

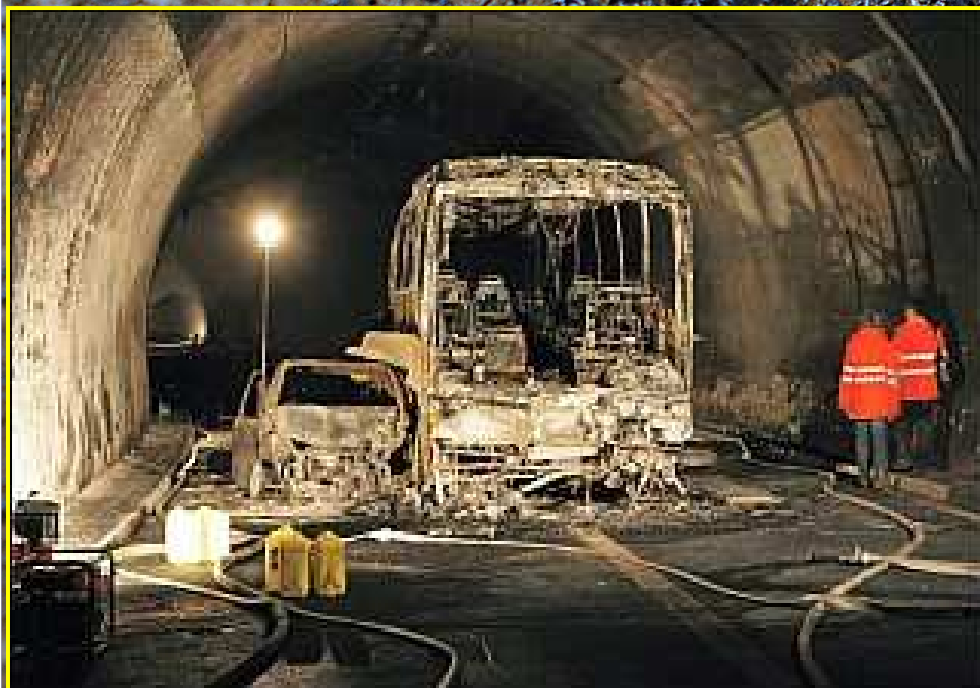




POŽÁRNÍ ODOLNOST BETONOVÉHO OSTĚNÍ TUNELŮ A JEHO ZKOUŠENÍ V ČR



Petr Bebčák - **K.B.K Fire**
Libor Mařík - **IKP Consulting Engineers**



ČESKÁ TUNELÁŘSKÁ ASOCIACE ITA-AITES
TUNELÁŘSKÉ ODPOLEDNE 18.11.2009



POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

Zákon 183/2006 Sb. O územním plánování a stavebním řádu
(stavební zákon)

§ 156

Požadavky na stavby

- (1) Pro stavbu mohou být navrženy a použity jen takové výrobky, materiály a konstrukce, jejichž vlastnosti z hlediska způsobilosti stavby pro navržený účel zaručují, že stavba při správném provedení a běžné údržbě po dobu předpokládané existence splní požadavky na mechanickou odolnost a stabilitu, požární bezpečnost, hygienu, ochranu zdraví a životního prostředí, bezpečnost při udržování a užívání stavby včetně bezbariérového užívání stavby, ochranu proti hluku a na úsporu energie a ochranu tepla.

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

Zákon 183/2006 Sb. O územním plánování a stavebním řádu
(stavební zákon)

Implementuje požadavky Směrnice Rady 89/106/EHS ze
dne 21. prosince 1989 o sblížení právních a
správních předpisů členských států týkajících se
stavebních výrobků ve znění směrnice Rady 93/68/EHS

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

DALŠÍ NORMY A PŘEDPISY:

Požadavky na stavby z hlediska požární bezpečnosti řeší kodex požárních norem řady ČSN 73 08XX.

ČSN 73 0802 Požární bezpečnost staveb, Nevýrobní objekty

ČSN 73 0804 Požární bezpečnost staveb, Výrobní objekty

ČSN 73 0810 Požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí

ČSN 73 0851 Zkoušení požární odolnosti (část 1 a 2)

ČSN 73 0860 Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb (část 1 a 2)

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

Předpisy pro tunely v rámci EU:

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/54/ES o minimálních bezpečnostních požadavcích na tunely transevropské silniční sítě.

Směrnice 2001/16/ES - Interoperabilita transevropského konvenčního železničního systému

Směrnice 96/48/ES o interoperabilitě transevropského vysokorychlostního železničního systému

Rozhodnutí komise 2008/163/ES ze dne 20. prosince 2007 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „Bezpečnost v železničních tunelech“ v transevropském konvenčním a vysokorychlostním železničním systému

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

IMPLEMENTACE SMĚRNIC EU DO NOREM V ČR:

ČSN 737507 Projektování tunelů pozemních komunikací

ČSN 737508 Projektování železničních tunelů

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

Požadovaný stupeň požární bezpečnosti stavebních konstrukcí dle tab. 12 ČSN 73 0802

I

II

III

IV

V

VI

VII

Požadovaná doba požární odolnosti požárních stěn a stropů v NP [min]

15+

30+

45+

60+

90+

120D1

180D1

Příslušného stupně požární bezpečnosti požárního úseku je dosaženo tehdy, vykazují-li všechny konstrukce alespoň takovou požární odolnost a druh, jaké požaduje tabulka. Nesplňuje-li některá z uvedených konstrukcí požárního úseku tyto požadavky, vykazuje celý požární úsek stupeň požární bezpečnosti určený touto nevyhovující konstrukcí.

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

Pro tunely na pozemních komunikacích jsou stanoveny v ČSN 737507 v závislosti na délkové klasifikaci tunelů konkrétní požadavky na požární odolnost stavebních konstrukcí:

- krátké tunely (do 300 m délky) jsou zařazeny do V. Stupně požární bezpečnosti, s požadavky na požární odolnost konstrukcí R 90 min dle normové teplotní křivky

- střední tunely a dlouhé tunely (nad 300 m délky) jsou zařazeny do VII. Stupně požární bezpečnosti s požadavky na požární odolnost konstrukcí R 180 min dle normové teplotní křivky

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

Požární odolnost stavebních konstrukcí, je souhrnně vyjádřena schopností konstrukce odolávat účinkům požáru a zachovat při požáru svou nosnost a izolační schopnost. Požadavky na požární odolnost konstrukcí ve vztahu k požárnímu riziku požárních úseků stanoví normy řady ČSN 7308XX.

Při použití jiných podkladů musí být u každého požárního úseku stanoven stupeň požární bezpečnosti a tomuto stupni odpovídající požární odolnost konstrukce.

Definice dle **ČSN 730810** čl. 4.1 (4.13)

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

Požární odolnost stavebních konstrukcí,

Dle čl. 4.12 ČSN 730810 je požadovaná požární odolnost konstrukcí musí být při běžném provozu zajištěna po celou předpokládanou životnost stavebního či technologického objektu.

(v případě tunelového ostění je předpokládaná životnost 100 let.)

