

# EUROKÓD EN 1991-1-1 VLASTNÍ TÍHA A UŽITNÁ ZATÍŽENÍ

## EUROCODE EN 1991-1-1 SELF WEIGHT AND IMPOSED LOADS



MILAN HOLICKÝ,  
JANA MARKOVÁ

Norma EN 1991-1-1 poskytuje pokyny pro stanovení objemové tíhy stavebních a skladovaných materiálů, pro vlastní tíhu stavebních prvků a pro užitná zatížení pozemních staveb. Do soustavy českých norem je zavedena jako ČSN EN 1991-1-1. V české národní příloze jsou doporučeny hodnoty užitných zatížení a zpřesněny pokyny pro navrhování nosných prvků na užitná zatížení působící z více pater nebo na určitou plochu.

*Eurocode EN 1991-1-1 gives guidance for determination of densities for construction and stored materials, for self-weight of construction works and for imposed loads of buildings. This standard was implemented into the system of Czech national standards as ČSN EN 1991-1-1. The Czech National Annex recommends values of imposed loads and specifies procedures for the design of structural members for imposed loads acting from several floors or on a specific area.*

Norma EN 1991-1-1 [1] Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb byla zavedena do soustavy českých norem v dubnu 2004 jako první z deseti norem z Eurokódu EN 1991. Obsahuje pokyny a doporučení pro navrhování konstrukcí na účinky vlastních tíh a stálých zatížení. Pro konstrukce pozemních staveb se dále doporučuje několik typů užitných zatížení podle kategorií užitných ploch.

V normě EN 1991-1-1 [1] je celkem deset národně stanovených parametrů, které umožňují volbu kategorií užitných ploch, národních hodnot užitných zatížení, redukčních součinitelů a doporučení pro zavedení stálých a užitných zatížení do výpočtu konstrukce.

Norma EN 1991-1-1 [1] vznikla transformací předběžné normy ENV 1991-2-1 (1995), kromě úvodu obsahuje šest kapitol a dvě informativní přílohy:

Kapitola 1	Všeobecně
Kapitola 2	Klasifikace zatížení
Kapitola 3	Návrhové situace
Kapitola 4	Objemové tíhy stavebních a skladovaných materiálů
Kapitola 5	Vlastní tíha stavebních prvků
Kapitola 6	Užitná zatížení pozemních staveb
Příloha A	(informativní) Tabulky pro nominální objemové tíhy stavebních materiálů, a pro nominální tíhy a úhly vnitřního tření skladovaných materiálů
Příloha B	(informativní) Svodidla a zábradlí v garážích

Obsahem první kapitoly jsou zejména termíny a definice, které jsou pro tuto normu specifické. Patří sem termíny objemová tíha a úhel vnitřního tření. Pojem „objemová tíha“ (v anglickém originále normy je použit termín „density“, tedy „hustota“) se v EN 1991-1-1 [1] používá pro tíhu na jednotku objemu, plochy či délky. Charakteristická hodnota objemové tíhy je většinou definována jako průměrná hodnota. Jestliže se předpokládá, že bude variační koeficient větší než 0,05, pak by se měla použít horní nebo dolní charakteristická hodnota objemové tíhy.

V kapitole 2 se provádí základní klasifikace zatížení, která vychází z EN 1990 [2]. Vlastní tíha se klasifikuje jako stálé pevné zatížení. Pokud však existuje pochybnost o stálosti vlastní tíhy, pak se má toto zatížení považovat za zatížení proměnné. Užitná zatížení se klasifikují jako proměnná volná zatížení, v obvyklých případech se považují za zatížení kvazistatická, pokud nehrozí nebezpečí rezonance nebo další dynamické odezvy konstrukce. Jestliže se očekávají rezonanční účinky od synchronizovaného rytmického pohybu lidí, tančení nebo skákání, pak se pro speciální dynamický výpočet určí model zatížení.

