujú. Redukované hodnoty medze klzu, medze pevnosti v tlaku, medze úmernosti a modulu pružnosti pre ľubovoľnú teplotu sa získajú prenásobením hodnôt za normálnej teploty príslušným redukčným súčiniteľom udaným v norme. Rýchlosť nárastu teploty v prvku závisí od tepelných vlastností jednotlivých materiálov ako: koeficient tepelnej vodivosti materiálu, koeficient teplotnej vodivosti, objemová hmotnosť a merná tepelná kapacita. (Štujberová, 2007)

Modelovanie požiarov

Model je špecificky zostavený objekt skúmania, v ktorom sa reprodukujú presne určené charakteristiky reálneho objektu. Model môžeme chápať ako zjednodušený obraz skutočnosti, kde sú niektoré stránky zovšeobecnené. Počítačové modelovanie je efektívny spôsob štúdia a pochopenia zložitých procesov. Umožňuje realizovať experimenty, ktorých reálna forma je komplikovaná alebo dáva výsledky nepribližujúce sa k realite. Logickosť počítačových modelov umožňuje ukázať základné faktory, hodnotiace vlastnosti študovaných procesov, sledovať odozvu fyzikálneho systému na zmenu jeho parametrov a počiatočných podmienok.

Modely požiarov v uzavretom priestore (Obr. 2) sa členia na fyzikálne modely a matematické modely. Zmysel fyzikálnych modelov je napodobenie požiarov za zjednodušených fyzikálnych podmienok. Matematické modely naopak využívajú prednosti výpočtovej techniky a riešia jednotlivé požiarne scenáre pomocou súboru rovníc, ktoré popisujú chovanie fyzikálnych sústav v priebehu požiaru.(Benča, 2009)



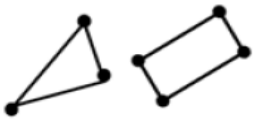
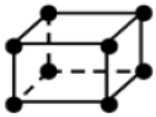
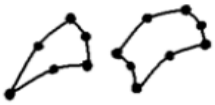
Obr. 2 – Rozdelenie modelov požiarov v uzavretom priestore
Zdroj: autor

Výškové budovy sa stali neodmysliteľnou súčasťou moderných miest, od tridsiatych rokov sú súčasťou aj Slovenskej architektúry. Tieto stavby sú komplikovanejšie z hľadiska evakuácie osôb, vykonania zásahu, odvetrania, zabezpečenia statiky, požiarnej odolnosti a iné. Preto niekedy aj pre skúseného špecialistu požiarnej ochrany navrhujúceho požiarnu bezpečnosť stavieb je veľmi zložité nájsť optimálne riešenie požiarnej bezpečnosti pre danú stavbu. Nakoľko softvérové nástroje umožňujú modelovať množstvo problémov (dynamiku prúdenia vzduchu, šírenie požiaru a splodín horenia v stavbe, evakuáciu osôb, účinnosť protipožiarnych opatrení) si modelovanie v podmienkach požiarnej bezpečnosti stavieb nájde určite svoje využitie a opodstatnenie.(Svoboda,2005)

Metóda konečných prvkov

Na riešenie zložitých úloh z inžinierskej praxe existuje množstvo softwarových produktov ako napríklad: ANSYS, ADINA, MARC, CATIA, MCS software, ktoré umožňujú modelovanie a výpočty založené na metóde konečných prvkov. ANSYS je nelineárnym softwarom, ktorý umožňuje rôzne typy analýz: termodynamickú, hydrodynamickú, akustickú a iné. Všetky analýzy sú vytvárané v samostatných častiach, ktoré sa dajú zlučovať a tak umožňujú vytvárať komplexnú analýzu. Pri práci so systémom ANSYS je potrebné uvedomiť si priebeh skutočných procesov vo virtuálnej realite, preto správnosť riešenia vo veľkej miere závisí od schopnosti používateľa preniesť skutočný problém z reálneho sveta do matematického modelu a správne nastaviť podmienky riešenia, predovšetkým vhodné parametre siete. Na rozdiel od iných nástrojov ANSYS používa množstvo rôznych konečných prvkov (Obr. 3), za účelom čo najlepšie vystihnúť skutočný charakter skúmaných objektov. Objemové 3D telesá majú sieť tvorenú objemovými prvkami a u objemových 2D telies sa využívajú kvadratické trojuholníky prípadne štvoruholníky. Plošné telesá sú modelované pomocou priestorových plôch a ich sieť je zložená z lineárnych štvoruzlových škrupinových elementov. Prútové telesá