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA MEZNÍ STAVY POŽÁRNÍ ODOLNOSTI,

V době stanovené požární odolností nesmí být porušeny mezní stavy konstrukcí ve smyslu ČSN 73 0810 mezinárodně značené jako:

R Únosnost

E Celistvost

I Izolační schopnost, mezní hustota tepelného toku na neohřívané straně

W hustota tepelného toku

S prostup zplodin hoření

M mechanické působení (například náraz na zahřátou požární stěnu)

C opatření samouzavíracím zařízením

POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

MEZNÍ STAVY POŽÁRNÍ ODOLNOSTI,

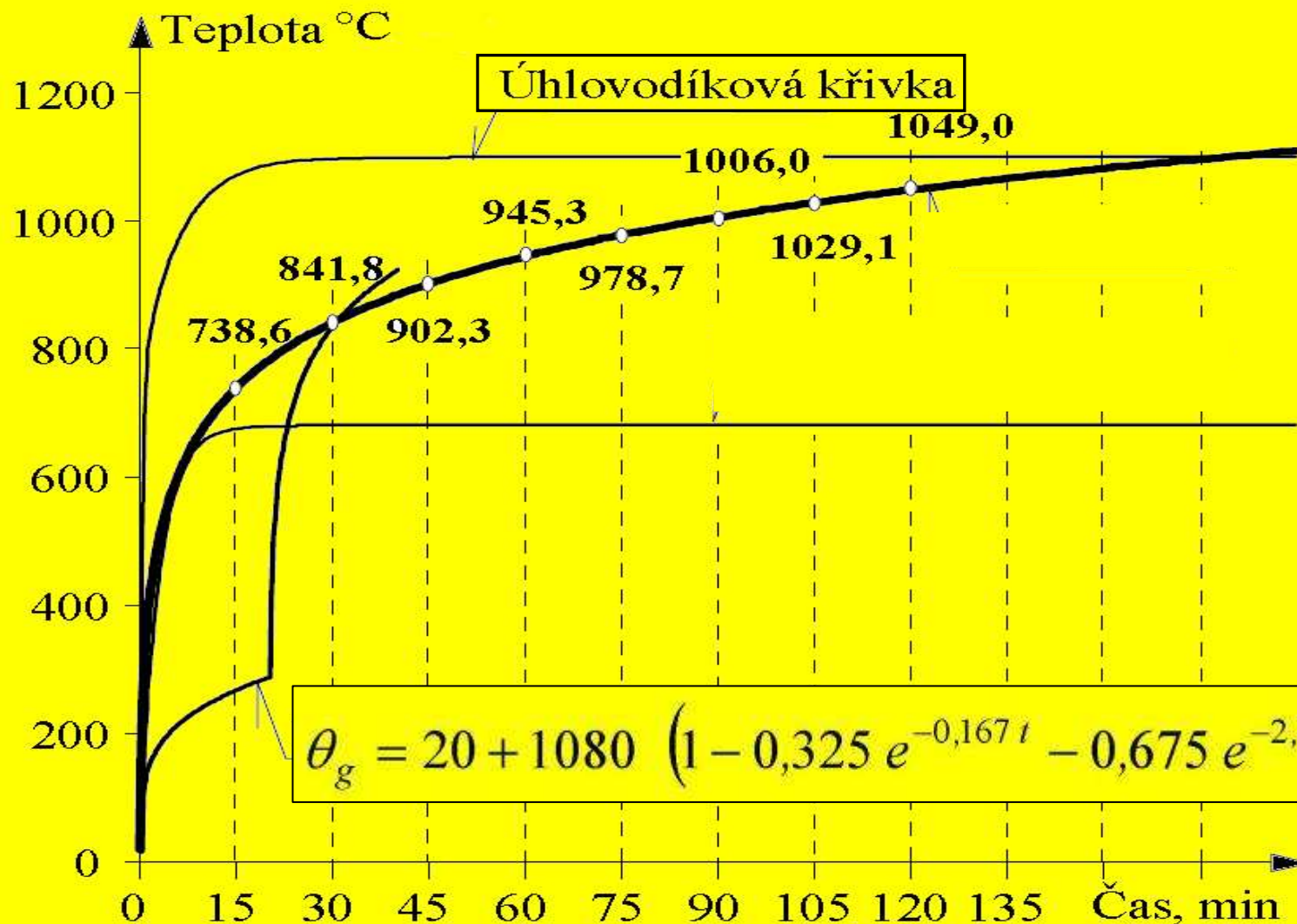
Na dosažení mezních stavů požární odolnosti staveních konstrukcí má vliv časový průběh požáru a to zejména průběh nárůstu teploty při konkrétním požáru, který je různý a závisí na mnoha proměnných a to zejména na:

- povaze hořlavého materiálu,
- jeho výhřevnosti,
- uložení,
- větrání při požáru,
- konstrukčním a architektonickým řešením objektu,
- meteorologických podmínkách atd.

Proto jsou jednotně stanoveny průběhy požáru dle teplotních křivek dle ČSN EN 1363 – 1 a 2.

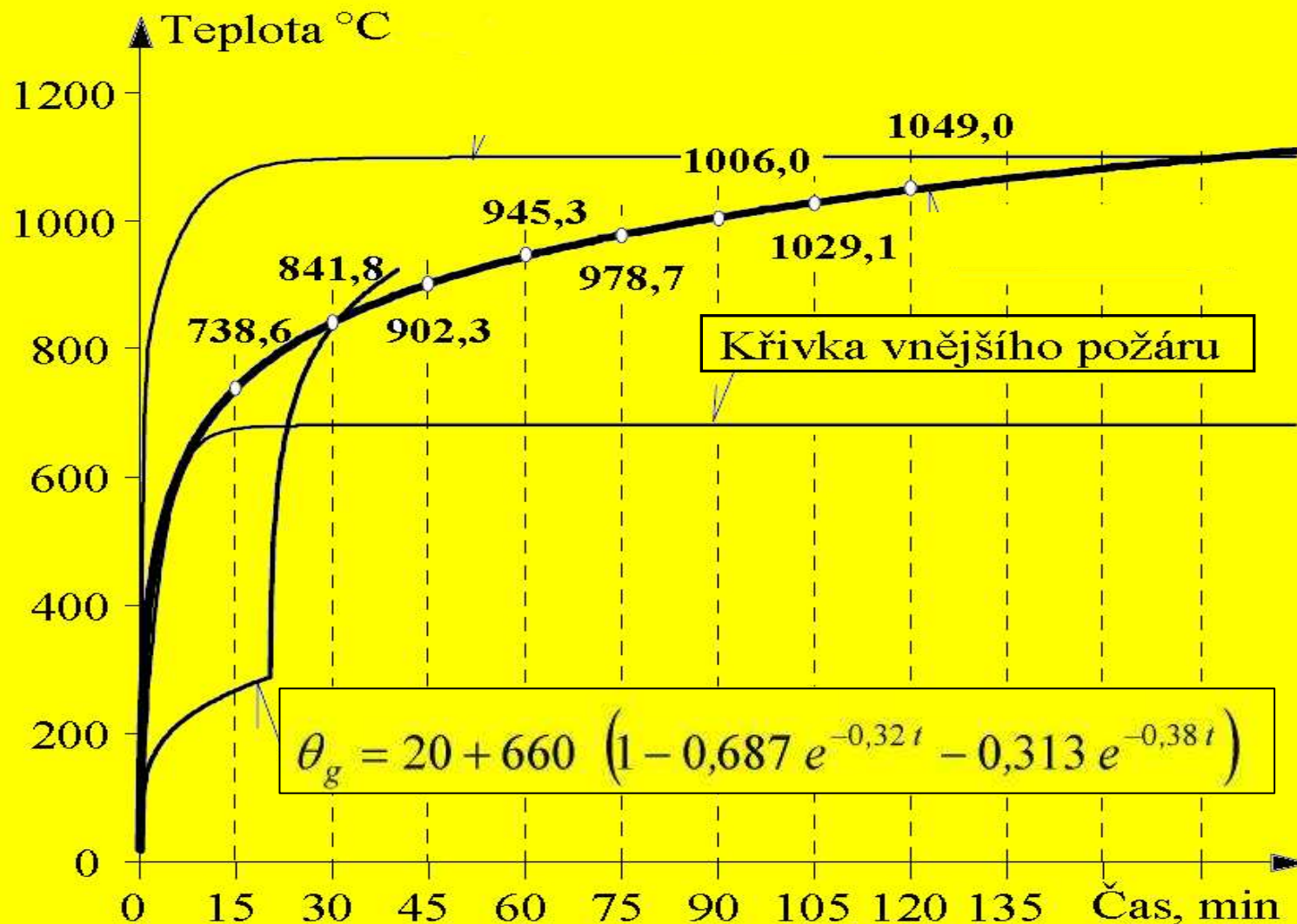
POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

TEPLOTNÍ KŘIVKY DLE ČSN EN 1363-1 a 2.



