

EUROKÓD EN 1990 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ EUROCODE EN 1990 BASIS OF STRUCTURAL DESIGN

MILAN HOLICKÝ,
JANA MARKOVÁ

Základní norma EN 1990 je již dokončena a transformace Eurokódů se blíží do závěrečné etapy. Ukazuje se, že členskými státy CEN případně při jejich zavádění nelehký úkol – rozhodnout o národních parametrech ovlivňujících spolehlivost staveb i ekonomické aspekty.

The basic Eurocode EN 1990 is finished and the transformation of Eurocodes is coming to an end. The Member States of CEN should decide about National determined parameters influencing both the national safety level of construction works and economic aspects.

V současné době dochází k transformaci předběžných Eurokódů ENV, které byly zavedeny do soustavy našich norem jako ČSN P ENV, na plně operační normy EN. Zodpovědnou organizací za jejich tvorbu a vydávání je Evropská komise pro normalizaci CEN. V současnosti CEN sdružuje 19 plnoprávných členských zemí, mezi něž patří od roku 1997 jako první východoevropský stát také ČR. Z členství v této organizaci pro nás plynou různá práva a povinnosti, mezi jinými povinnost zavést transformované Eurokódy EN do soustavy českých norem a právo účastnit se tvorby Eurokódů i jejich schvalování.

Transformované Eurokódy EN tvoří deset souborů pokrývajících zásady navrhování, zatížení konstrukcí, navrhování konstrukcí s ohledem na stavební materiály, navrhování geotechnických konstrukcí a navrhování na účinky seismicity. Úplná soustava operačních norem EN pro navrhování pozemních staveb má být k dispozici v roce 2003, pro navrhování mostů v roce 2004. Přehled Eurokódů EN 1990 až EN 1999 a jejich vzájemná souvztáhnost je patrná z obrázku 1. Kompletní soubor Eurokódů bude tvořen více než 50 dokumenty.

Nové evropské normy EN již neuvádějí rámečkové hodnoty známé ze systému přednorem ENV, které bylo možno

měnit v národních aplikačních dokumentech (NAD). Normy EN doporučují různé prvky spolehlivosti, hodnoty některých základních veličin, poskytují alternativní návrhové postupy a pravidla pro kombinace zatížení, která bude možné volit v národních přílohách (NP) prostřednictvím tzv. národně stanovených parametrů. Očekává se, že si každý členský stát CEN zpracuje své NP, které usnadní národní zavedení norem a ve kterých budou doporučení o národně stanovených parametrech, a tedy také zvolena národní úroveň spolehlivosti konstrukcí. Podle pravidel CEN mají být NP na rozdíl od NAD omezené a mají uvádět zejména

- národně stanovené parametry včetně výběru tříd spolehlivosti, jejichž výběr budou Eurokódy EN umožňovat,
- geografické a klimatické údaje specifické pro členský stát, např. sněhovou mapu,
- doporučení o aplikaci alternativních postupů a používání informativních příloh.

EN 1990 ZÁSADY NAVRHOVÁNÍ KONSTRUKCÍ

Norma EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí [1] je základním dokumentem pro celou soustavu Eurokódů, je národně dostupná od dubna 2002 a její české vydání se očekává na podzim roku 2003. Vznikla transformací přednorem ENV 1991-1 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí [2] na základě roz-