sú modelované prostredníctvom osí z rôznym priemerom a sieť je zostavená z lineárnych prútových elementov.(Benča,2009)

	čiarové	plošné	Objemové	špeciálne
Prvého rádu				
	priamkový	Trojuholníkový, štvoruholníkový (tri/quad)	Kocka (hex)	Štvorsten (tet)
Druhého rádu				
	priamkový	Trojuholníkový. Štvorcový	šesťsten	10 – uzlový tetraeder

Obr. 3 – Rozdelenie konečných prvkov
Zdroj: MKP SjF

Modelovanie v prostredí ANSYS 17.2

Postup riešenia v softwarovom nástroji ANSYS môžeme rozdeliť do troch hlavných činností: preprocesor, solution a postprocesor. V oblasti preprocesor sa zadávajú materiálové vlastnosti a prierezové plochy elementov, vyberá sa typ elementu (2D/3D), vytvárajú sa uzlové spojenia, prepájajú sa uzlové spojenia čiarami. V časti solution sa zadávajú okrajové podmienky, odoberajú sa stupne voľnosti, zadávajú sa sily, vyberá sa typ analýzy a spúšťa sa vlastné riešenie úlohy. Postprocesor slúži na vizualizáciu výsledkov. Na začiatku riešenia danej problematiky je dôležité si určiť vstupné parametre. Pod pojmom vstupné parametre sa chápu rozmery vzorky, materiál vzorky a hraničné podmienky, t.j. spôsob zaťaženia a spôsob upnutia vzorky.(MKP, 2015)

Model vybraného konštrukčného prvku

Stĺp bol navrhnutý na základe požiadaviek uvedených v Eurokódoch zjednodušeným výpočtom. Najkritickejšia hodnota osovej sily viacpodlažnej stavby je v stĺpe s najväčšou zaťažovacou plochou. Oceľobetónový stĺp pozostáva z I-profilu z ocele S235, ktorý je úplne obetónovaný betónom C30/37. Stĺp ma obdĺžnikový priemer a požiarnu odolnosť R90. Stĺp bol identifikovaný ako kritický prvok viacpodlažnej stavby v prípade vzniku vnútorného požiaru. Takto navrhnutý stĺp spĺňa podmienku spoľahlivosti a je využitý na 96% svojej navrhovanej odolnosti. Výpočty požiarnej odolnosti konštrukcie, definované v technických normách a právnych predpisoch uvažujú a rovnomernom zohrievaní prierezu telesa. Skutočnosti sa však prierez zohrieva nerovnomerne. Preto je nevyhnutné využiť fyzikálne zákony nato aby sme zistili nerovnomerné zohrievanie prierezu.(STN 920201-1)