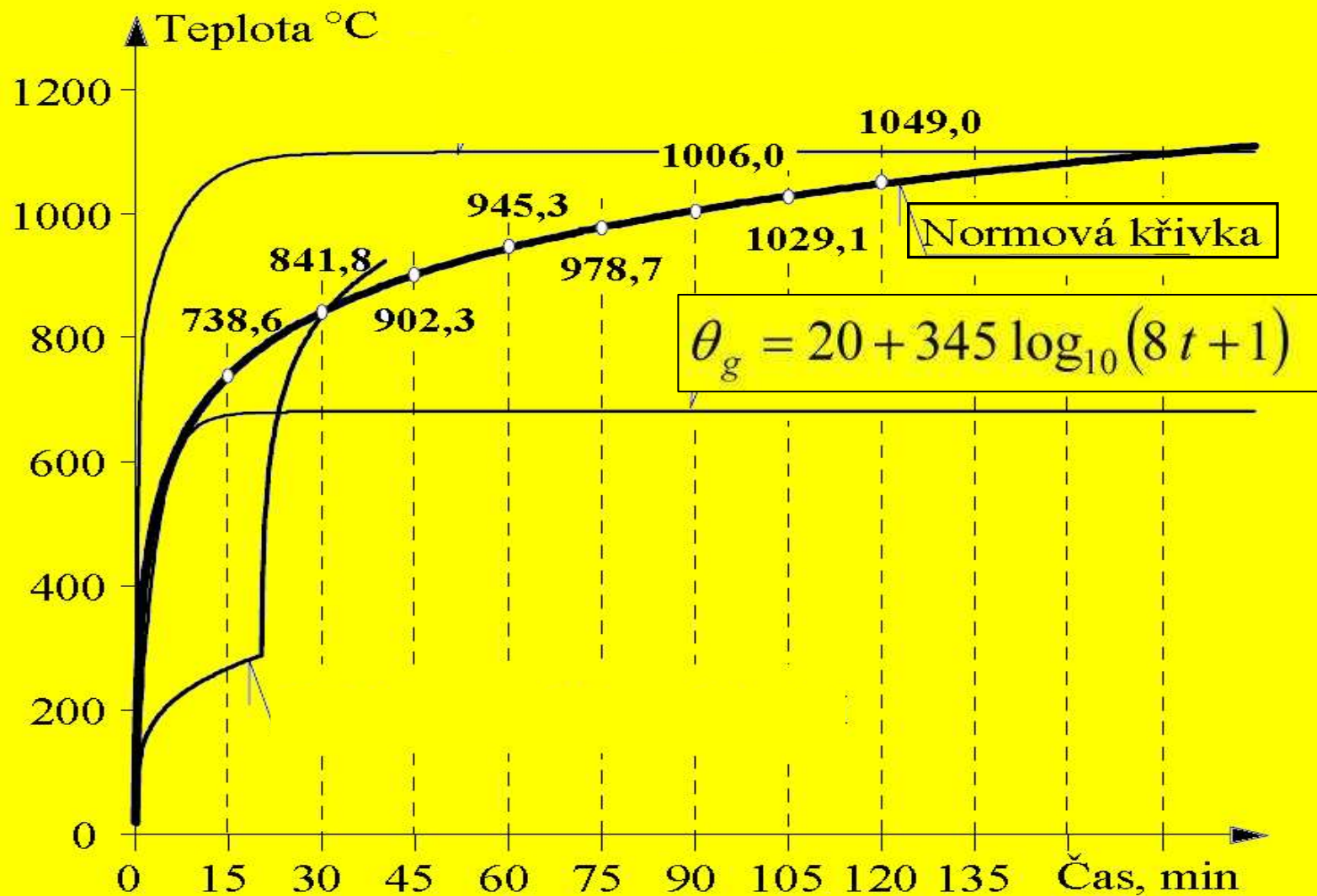
POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

TEPLOTNÍ KŘIVKY DLE ČSN EN 1363-1 a 2.



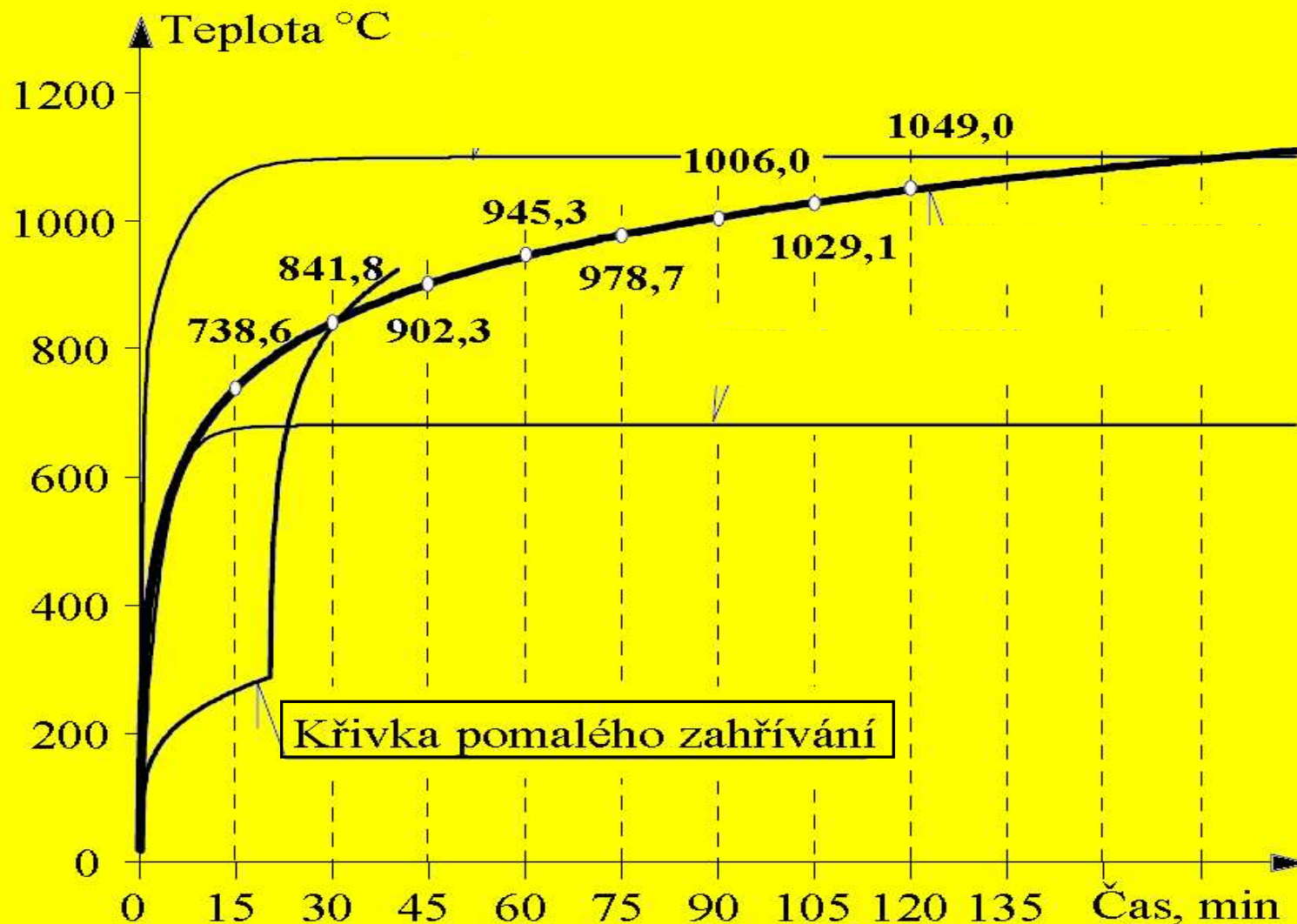
POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

TEPLOTNÍ KŘIVKY DLE ČSN EN 1363-1 a 2.



POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

TEPLOTNÍ KŘIVKY DLE ČSN EN 1363-1 a 2.