V kapitole 3 jsou doporučeny postupy pro určení stálých a užitných zatížení v jednotlivých návrhových situacích, pro jejich uspořádání a kombinace s dalšími druhy proměnných zatížení.

Kapitola 4 obsahuje informace, jak postupovat při stanovení charakteristických hodnot objemových tíh stavebních a skladovaných materiálů. Tyto informace jsou podrobněji rozvedeny v tabulkách v příloze A, která poskytuje nomi-

nální hodnoty objemové tíhy určitých stavebních materiálů, některých materiálů pro mosty a skladovaných materiálů. Pro některé materiály jsou kromě toho uvedeny úhly vnitřního tření. Objemové tíhy materiálů nebo výrobků, které příloha A neuvádí, lze určit na základě informací výrobce nebo z vyhodnocení zkoušek.

Kapitola 5 uvádí metody pro stanovení charakteristické hodnoty vlastní tíhy stavebních prvků, které jsou v zásadě stejné jako v našich předpisech. Kapitola rovněž obsahuje doplňující ustanovení pro pozemní stavby a mosty týkající se např. způsobu určení horních a dolních charakteristických hodnot tíhy mostního svršku. Kapitola 6 doporučuje charakteristické hodnoty užitných zatížení stropů a střech v souladu s užitnými kategoriemi pro následující plochy v pozemních stavbách:

- obytné, společenské, obchodní a administrativní plochy (kategorie A až D),
- garáže a dopravní plochy pro vozidla (F, G),
- plochy pro skladování a průmyslové činnosti (E),
- střechy (H, I),
- střechy s plochami pro přistávání vrtulníků (K).

Zatížení dopravních ploch uvedená v kapitole 6 se vztahují k vozidlům až do celkové tíhy 160 kN. Návrh dopravních ploch pro těžká vozidla o tíze větší než 160 kN je nutno stanovit dohodou s příslušným zodpovědným úřadem, další informace a modely zatížení je možno nalézt v EN 1991-2 [3] pro zatížení mostů dopravou.

Kapitola 6 dále doporučuje vodorovné síly na svodidla nebo dělicí stěny, které mají funkci zábrany. Doplňující údaje pro

Kategorie	Stanovené použití	Příklad
A	plochy pro domácí a obytné činnosti	místnosti obytných budov a domů; pokoje a čekárny v nemocnicích; ložnice hotelů a ubytoven, kuchyně a toalety
B	kancelářské plochy	
C	plochy, kde dochází ke shromažďování lidí (kromě ploch v kategoriích A, B a D)	<b>C1:</b> plochy se stoly atd., např. plochy ve školách, kavárnách, restauracích, jídelnách, čítárnách, recepcích. <b>C2:</b> plochy se zabudovanými sedadly, např. plochy v kostelech, divadlech nebo kinech, v konferenčních sálech, přednáškových nebo zasedacích místnostech, nádražních a jiných čekárnách. <b>C3:</b> plochy bez překážek pro pohyb osob, např. plochy v muzeích, ve výstavních sálech a přístupové plochy ve veřejných a administrativních budovách, hotelích, nemocnicích, železničních nádražních halách. <b>C4:</b> plochy určené k pohybovým aktivitám, např. taneční sály, tělocvičny, jeviště atd. <b>C5:</b> plochy, kde může dojít ke koncentraci lidí, např. budovy pro veřejné akce jako koncertní a sportovní haly, včetně tribun, teras a přístupových ploch, železniční nástupiště atd.
D	obchodní plochy	<b>D1:</b> plochy v malých obchodech <b>D2:</b> plochy v obchodních domech

Tab. 1 Užité kategorie

Tab. 1 Categories of use

navrhování svodidel a zábradlí v garážích jsou uvedeny v příloze B.

Některá pravidla pro stanovení užitého zatížení se však odlišují od platné české normy ČSN 73 0035 [4], a proto je vhodné na ně upozornit. Zpravidla jde o ustanovení, u kterých se umožnila úprava či volba v národní příloze.