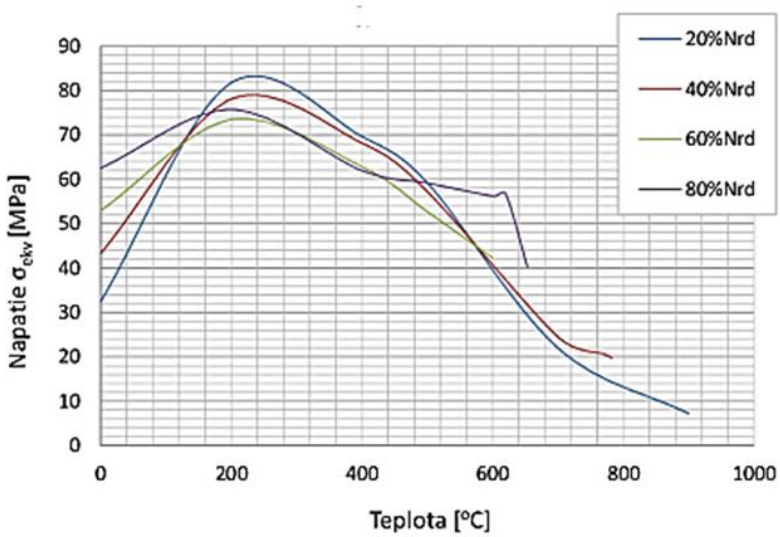
Nelineárna analýza požiarnej odolnosti

Pre analýzu požiarnej odolnosti vybraného stĺpa boli zostavené štyri modely:

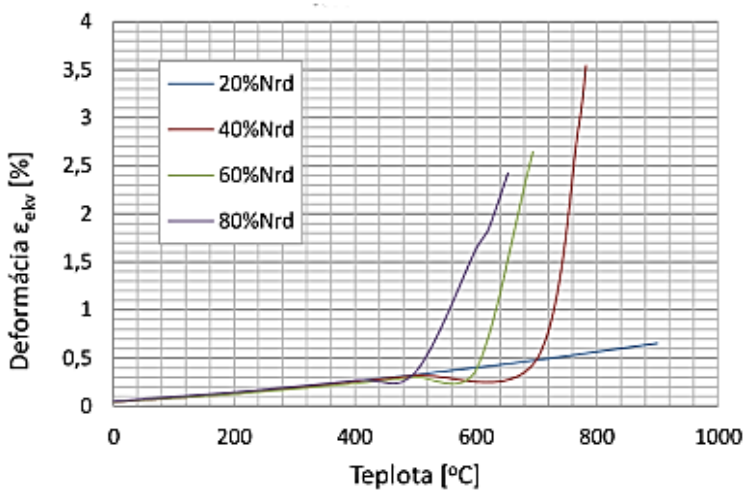
1.oceľobetónový stĺp zaťažený cez celý prierez,
2.oceľobetónový stĺp zaťažený cez I- profil,
3. oceľový stĺp pozostávajúci z I- profilu,
4. železobetónový stĺp.

Výpočet maximálnej sily odolnosti N_{rd} sa dá stanoviť výpočtom uvedeným v eurokódoch. Modely boli postupne zaťažované zvoleným percentuálnym podielom ich požiarnej odolnosti 20%, 40%, 60% a 80% N_{rd}. Tepelné zaťaženie predstavovala rôzna teplota 20, 200, 400, 500, 700 a 900°C.

Model 1.: oceľobetónový stĺp, ktorý bol zaťažený cez celý prierez: Celý výpočet požiarnej odolnosti prebehol iba pri zaťažení 20% N_{rd}, nakoľko pri zaťažení 40% N_{rd} prvok stráca stabilitu pri teplote 790°C. Ak je zaťaženie vyššie ako 80 % N_{rd} prvok zlyháva pri teplote okolo 650°C. (Obr.4,Obr.5).