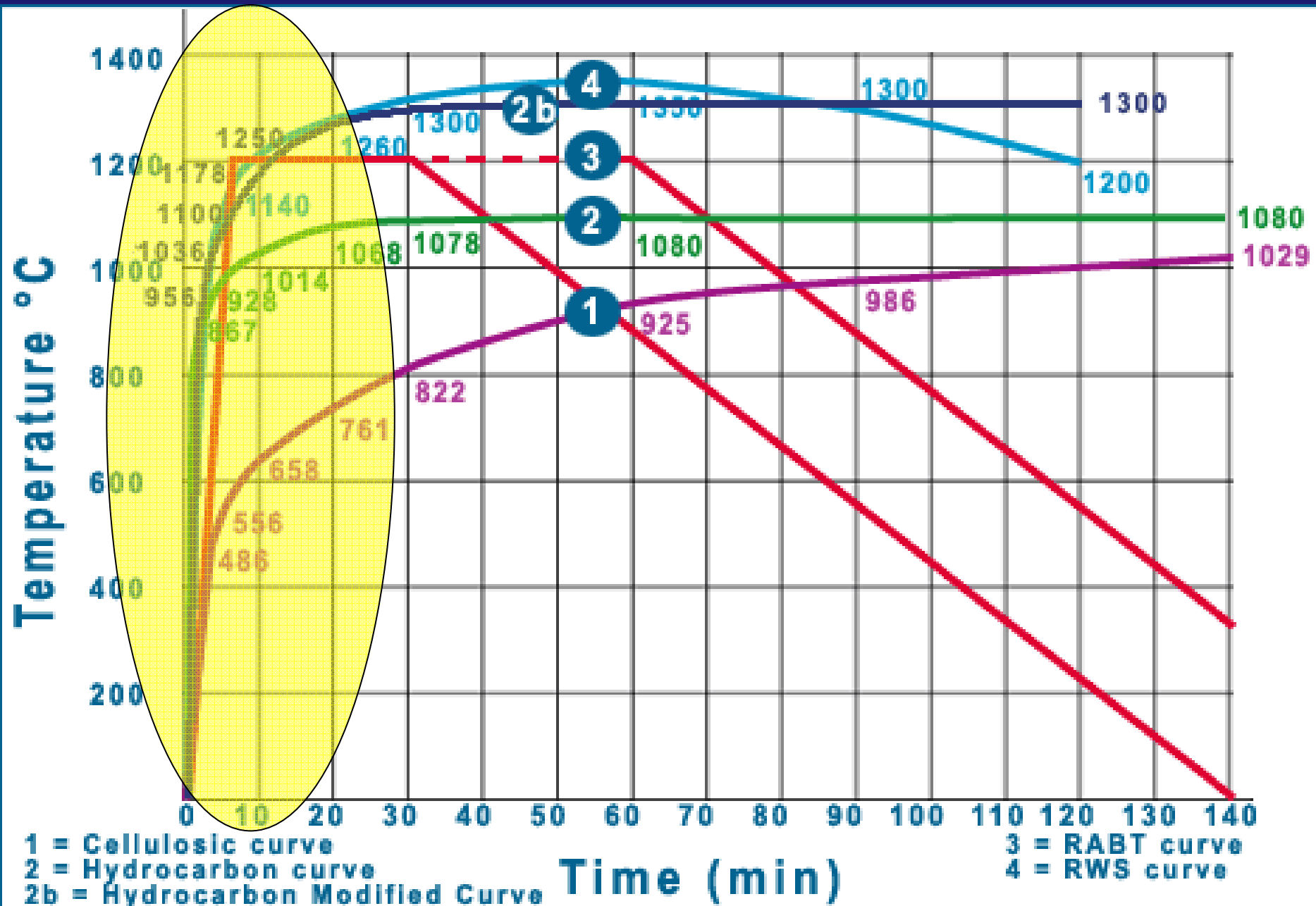


POŽÁRNÍ ODOLNOST A LEGISLATIVA

TEPLOTNÍ KŘIVKA – EUREKA – DLE TSI SRT



POUŽÍVANÉ TEPLOTNÍ KŘIVKY TUNELŮ



ZKOUŠENÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI TUNELOVÝCH OSTĚNÍ

ZKUŠEBNÍ PEC S ÚSTÍM HOŘÁKŮ



AREÁL ZKUŠEBNY SE ZKUŠEBNÍ PECÍ