Tab. 2 Užité zatížení stropních konstrukcí, balkonů a schodišť pozemních staveb

Tab. 2 Imposed load on floors, balconies and stairs in buildings

Kategorie užité plochy	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] NA ČR	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ] EN 1991-1-1	$Q_k$ [kN] NA ČR	$Q_k$ [kN] EN 1991-1-1
<b>kategorie A</b>				
stropy	1,5	1,5 – 2,0	1,5	2,0 – 3,0
schodiště	3,0	2,0 – 4,0	3,0	2,0 – 4,0
balkóny	3,0	2,5 – 4,0	3,0	2,0 – 3,0
<b>kategorie B</b>	2,5	2,0 – 3,0	2,5	1,5 – 4,5
<b>kategorie C</b>				
C1	3,0	2,0 – 3,0	3,0	3,0 – 4,0
C2	4,0	3,0 – 4,0	4,0	2,5 – 7,0; 4,0
C3	5,0	3,0 – 5,0	5,0	4,0 – 7,0
C4	5,0	4,5 – 5,0	5,0	3,5 – 7,0
C5	5,0	5,0 – 7,5	5,0	3,5 – 4,5
<b>kategorie D</b>				
D1	5,0	4,0 – 5,0	5,0	3,5 – 7,0; 4,0
D2	5,0	4,0 – 5,0	5,0	3,5 – 7,0

### UŽITÉ ZATÍŽENÍ

Plochy v obytných, společenských, obchodních a administrativních budovách se člení do kategorií podle účelu používání, které se poněkud odlišují od ČSN 73 0035 [4]. Zatížené plochy zařazené podle tabulky 1 se navrhují na základě charakteristických hodnot  $q_k$  (rovnoměrné zatížení) a  $Q_k$  (soustředěné zatížení).

Tabulka 2 uvádí hodnoty zatížení  $q_k$  a  $Q_k$ , které se na základě porovnání a porovnávacích výpočtů doporučují v české národní příloze (NA ČR). Pro porovnání se rovněž uvádějí rozpětí hodnot, které jsou doporučeny CEN v originálním textu EN 1991-1-1 [1] (tučně tiskovaná hodnota z intervalu hodnot se CEN doporučila).

Pokud je to potřebné, uživatel zvýší

hodnoty  $q_k$  a  $Q_k$  v konkrétním projektu (např. pro schodiště a balkóny v závislosti na způsobu používání a na rozměrech). Pro lokální ověření se má uvažovat samostatně působící soustředěné zatížení  $Q_k$ . Předpokládá se, že soustředěné zatížení působí v kterémkoli místě stropní konstrukce, balkónu nebo schodiště na ploše odpovídající používání a tvaru této konstrukce.

Rozpětí hodnot uvedená v EN 1991-1-1 [1] pro užité zatížení pokrývají dosud platné hodnoty dané v ČSN 73 0035 [4], doporučené hodnoty (tučné) jsou však většinou vyšší než odpovídající hodnoty v ČSN 73 0035 [4]. Například užité zatížení pro kancelářské plochy je podle ČSN 73 0035 [4]  $q_k = 2$  kN/m<sup>2</sup>, doporučená hodnota podle EN 1991-1-1 [1] (tabulka 2) je  $q_k = 3$  kN/m<sup>2</sup>. To představuje zvýšení charakteristické hodnoty o 50 %. Další zvýšení účinku zatížení (asi o 15 %) vzniká vlivem většího dílčího součinitele proměnného zatížení. V národní příloze byly některé hodnoty užitého zatížení upraveny, například pro kancelářské prostory se doporučuje užité zatížení  $q_k = 2,5$  kN/m<sup>2</sup>. Pro navrhování balkonů pozemních staveb v užitéch kategoriích B až D se doporučilo použít užité zatížení 4 kN/m<sup>2</sup>.