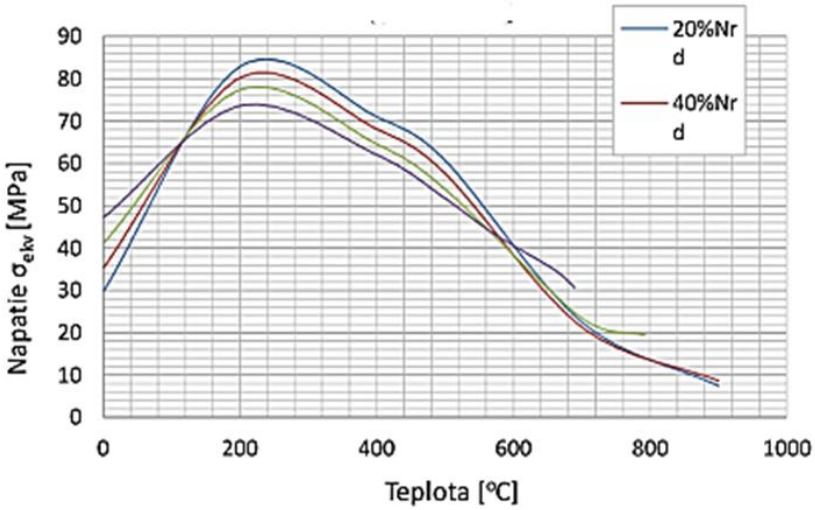


Obr. 4 – Závislosť napätia a teploty oceľobetónového stĺpa zaťaženého celým prierezom
Zdroj: autor

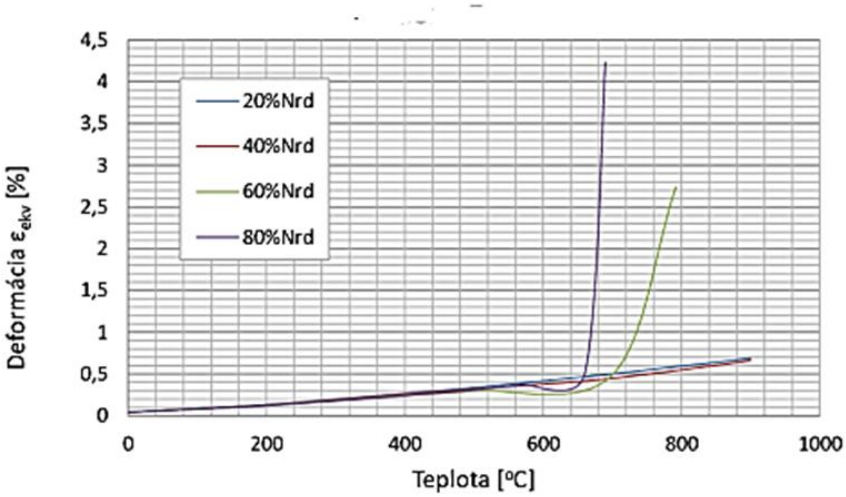


Obr. 5 – Závislosť deformácie a teploty oceľobetónového stĺpa zaťaženého celým prierezom
Zdroj: autor

Model 2.: spriahnutý oceľobetónový stĺp, zaťažený len I- prierezom oceľovej konštrukcie: Stĺp dokázal preniesť zaťaženie 40% N_{rd} pri teplote 900°C a pri zaťažení vyššom ako 80% N_{rd} strácal svoju odolnosť pri teplote 800°C. (Obr.6, Obr.7)

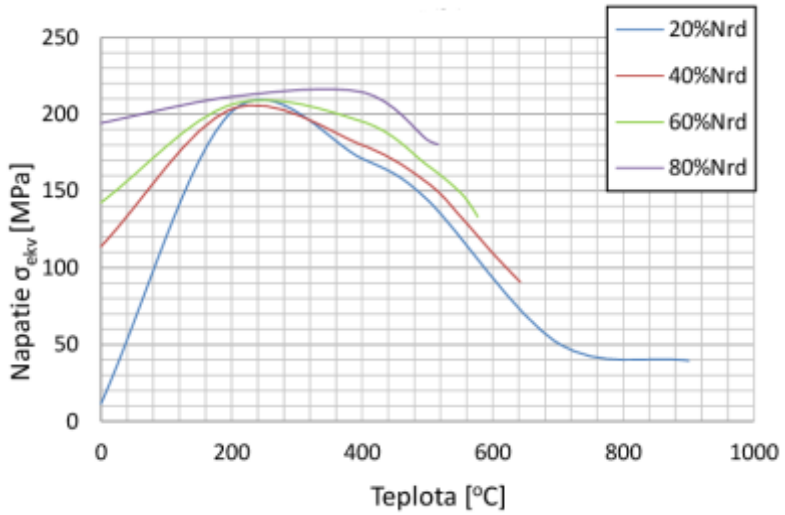


Obr. 6 – Závislosť napätia a teploty spriahnutého oceľobetónového stĺpa zaťaženého I-prierezom
Zdroj: autor