HOŘÁK PŘI ZKOUŠCE

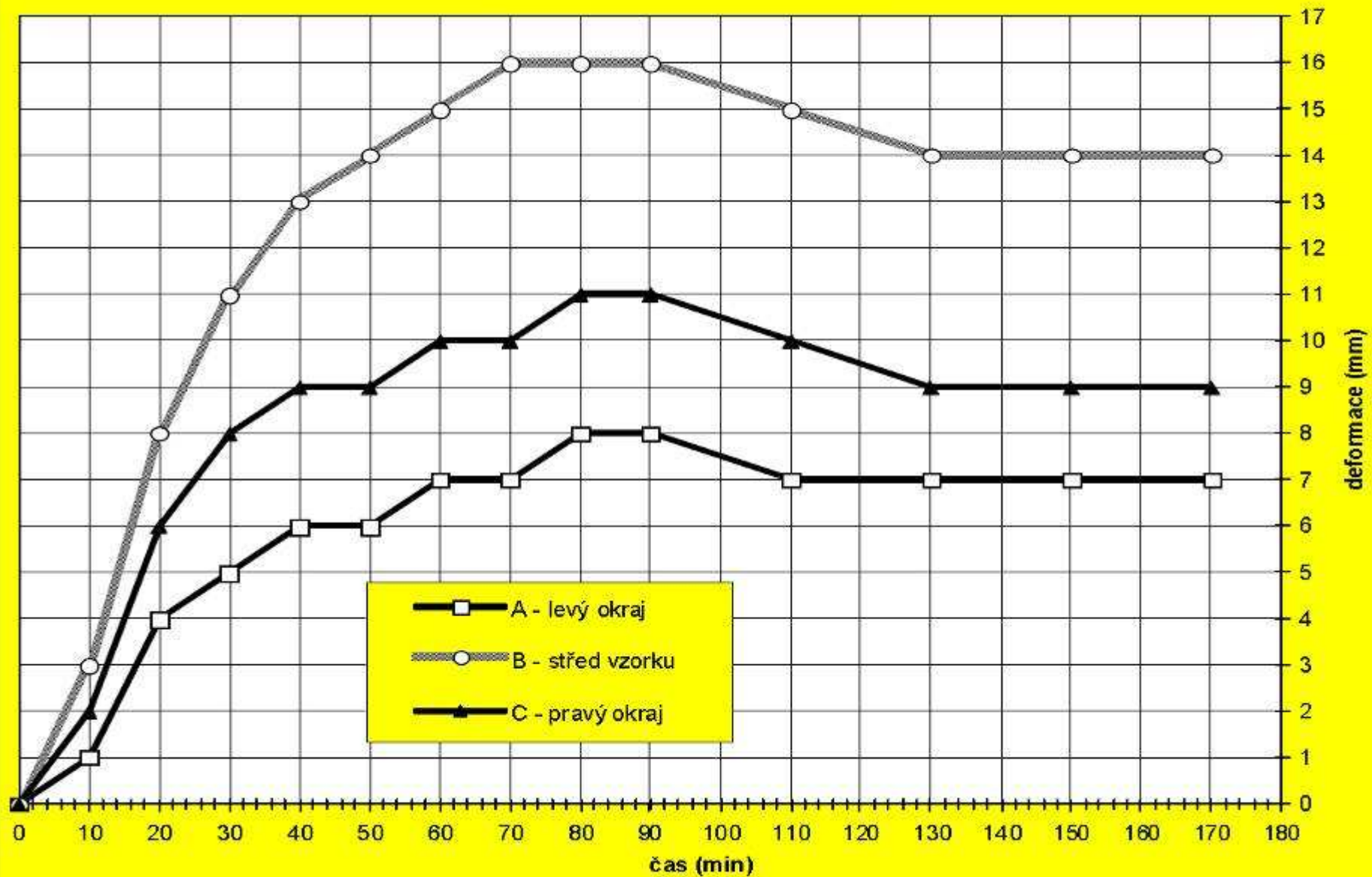


MĚŘENÍ ROVINATOSTI VZORKU



MĚŘENÍ ROVINATOSTI VZORKU

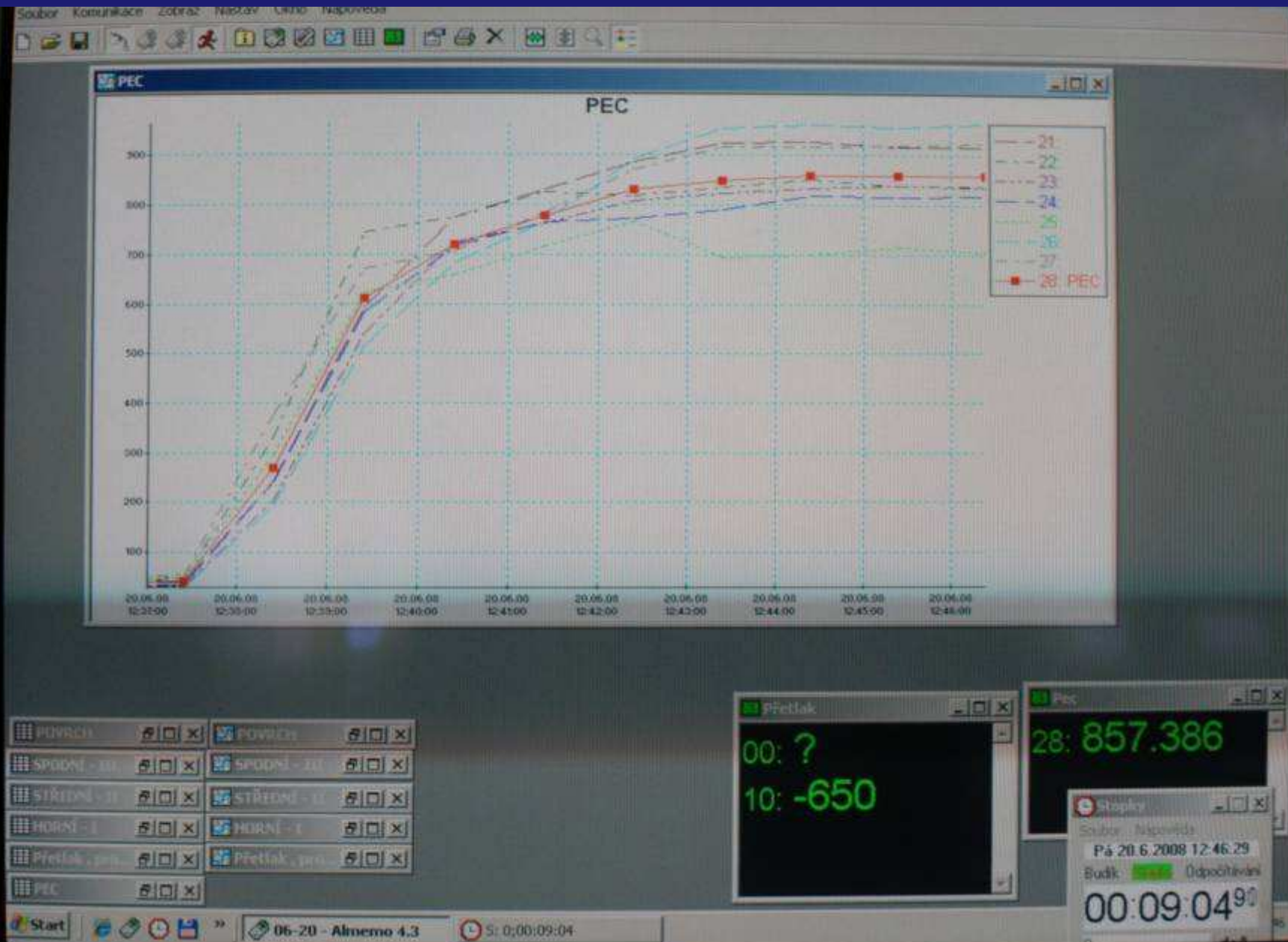
VODO ROVNÉ DEFORMACE



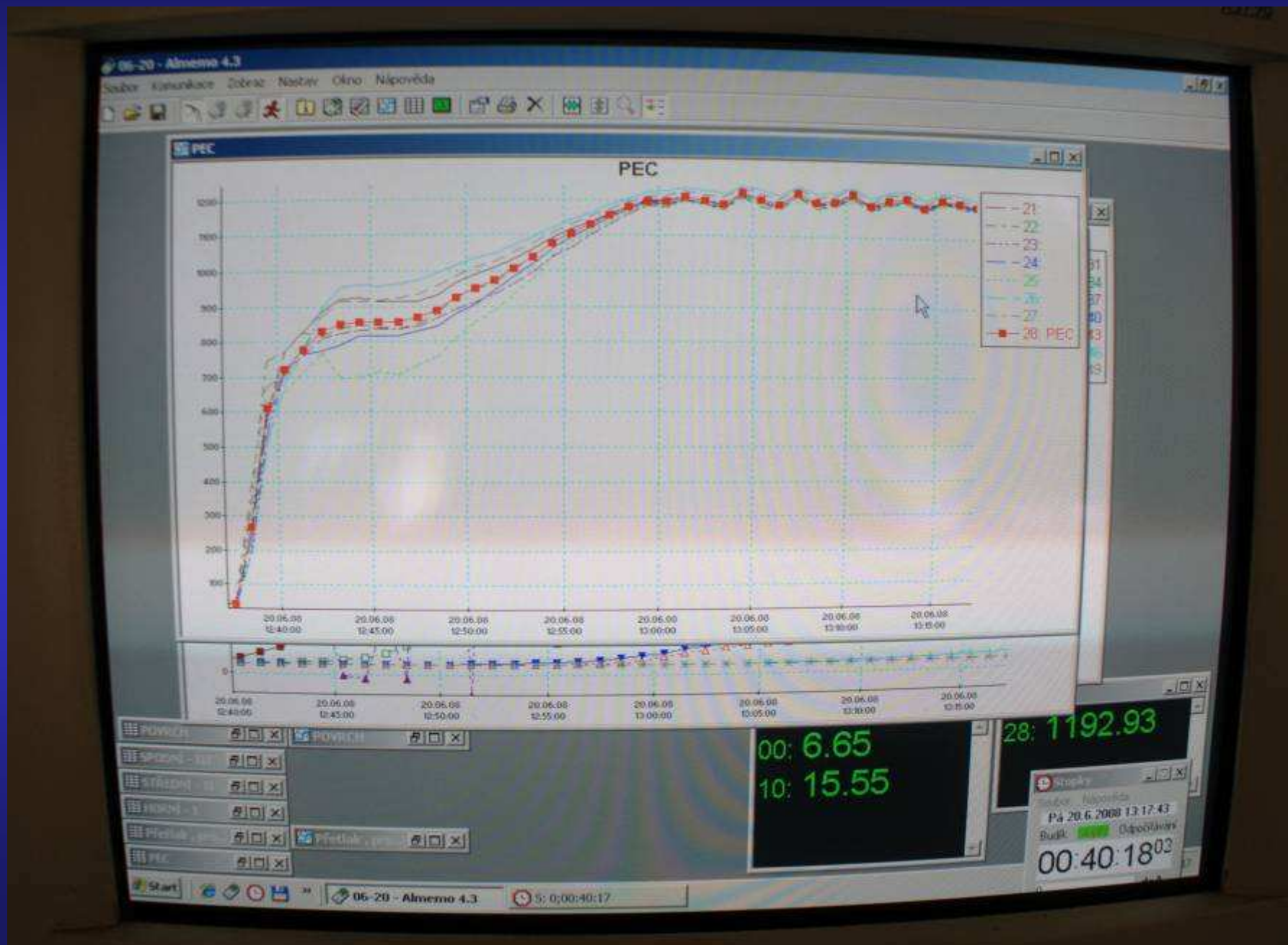
ŘÍZENÍ ZKOUŠKY POMOCÍ POČÍTAČE