EN 1991-1-1 [1] uvádí pravidla pro přemístitelné příčky, která se odlišují od ustanovení ČSN 73 0035 [4]. Podle EN 1991-1-1 [1] se vlastní tíha přemístitelných příček uvažuje jako rovnoměrné zatížení  $q_k$ , které se přidá k užitém zatížením stropních konstrukcí. Takto stanovené rovnoměrné zatížení závisí na vlastní tíze příček:

- přemístitelné příčky s vlastní tíhou  $\leq 1,0$  kN/m:  $q_k = 0,5$  kN/m<sup>2</sup>
- přemístitelné příčky s vlastní tíhou  $\leq 2,0$  kN/m:  $q_k = 0,8$  kN/m<sup>2</sup>
- přemístitelné příčky s vlastní tíhou  $\leq 3,0$  kN/m:  $q_k = 1,2$  kN/m<sup>2</sup>.

Připomeneme, že podle ČSN 73 0035 [4] se toto přidávané zatížení uvažuje hodnotou  $q_k = 0,75$  kN/m<sup>2</sup>. V porovnání s naší normou jsou v EN 1991-1-1 [1] rovněž odlišná pravidla doporučená pro redukci užitého zatížení s ohledem na zatěžovanou plochu  $A$  a počet podlaží  $n$ . Tato pravidla byla upřesněna v národní příloze na základě analýz a porovnání, viz obrázky 1 a 2.

Při navrhování vodorovných prvků se mohou užité zatížení  $q_k$  stropních konstrukcí a přístupných střech stejné kate-

gorie redukovat součinitel  $\alpha_A$ , jehož doporučená hodnota se určí ze vztahu

$$\alpha_A = \frac{5}{7} \psi_0 + \frac{A_0}{A} \leq 1,0 \quad (1)$$

s omezením  $\alpha_A \geq 0,6$  a s platností vztahu (1) pro kategorie A až C3. V rovnici (1) je  $\psi_0$  kombinační součinitel podle EN 1990 [1],  $A_0$  je referenční plocha, kde  $A_0 = 10,0 \text{ m}^2$ ,  $A$  je zatížená plocha.

U užitných ploch A až D může být celkové užitné zatížení stejné kategorie působící na sloupy a stěny z několika podlaží násobenou redukčním součinitelem  $\alpha_n$ . Doporučené hodnoty se pro  $\alpha_n$  stanoví ze vztahu

$$\alpha_n = \frac{2 + (n - 2) \psi_0}{n} \quad (2)$$

kde  $n$  je počet podlaží (> 2) stejné kategorie nad zatíženými nosnými prvky.

Na základě analýz součinitelů  $\alpha$  byly vztahy doporučené v EN 1991-1-1 [1] převzaty, upřesnily se pouze podmínky pro jejich použití v jednotlivých užitných kategoriích. Pokud užitné zatížení je zatížením vedlejším, pak se v souladu s EN 1990 [2] použije pouze jeden z redukčních součinitelů, tedy buď součinitel  $\psi_0$ , nebo součinitel  $\alpha$ . Dílčí výsledky analýzy redukčních součinitelů  $\alpha_A$  a  $\alpha_n$  podle vybraných národních a evropských doporučení (ČR, Finsko, Francie, UK, Německo, CEN) jsou patrné z obrázků 1 a 2. V národních předpisech ČR, Německa a Francie se doporučují až dva vztahy podle typů užitných kategorií (odlišných od Eurokódů), v obrázcích se pro lepší možnost porovnání tyto kategorie označují podle Eurokódů a znázorňují pouze kategorie A až D.