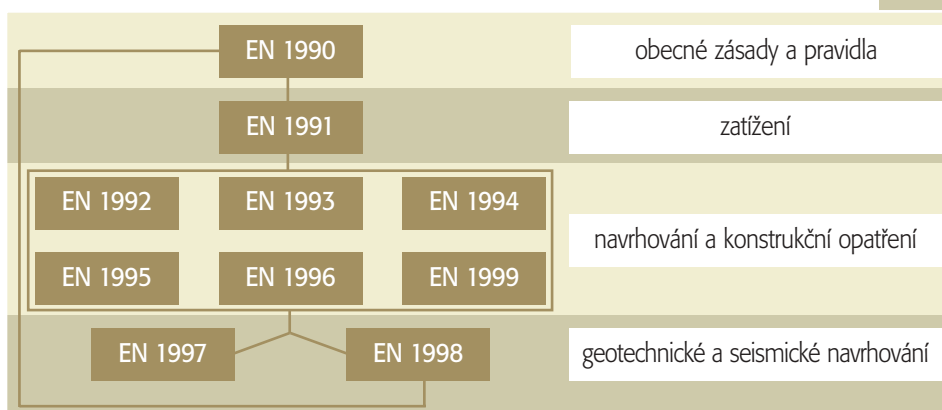
hodnutí z roku 1997 o rozdělení ENV Eurokódu 1 na dva samostatné dokumenty – Eurokód EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí a Eurokód 1 EN 1991: Zatížení konstrukcí.

EN 1990 [1] poskytuje zásady navrhování a ověřování konstrukcí s ohledem na jejich bezpečnost, použitelnost a trvanlivost. Používá se společně s Eurokódy EN 1991 až 1999 pro navrhování pozemních a inženýrských staveb včetně geotechnických konstrukcí, zabývá se zásadami navrhování na účinky požáru a seismickými vlivy. I když je EN 1990 [1] určená pro navrhování nových konstrukcí, lze obecná pravidla použít pro hodnocení stávajících konstrukcí, pro jejich opravy a přestavby. EN 1990 [1] je normou materiálově nezávislou, její zásady a aplikační pravidla se uplatňují při navrhování konstrukcí z různých materiálů.

Norma EN 1990 [1] poskytuje základní termíny a definice, jež se používají v dalších Eurokódech. Podkladem jsou mezinárodní normy, zejména ISO 2394 [3] a ISO 3898 [4]. V současné době se norma překládá do českého jazyka a připravuje se NP, která umožní její zavedení v ČR. EN 1990 [1] obsahuje kromě úvodu 6 oddílů a 4 přílohy. Základní oddíly poskytují zásady a aplikační pravidla obecně platná pro obvyklé druhy konstrukcí.

K normativní příloze A.1 obsahující zejména pokyny pro stanovení návrhových hodnot zatížení a doplňujících pra-

Obr. 1 Uspořádání Eurokódů EN
Fig. 1 System of Eurocodes EN



Oddíl 1	Obecně
Oddíl 2	Požadavky
Oddíl 3	Zásady navrhování podle mezních stavů
Oddíl 4	Základní veličiny
Oddíl 5	Rozbor konstrukce a navrhování na základě zkoušek
Oddíl 6	Ověřování pomocí metody dílčích součinitelů
Příloha A1 (normativní)	Aplikace pro pozemní stavby
Příloha B (informativní)	Řízení spolehlivosti konstrukcí
Příloha C (informativní)	Zásady metody dílčích součinitelů a rozborů spolehlivosti
Příloha D (informativní)	Navrhování na základě zkoušek

$$A. E_d = \gamma_G G_k "+" \gamma_Q Q_{k,1} "+" \gamma_Q \psi_{0,2} Q_{k,2} \quad (6.10)$$

$$B. E_d = \gamma_G G_k "+" \gamma_Q \psi_{0,1} Q_{k,1} "+" \gamma_Q \psi_{0,2} Q_{k,2} \quad (6.10 a)$$

$$E_d = \xi \gamma_G G_k "+" \gamma_{Q,1} Q_{k,1} "+" \gamma_Q \psi_{0,2} Q_{k,2} \quad (6.10 b)$$

$$C. E_d = \gamma_G G_k \quad (6.10 a, mod)$$

videl jejich kombinací pro budovy se má do dvou let přičlenit příloha A.2 pro mosty. Plánují se další přílohy pro některé typy konstrukcí (např. stožáry). Informativní příloha B obsahuje zcela nová doporučení pro řízení spolehlivosti konstrukcí, příloha C vysvětluje principy metody dílčích součinitelů a pravděpodobnostních postupů navrhování konstrukcí. Příloha D k EN 1990 [1] zabývá se navrhováním na základě zkoušek je na rozdíl od přílohy D k ENV 1991-1 [2] rozsáhlejší.