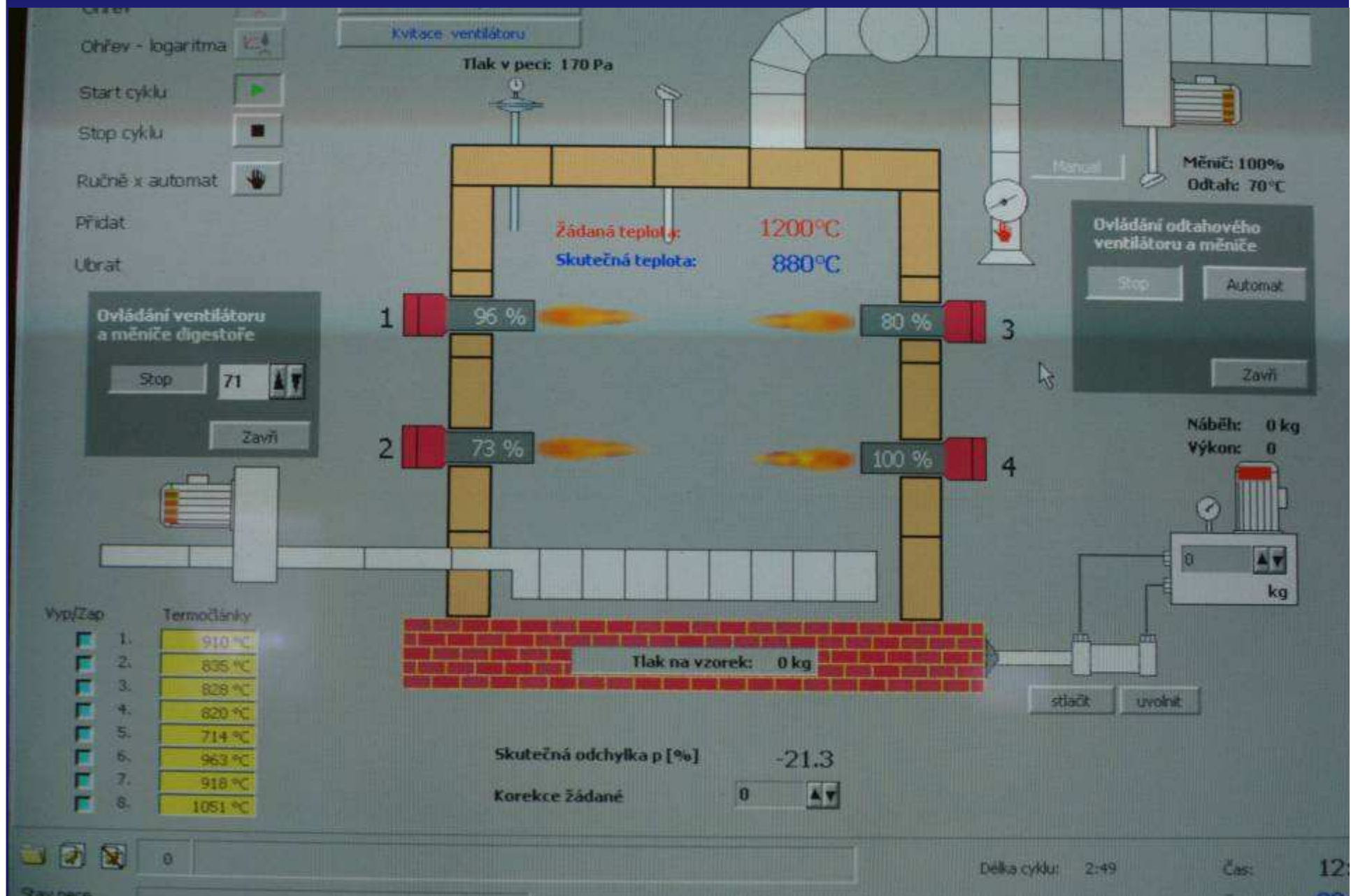
ŘÍZENÍ PECE PODLE TEPLOTNÍ KŘIVKY



ŘÍZENÍ PECE PODLE TEPLOTNÍ KŘIVKY



ŘÍZENÍ HOŘÁKŮ V PECI Z POČÍTAČE



POVRCH VZORKU PO ZKOUŠCE



POVRCH BETONU PO ZKOUŠCE



POVRCH VZORKU PO ZKOUŠCE



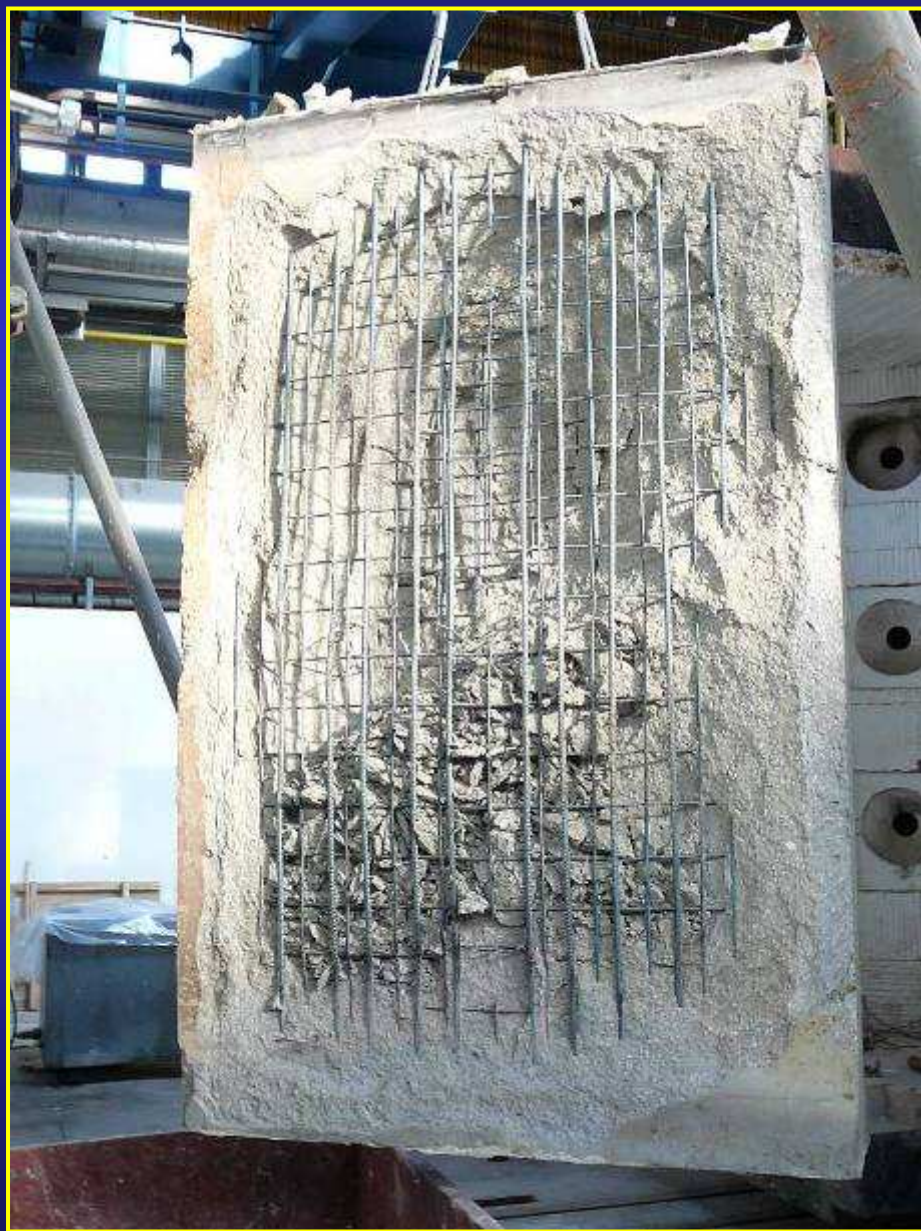
ODPRYSKY BETONU NA DNĚ PECE