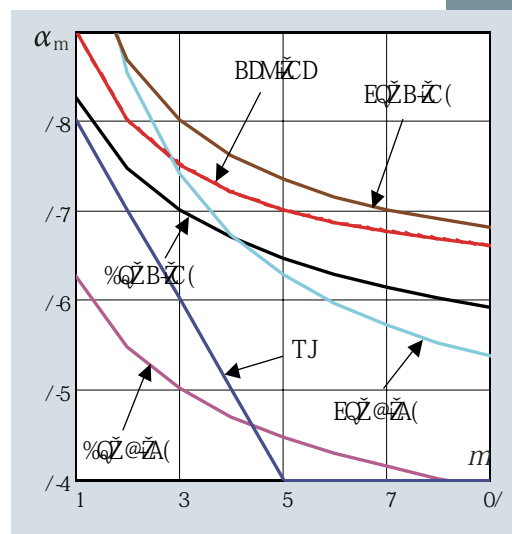
Fig 1 Reduction of imposed load on the basis of factor  $\alpha_n$  for  $n$  floors

Obr. 1 Redukce užitného zatížení součinitelem  $\alpha_n$  podle počtu podlaží  $n$

Národní normy dále doporučují různé hodnoty charakteristických a návrhových hodnot užitných zatížení pro stejné kategorie užitných ploch. Použití rozdílných modelů užitných zatížení nebo redukčních vztahů ovlivňuje úroveň spolehlivosti nosného prvku, který byl na tato zatížení navržen.

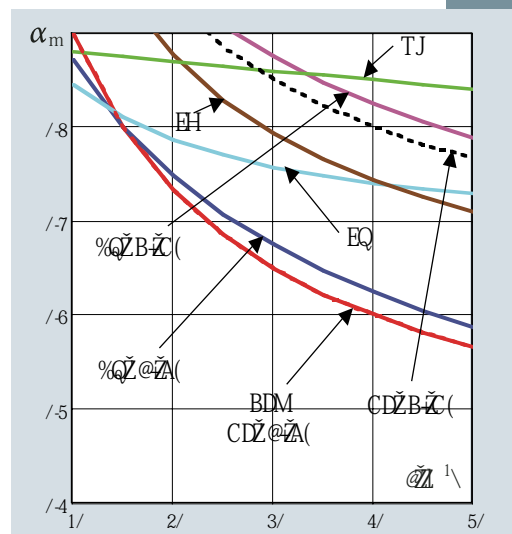
Při návrhu nosných prvků vícepodlažních budov je podle EN 1991-1-1 [1] možné použít zjednodušená pravidla. Například při návrhu určitého vodorovného prvku v jednom podlaží vícepodlažní budovy lze užitné zatížení v tomto podlaží považovat za volné zatížení působící v nejméně příznivém místě účinku uvažovaného zatížení. Pokud zatížení z ostatních podlaží přispívají k výslednému účinku zatížení, mohou se tato zatí-

žení navzájem uspořádat. Při návrhu nosných prvků vícepodlažních budov je podle EN 1991-1-1 [1] možné použít zjednodušená pravidla. Například při návrhu určitého vodorovného prvku v jednom podlaží vícepodlažní budovy lze užitné zatížení v tomto podlaží považovat za volné zatížení působící v nejméně příznivém místě účinku uvažovaného zatížení. Pokud zatížení z ostatních podlaží přispívají k výslednému účinku zatížení, mohou se tato zatí-



Obr. 2 Redukce užitného zatížení součinitelem  $\alpha_A$  podle plochy  $A \text{ [m}^2\text{]}$ .

Fig 2 Reduction of imposed load on the basis of factor  $\alpha_A$  for area  $A \text{ [m}^2\text{]}$