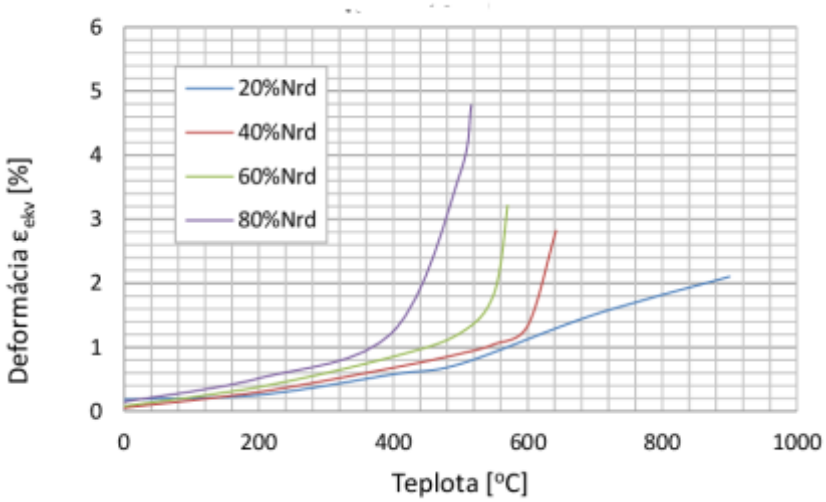


Obr. 7 – Závislosť deformácie a teploty spriahnutého oceľobetónového stĺpa zaťaženého I-prierezom
Zdroj: autor

Model 3.: oceľový stĺp pozostávajúci z I-profilu: Samotný oceľový nosník bez ochrany betónom sa javí ako nevhodný pre použitie na konštrukcie výškových budov a veľkých zaťažení. Oceľový nosník stratil stabilitu pri zaťažení 40% N_{rd} a teplote 650°C (Obr.8, Obr.9).