ODPRYSKY BETONU NA DNĚ PECE



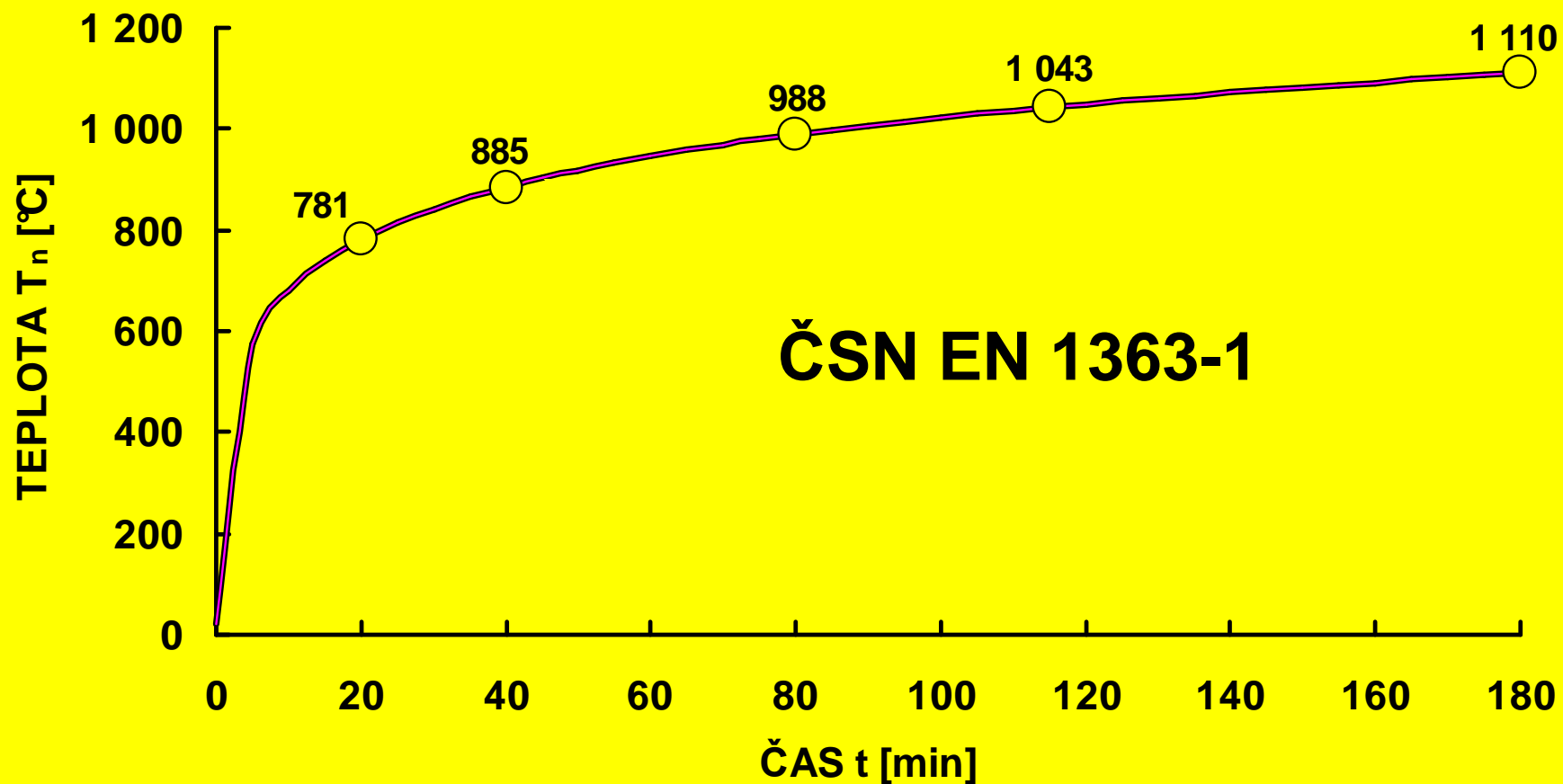
POŠKOZENÝ VZOREK PO ZKOUŠCE



NORMOVÁ KŘIVKA PRO ZKOUŠKU POŽÁRNÍ ODOLNOSTI

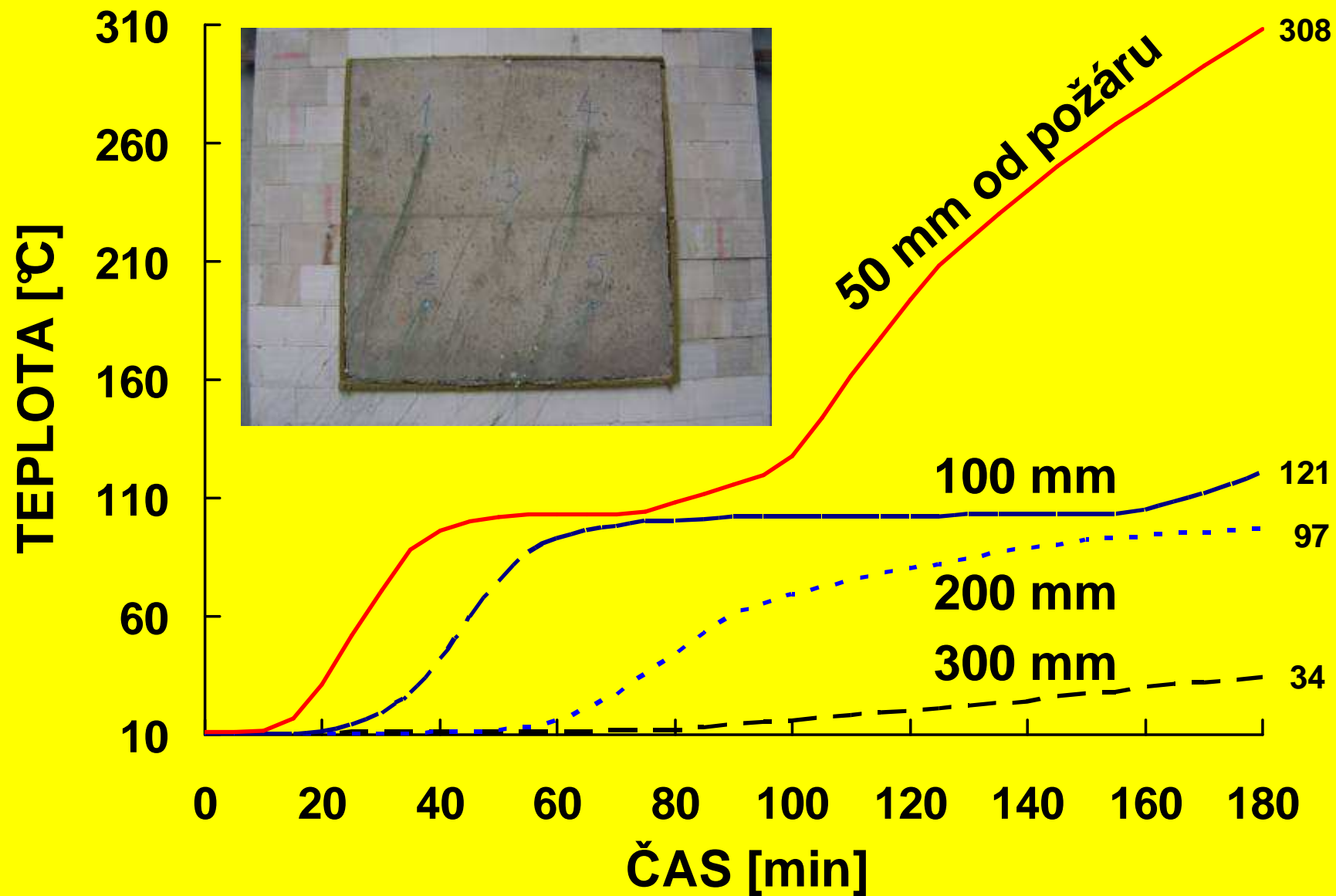
TEPLOTNÍ CELULOZOVÁ KŘIVKA

$$T_n = 20 + 345 \log(8t + 1)$$

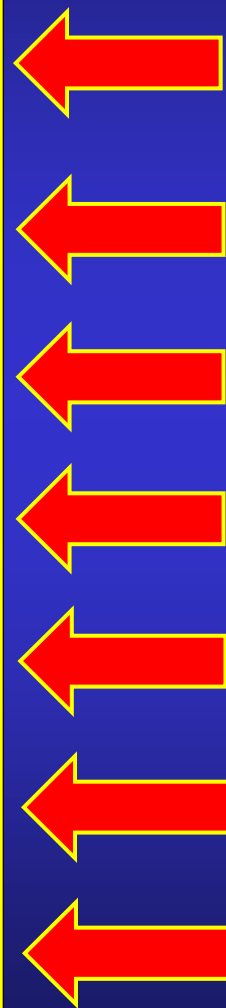