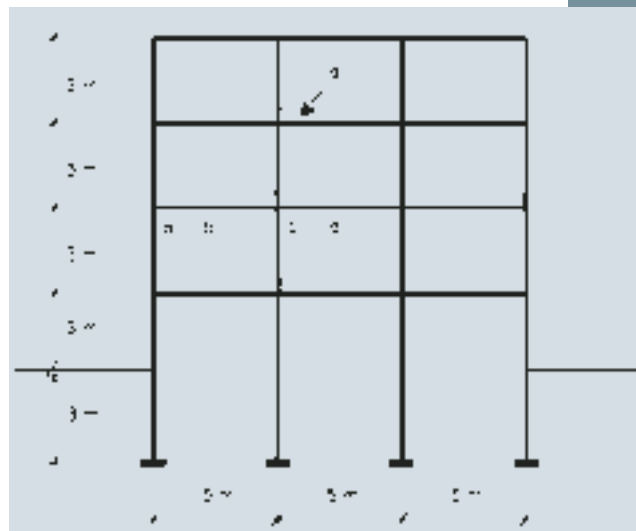
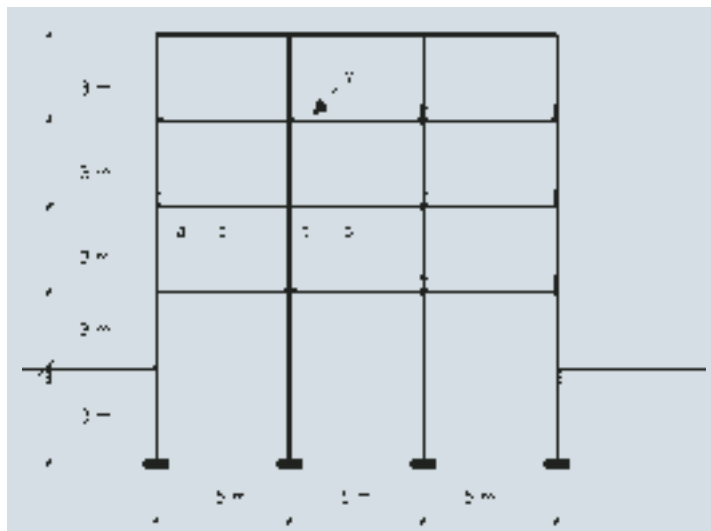


Obr. 3 Zjednodušené uspořádání užitného zatížení  $q$  pro ověření ohybové únosnosti v bodech (a) a (b).

Fig. 3 Simplified arrangement of imposed load  $q$  for verification of flexural capacity in points (a) and (b).

Obr. 4 Nepříznivější uspořádání užitného zatížení  $q$  pro ověření ohybové únosnosti v bodech (a) a (b).

Fig. 4 More critical arrangement of imposed load  $q$  for verification of flexural capacity in (a) and (b).





žení považovat za rovnoměrně rozložená (pevná).

Obrázky 3 a 4 ukazují příklad uspořádání zatížení pro vodorovný nosník v druhém podlaží rámové konstrukce. Je-li ověřována ohybová únosnost v bodech (a) a (b), pak je v souladu s EN 1991-1-1 [1] možné použít uspořádání užitého zatížení podle obrázku 3 namísto správnějšího šachovnicového uspořádání, které je vyznačeno na obrázku 4.

Jestliže se ověřuje ohybová únosnost v bodě (c), potom podle zjednodušeného pravidla se užité zatížení druhého podlaží nachází pouze v prvním a druhém poli zleva. Pokud je ověřována ohybová únosnost v bodě (d), umístí se užité zatížení v druhém podlaží pouze do středního pole.

V souladu s EN 1991-1-1 [1] lze při návrhu sloupu prvního podlaží zatíženého všemi podlažími považovat užité zatížení v každém z podlaží za rovnoměrně rozložené.

Základní norma EN 1990 pro zásady navrhování a norma EN 1991-1-1 pro stálá a užitná zatížení jsou již více než rok zavedeny do soustavy českých norem. Celý proces národního zavádění Eurokódů téměř v celé Evropě je velmi složitý, neboť se zde uplatňují národní tra-

dice, nové poznatky a zájmy členských států CEN. Jednotlivé státy budou muset při zavádění EN Eurokódů rozhodnout o alternativních postupech a o ostatních národně stanovených parametrech, ovlivňujících spolehlivost konstrukcí i ekonomické ukazatele.