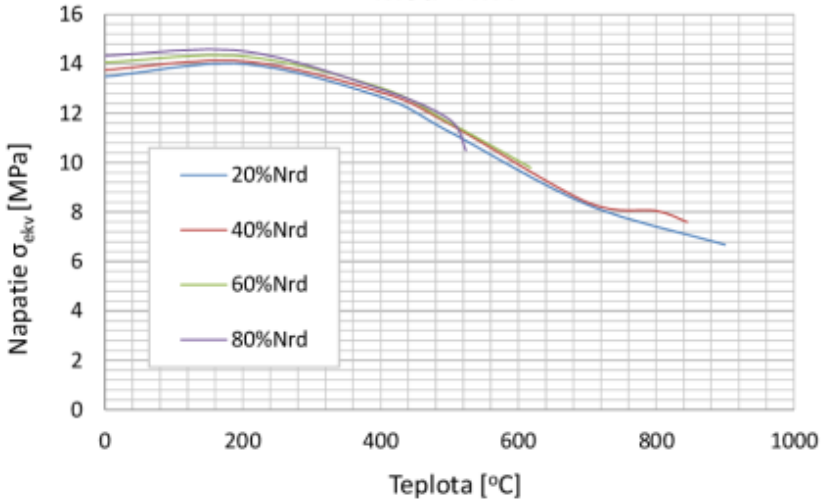


Obr. 8 – Závislosť napätia a teploty oceľového stĺpa z I- profilu
Zdroj: autor

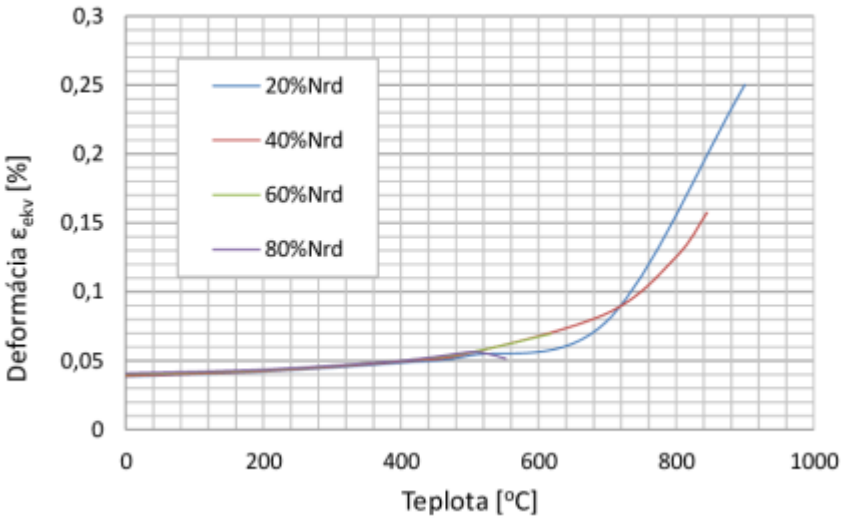


Obr. 9 – Závislosť deformácie a teploty oceľového stĺpa z I-profilu.
Zdroj: autor

Model 4. Železobetónový stĺp: Nosník pri zaťažení 40% N_{rd} strácal stabilitu pri teplote 900°C.(Obr.10, Obr. 11)



Obr. 10 – Závislosť napätia a teploty železobetónového stĺpa.
Zdroj: autor



Obr.11 – Závislosť deformácie a teploty železobetónového stĺpa.
Zdroj: autor

Interpretácia výsledkov

Skúmaná bola požiarna odolnosť štyroch typov konštrukcií. Prvým skúmaným modelom bol oceľobetónový stĺp, zaťažený stropom cez celý svoj prierez. Pri zaťažení 40% N_{rd} stĺp začal strácať stabilitu pri teplote 790°C. K deformáciám pri zaťažení 20% N_{rd} dochádzalo lineárne bez výrazných skokov a straty stability. Oceľobetónový stĺp zaťažený iba cez I-profil začal strácať stabilitu pri 900°C a zaťažení 40% N_{rd} čo je výrazne vyššia hodnota ako u zaťaženia tohto nosníka cez celý prierez. Stĺp pozostávajúci iba z I-profilu oceľovej konštrukcie nechránenej obetónovaním vykazoval stratu stability pri teplote 650°C a zaťažení 40%N_{rd}. Pri zaťažení 20%N_{rd} dochádza k deformácii lineárne pri vyšších zaťaženiach dochádza k strate stability konštrukcie a následnej výraznej deformácii. Železobetónový stĺp stratil stabilitu pri teplote 900°C a zaťažení 40%N_{rd}. Pri 80% N_{rd} nebolo možné pokus dokončiť nakoľko k strate stability došlo už pri 500°C. Z výsledkov vyplýva že najvyššiu požiarnu odolnosť vykazuje

oceľobetónový stĺp zaťažený cez I-profil oceľovej konštrukcie. Naopak najnižšiu požiarnu odolnosť v testoch dosiahol oceľový stĺp z I-profilu, bez akejkoľvek ochrany obetónovaním či obkladaním. Železobetónový stĺp dosiahol vysokú požiarnu odolnosť pri nižších zaťaženiach. U vyšších zaťažení železobetónového stĺpu (viac ako 60 % N_{rd}) boli deformácie výrazne a strata stability nastala u relatívne nízkych teplôt.