Obecné zásady a pravidla navrhování uvedené v EN 1990 [1] vycházejí z přednormy [2], v mnoha případech jsou však doplněny a podrobněji vysvětleny. Například oddíl 2 se hlouběji věnuje otázkám trvanlivosti a řízení spolehlivosti navržené, prováděné a užívané konstrukce. Další pokyny týkající se spolehlivosti konstrukcí, jejich kategorizace podle možných následků (ztrát lidských životů nebo ekonomických škod) a související doporučení hodnot různých prvků spolehlivosti (indexů spolehlivosti β , součinitelů významu K_{Fi}) uvádí příloha B.

V základních kombinacích zatížení pro mezní stav únosnosti a trvalou návrhovou situaci lze v závislosti na stupni kontroly projektové dokumentace a na úrovni kontroly jakosti provádění diferencovat spolehlivost konstrukce, a to úpravou dílčích součinitelů γ_F pro nepříznivá zatížení. Příslušná konstrukce se zařadí do jedné ze tří tříd spolehlivosti RC1 až RC3, které souvisí s třídami následků CC3 až CC1, a při návrhu konstrukce se aplikují dílčí součinitele zatížení γ_F znásobené součiniteli významu K_{Fi} :

Základní metodou pro ověření mezních stavů je metoda dílčích součinitelů, alternativně lze při navrhování uplatnit také pravděpodobnostní přístup.

Norma EN 1990 [1] uvádí alternativní postupy pro stanovení účinků zatížení při ověřování mezního stavu rovnováhy EQU (2 alternativní postupy) a pro

mezní stav typu STR (3 alternativní postupy). Norma EN 1990 [1] nedává přednost žádné z alternativ, výběr má být proveden v NP. Pro přípravu této přílohy je zapotřebí provést porovnávací výpočty a rozbor spolehlivosti, tak aby bylo možné vybrat z alternativních postupů a zvolit národní parametry.

EN 1990 [1] doporučuje, že v obvyklých případech konstrukcí pozemních staveb stačí uvážit kombinaci nanejvýš dvou proměnných zatížení. Pokud se předpokládá působení jednoho zatížení stálého G a dvou zatížení proměnných Q (zatížení hlavní Q_1 a zatížení vedlejší Q_2) a mezní stav únosnosti typu STR, lze návrhové účinky zatížení E_d stanovit pomocí základní kombinační rovnice (6.10), popř. dvojice rovnic (6.10 a) a (6.10 b), popř. dvojice (6.10 a, mod) a (6.10 b) na základě alternativních vztahů označených zde A až C, kde ξ je redukční součinitel pro nepříznivá stálá zatížení a $\psi_{0,j}$ jsou součinitele pro kombinační hodnoty proměnných zatížení. Při použití alternativního postupu B se při návrhu nosného prvku uváží méně příznivý účinek zatížení z dvojice rovnic (6.10 a) a (6.10 b), při postupu C z dvojice rovnic (6.10 a, mod) a (6.10 b).

Obrázek 2 ukazuje výsledek rozboru spolehlivosti železobetonové desky navržené podle tří alternativních postupů uvedených v EN 1990 [1] (alternativy A až C) a pro postup doporučený v předběžné normě ČSN P ENV 1991-1

CC3	Vysoké následky s ohledem na ztrátu lidského života, ztráty ekonomické nebo na prostředí	Stadióny, veřejné budovy (např. koncertní sály), kde následky zřícení jsou velké atd.	RC1	$K_{Fi} = 0,9$
CC2	Střední následky	Obytné budovy, kancelářské prostory, veřejné budovy	RC2	$K_{Fi} = 1,0$
CC1	Nízké následky	Zemědělské budovy s občasnou přítomností osob, skleníky	RC3	$K_{Fi} = 1,1$

Tab. 1 Příklady návrhu geotechnických konstrukcí podle 3 alternativních postupů
Tab. 1 Examples of geotechnical design according to 3 alternative approaches