Snahou Evropské komise, a tedy také Evropské organizace pro normalizaci CEN je, aby se zajistilo účinné používání Eurokódů. Národně stanovené parametry vybrané členskými státy CEN budou analyzovány tak, aby se dosáhlo co největší harmonizace v příští generaci Eurokódů. V současnosti se připravuje přehled národně stanovených parametrů pro nadcházející zasedání technické subkomise CEN/TC 250/SC1 v červnu 2005 v Paříži.

Přestože některé odborné otázky zůstávají dosud otevřeny a zcela určitě se stanou předmětem dalších jednání nebo přednormativního výzkumu, je třeba zdůraznit, že se již dosáhlo významných úspěchů. Lze tedy očekávat, že během příštích dvou let bude již k dispozici ucelený systém evropských norem pro navrhování konstrukcí, který nahradí současně platné předběžné normy ČSN P ENV Eurokódy a přispěje k naší celoevropské konkurenceschopnosti.

Literatura:

- [1] EN 1991-1-1: Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-1: General Actions – Densities, self-weight, imposed loads for buildings, CEN, 04/2002.
- [2] EN 1990: Eurocode Basis of structural design. CEN, 04/2002.
- [3] EN 1991-2: Eurocode 1: Actions on structures – Part 2: Traffic loads on bridges, 09/2003.
- [4] ČSN 73 0035: Zatížení stavebních konstrukcí. ČSN 1986.

*Tento příspěvek vznikl jako součást řešení pilotního projektu č. CZ/02/B/P/PP-134007 Development of Skills Facilitating Implementation of Structural Eurocodes podporovaného programem Leonardo da Vinci a projektu č. 1H-PK/26 „Optimalizace spolehlivosti staveb a kalibrace norem EU“ podporovaného MPO ČR.*

Prof. Ing. Milan Holický, DrSc.

Ing. Jana Marková, Ph.D.

ČVUT v Praze, Kloknerův ústav,

Solínova 7, 166 08 Praha 6

Tel: 224 353 842, fax 224 355 232

e-mail: holicky@klok.cvut.cz

## „INTELIGENTNÍ KONSTRUKCE“ - VÝSLEDKY EVROPSKÉHO VÝZKUMNÉHO PROJEKTU

MICHAEL RAUPACH, AACHEN

Díky pokračujícímu vývoji senzorových technologií a systémů dálkového přenosu a zpracování dat je nyní možné vybavovat konstrukce senzorovými systémy a tak průběžně získávat k centrálnímu počítačovému vyhodnocování údaje o jejich základních parametrech. Lze tak automaticky „spustit alarm“ pokud dojde ke kritickému překročení mezních hodnot sledovaných veličin na konstrukci.

Integrovaný monitorovací systém byl vyvinut v rámci evropského výzkumného a vývojového projektu „Chytré konstrukce“. Systém umožňuje nastavit pro sledované charakteristické parametry intervaly odpovídající podmínkám, v nichž je konstrukce v dobrém stavu (pH, vlhkost, obsah chloridů, kritická hloubka chloridové penetrace), a stejně jako hodnoty konstrukčních charakteristik (deformace, průhyby, posuvy, vibrace) je kontinuálně zaznamenávat, sledovat a vyhodnocovat přes Internet. Systém má modulární strukturu a může být přizpůsoben požadavkům individuální konstrukce, přáním operátora s ohledem na volbu počtu a typu senzorů i způsobu vyhodnocování. Aplikace systému je směřována zejména tam, kde přináší sníže-



ní nákladů, např. když je třeba snížit náklady za prohlídky stavby, v obtížně dostupných místech nebo tam, kde se k určitému typu údržby přistupuje až po té, kdy je dosaženo určitých předem specifikovaných podmínek.

Hlavním požadavkem na technicky a ekonomicky kvalifikované rozhodnutí o užití integrovaného monitorovacího systému je zodpovědné počáteční ohodnocení všech podstatných charakteristik konstrukce a porovnání možných budoucích strategií provozu a údržby konstrukce se senzorickým monitorovacím systémem i bez něj.

Z časopisu Beton 12/2004,  
Verlag Bau+technik, str. 604–609

jm