Záver

Tradičné materiály sa v súčasnosti nahrádzajú novými, ľahšími, pevnejšími, ktoré ovplyvňujú nielen ekonómiu výstavby, ale aj fyzikálne vlastnosti stavby, ako napríklad zaťaženie a požiarnotechnickú charakteristiku stavby. Jednou z takýchto vlastností je aj požiarna odolnosť stavby, ktorú vo výraznej miere ovplyvňuje aj stabilita jednotlivých nosných prvkov. Príspevok bol venovaný analýze požiarnej odolnosti vybraného konštrukčného nosného prvku budovy. V programe ANSYS boli zostavené modely určené pre nelineárnu analýzu požiarnej odolnosti vybraných nosných prvkov. Nelineárnou analýzou požiarnej odolnosti sa skúmali štyri typy stĺpov. Nelineárne riešenie bolo determinované stratou stability najmä betónových prvkov stĺpa SOLID65. Pri nelineárnom riešení, deformácie nosníka narastali pomerne pomaly až do času straty stability nosníka kedy deformácie začali narastať rýchlejšie. Na základe vykonaných nelineárnych analýz môžeme konštatovať nasledovné: Spriahnutý oceľobetónový stĺp, zaťažený cez celý prierez, stráca svoju stabilitu pri zaťažení 40%N_{rd} v kombinácii s dosiahnutou teplotou 790°C. Spriahnutý oceľobetónový stĺp, ktorý prenáša zvislé zaťaženia cez oceľový I-profil, stráca stabilitu pri zaťažení 60%N_{rd} a teplote 800°C. Najvyššiu požiarnu odolnosť dosahuje oceľobetónový stĺp, ktorý prenáša zaťaženie cez oceľový I-profil a betón slúži len na ochranu a zvýšenie stability tohto profilu. Výber vhodného konštrukčného riešenia a protipožiarnej ochrany tejto konštrukcie je zložitý problém, ktorý je potrebné vyriešiť už vo fáze plánovania stavby, pretože sa môžu vyskytnúť neskôr neriešiteľné problémy. Najlepším riešením je keď investor, projektant konštrukcie, projektant požiarnej bezpečnosti a odborníci na ochranné systémy dospejú k spoločnej dohode o zabezpečení protipožiarnej ochrany stavby, jej stability a technickej životnosti. Dôležité je prihliadať na potrebnú úroveň zabezpečenia požiarnej odolnosti (na základe charakteristického využitia stavby), na konkrétne využitie materiálu, vlastnosti tohto materiálu, typy nosníkov a ich prierezov, nosnosť stavby a iné obmedzujúce faktory. Určenie najvhodnejšej ochrany je niekedy náročné ale zjednodušiť ho môžu nástroje umožňujúce modelovanie a simuláciu rôznych udalostí v stavbe.

Tento článok odporúčal na publikovanie vo vedeckom časopise Mladá veda:
Ing. Bc. Stanislava Gašpercová PhD.

Táto práca bola podporená internou grantovou schémou Fakulty bezpečnostného inžinierstva Žilinskej Univerzity z grantu č. 201810.

Použitá literatúra

1. BENČA, Š. 2009. *Riešenie nelineárnych pevnostných úloh pomocou MKP*, Bratislava: STU, ISBN: 9788022730778
2. EUROCODE 4, *Desing of Composite Steel and Concrete Structures. Structural rules- Structural Fire Desing*, Part1-2, EN 1994-1-2:2000,
3. MAZZOLANI, F.. 2004. *Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events, Action C26, European Cooperation in the Field of Scientific and Technical research*, European FP7 project
4. MKP, 2015.*Vybrané prednášky z Metódy konečných prvkov*, [online] [cit. 2018-11-02] Dostupné na internete:http://www.sjf.tuke.sk/mnv/UPLOAD/studentom/OTP/prednasky/5.pdf
5. STN 920201-1. *Požiarna bezpečnosť stavieb, Spoločné ustanovenia, Časť 2: Stavebné konštrukcie*, Bratislava: SUTN
6. STN EN 1992-1-2: Eurokod 1*, Zaťaženie konštrukcií, Časť 1-2: Všeobecné zaťaženia- Zaťaženia konštrukcií na účinky požiarom.* Bratislava: STUN 2006
7. SVOBODA L. 2005. *Stavebné materiály 2. vydanie*. Bratislava: JAGA GROUP ISBN 80-8076-014-4.
8. Štujberová M. 2007.*Navrhovanie konštrukcií na účinky požiarov. Eurostav* , [online] [cit. 2018-11-02] Dostupné na internete: https://www.casopiseurostav.sk/documents/eurokody/2007/eurokodyes3_07.pdf