	Postup 1(1.1)	Postup 1(1.2)/(1.3)1	Postup 2	Postup 3
Příklad 1: Návrh patky šířky B v nesoudržné šterkovité zemině.				
B [m]	1,11	1,44	1,31	1,61
Příklad 2: Návrh patky šířky B v soudržné jílovité zemině.				
B [m]	3,78	4,05	4,13	4,26
Příklad 3: Návrh hloubky založení z piloty v jílové vrstvě.				
z [m]	17,32	17,44	18,21	16,18

[2] (alternativa D, ekvivalentní s postupem A, s uvážením nižších dílčích součinitelů zatížení podle [2]). Pro stanovení vlivu proměnných zatížení na spolehlivost nosného prvku jsou charakteristické hodnoty uvažovaných zatížení G_k , $Q_{k,1}$ a $Q_{k,2}$ vyjádřeny prostřednictvím poměru χ obou proměnných zatížení $Q_{k,1} + Q_{k,2}$ k celkovému zatížení $G_k + Q_{k,1} + Q_{k,2}$ a dále poměrem $k = Q_{k,1}/Q_{k,2}$.

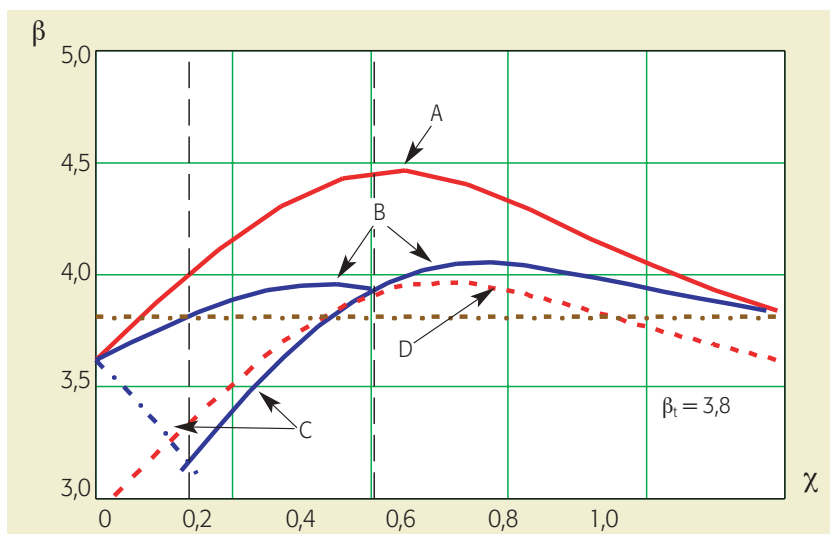
Z obrázku 2 je patrné, že úroveň spolehlivosti nosného prvku závisí na výběru jedné z alternativních kombinací zatížení A až D. Alternativa A dává vyšší úroveň spolehlivosti, alternativa B je pro obvyklé poměry zatížení χ (od 0,1 do 0,6) vyrovnanější, návrh podle alternativy C je v některých případech nevhodný. Poznamenejme, že doporučená hodnota indexu spolehlivosti β_t pro mezní stav únosnosti podle přílohy C k EN 1990 [1] je $\beta_t = 3,8$.

Norma EN 1990 [1] uvádí také tři alternativní postupy při geotechnickém navrhování, které se liší podle způsobu stanovení návrhových hodnot účinků zatížení, geotechnických parametrů a odolnosti základové půdy. Porovnávací výpočty ukazují, že se výsledné rozměry geotechnických konstrukcí navržených alternativními postupy 1 až 3 mohou od sebe významně lišit, jak ukazuje tabulka 1.

ZÁVĚR

Základní norma EN 1990, která poskytuje obecné zásady a pravidla navrhování, je již národně dostupná, transformace Eurokódů se blíží do své závěrečné etapy. Celý proces je velmi složitý, neboť se při transformaci norem uplatňují národní tradice, nové poznatky a také zájmy členských států CEN, mezi něž také ČR již pět let patří. Ukazuje se, že jednotlivým státům případně při zavádění Eurokódů EN nelehký úkol – rozhodnout o alternativních postupech navrhování a o národních parametrech, ovlivňujících spolehlivost konstrukcí i ekonomické aspekty.

Očekává se, že po společném období souběžné platnosti ČSN a Eurokódů se přestanou národní normy dále udržovat a konstrukce se začnou v celé Evropě navrhovat podle jednotného systému Eurokódů. Nyní se již připravuje program umožňující jejich další rozvoj a doplňování o nové vědeckovýzkumné

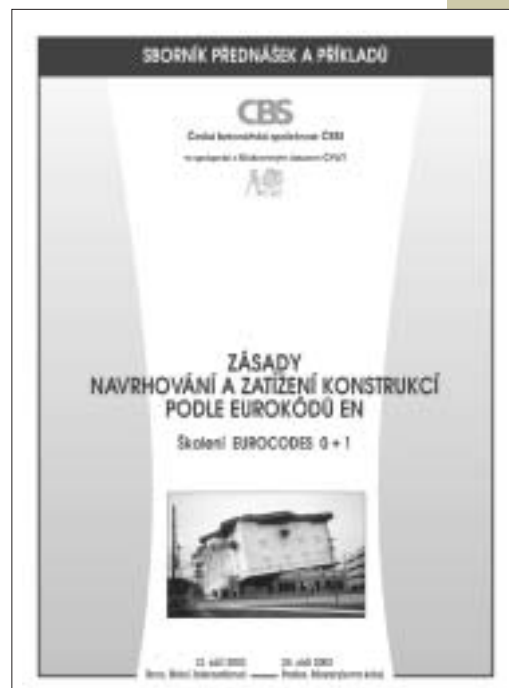


Obr. 2. Index spolehlivosti β desky vzhledem k poměru zatížení χ a pro $k = 0$; A, B, C – kombinace zatížení podle EN 1990 [1] ($\gamma_G = 1,35$, $g_Q = 1,5$), D podle [2] ($\gamma_G = 1,2$, $\gamma_Q = 1,4$)

Fig. 2. Reliability index β of the slab for load ratio χ and $k = 0$; A, B, C – load combinations according to EN 1990 [1] ($\gamma_G = 1,35$, $g_Q = 1,5$) and D – according to [2] ($\gamma_G = 1,2$, $\gamma_Q = 1,4$)

poznatky. Přestože některé odborné otázky zůstávají dosud otevřeny a zcela určitě se stanou předmětem dalších jednání, je třeba zdůraznit, že se již dosáhlo významných úspěchů při zpracování Eurokódů. Lze tedy očekávat, že během příštích tří let bude k dispozici ucelený systém evropských norem pro navrhování konstrukcí, který může přispět k naší celoevropské konkurenceschopnosti.

V průběhu září uspořádala Česká betonářská společnost ve spolupráci s ČVUT v Praze, Kloknerovým ústavem a Fakultou stavební, první dvě školení o zásadách navrhování, zatížení konstrukcí a navrhování betonových konstrukcí podle transformovaných Eurokódů EN. Obě školení se setkala s živým zájmem odborné stavební veřejnosti. Přítomní účastníci se seznámili s očekávanými změnami v navrhování stavebních konstrukcí, se současným stavem transformace evropských norem a se způsobem jejich zavádění v ČR. Očekává se, že na tato školení navážou v příštím roce nové kurzy, o kterých bude odborná stavební veřejnost včas informována.



Literatura

- [1] EN 1990 Basis of structural design European Committee for Standardisation, 04/2002
- [2] ENV 1991-1 Basis of design and actions on structures Part 1: Basis of design. European Committee for Standardisation, 1996
- [3] ISO 2394 General principles on reliability for structures, 1997
- [4] ISO 3898 Basis for design of structures – Notations – General symbols

Doc. Ing. Milan Holický, DrSc.
Ing. Jana Marková, Ph.D.
Kloknerův ústav ČVUT v Praze
Šolínova 7, 166 08 Praha 6
tel.: 224 343 842, fax: 224 355 232
e-mail: holicky@vc.cvut.cz