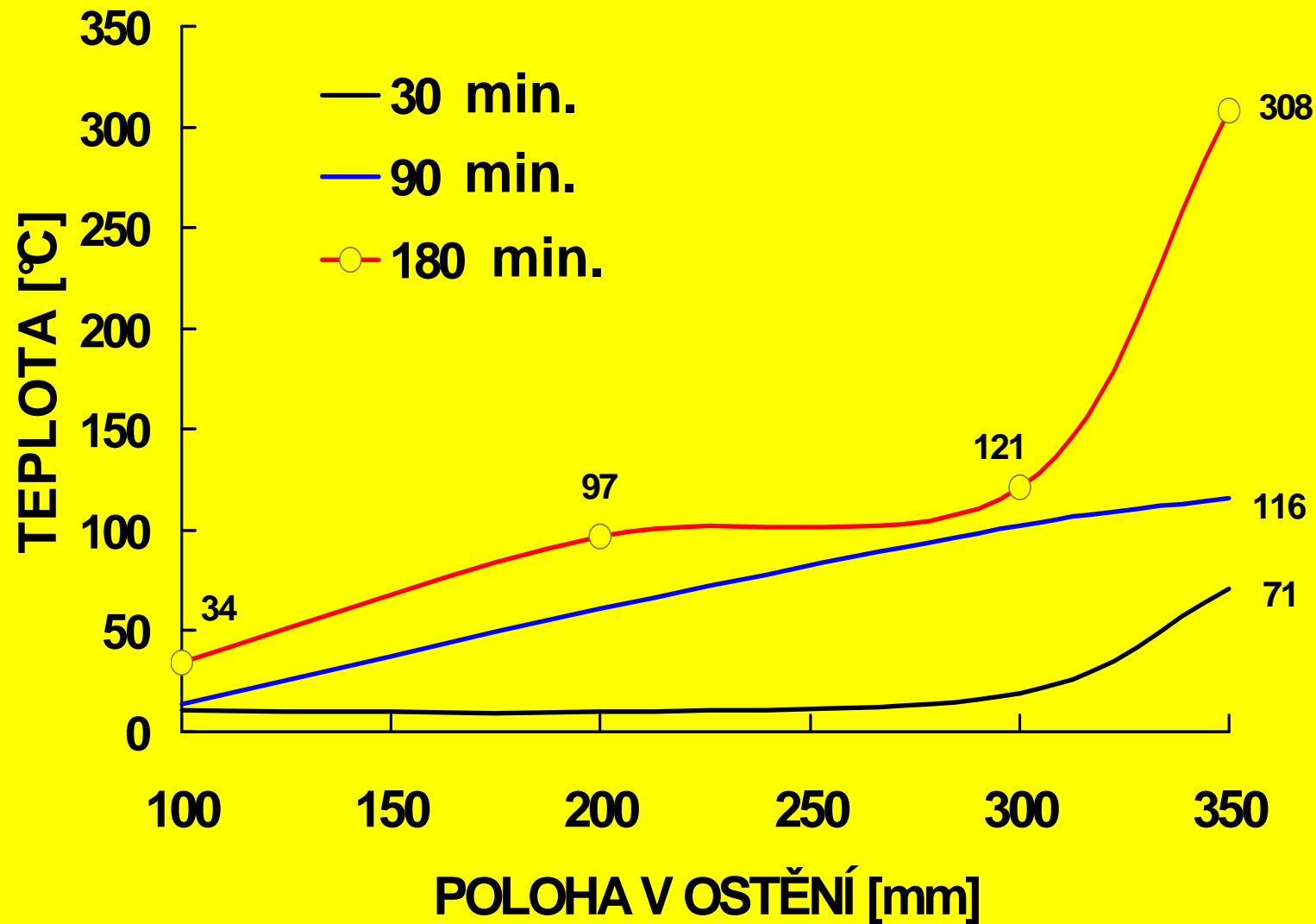


ČSN EN 1363-1

GRAF PRŮBĚHU TEPLoty OSTĚNÍ V ČASE



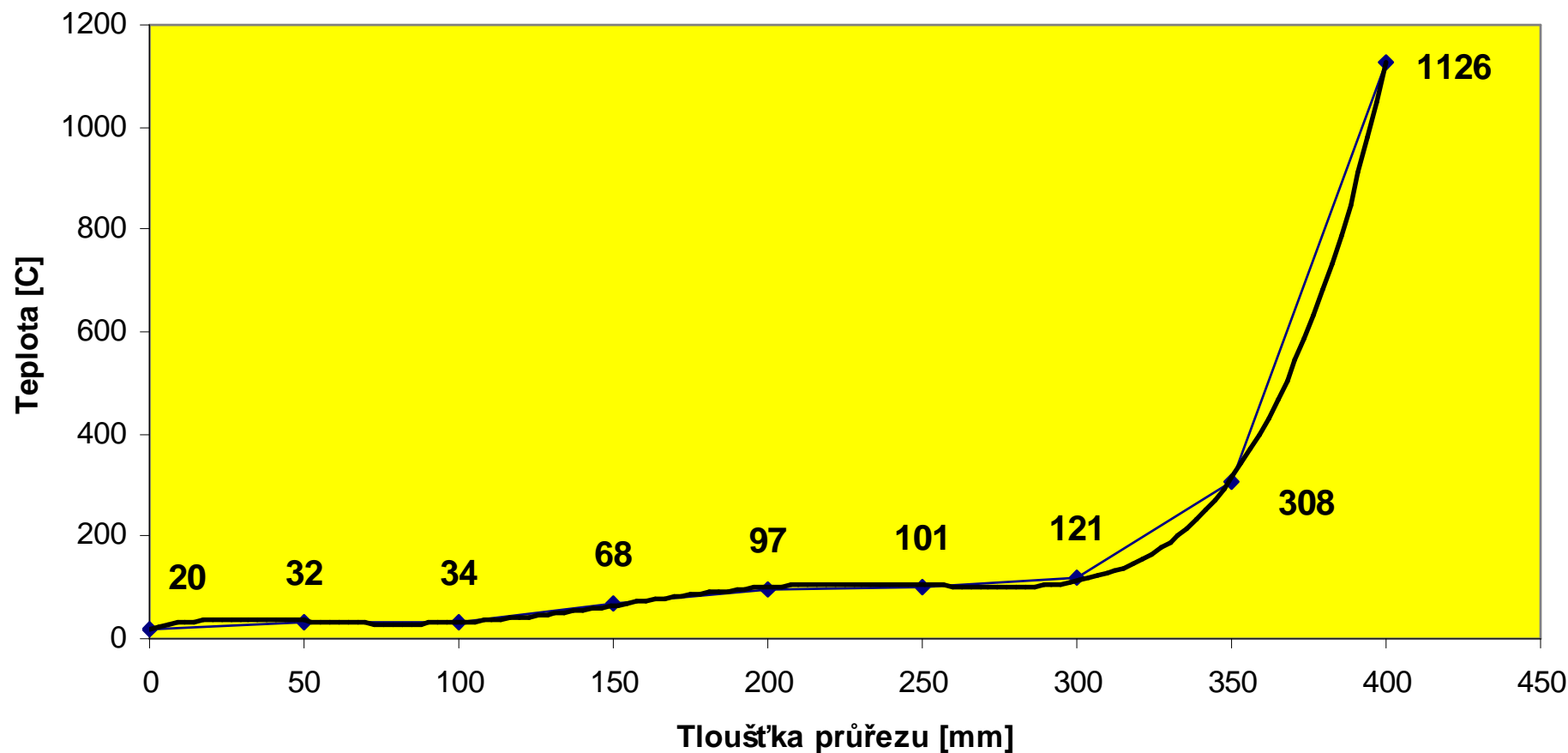
GRAF PRŮBĚHU TEPLoty PO TLOUŠŤCE OSTĚNÍ PROSTÝ BETON C30/37 XF4 XD3



TEPLOTNÍ GRADIENT OSTĚNÍ PŘI ZKOUŠCE PROSTÝ BETON C30/37 XF4 XD3

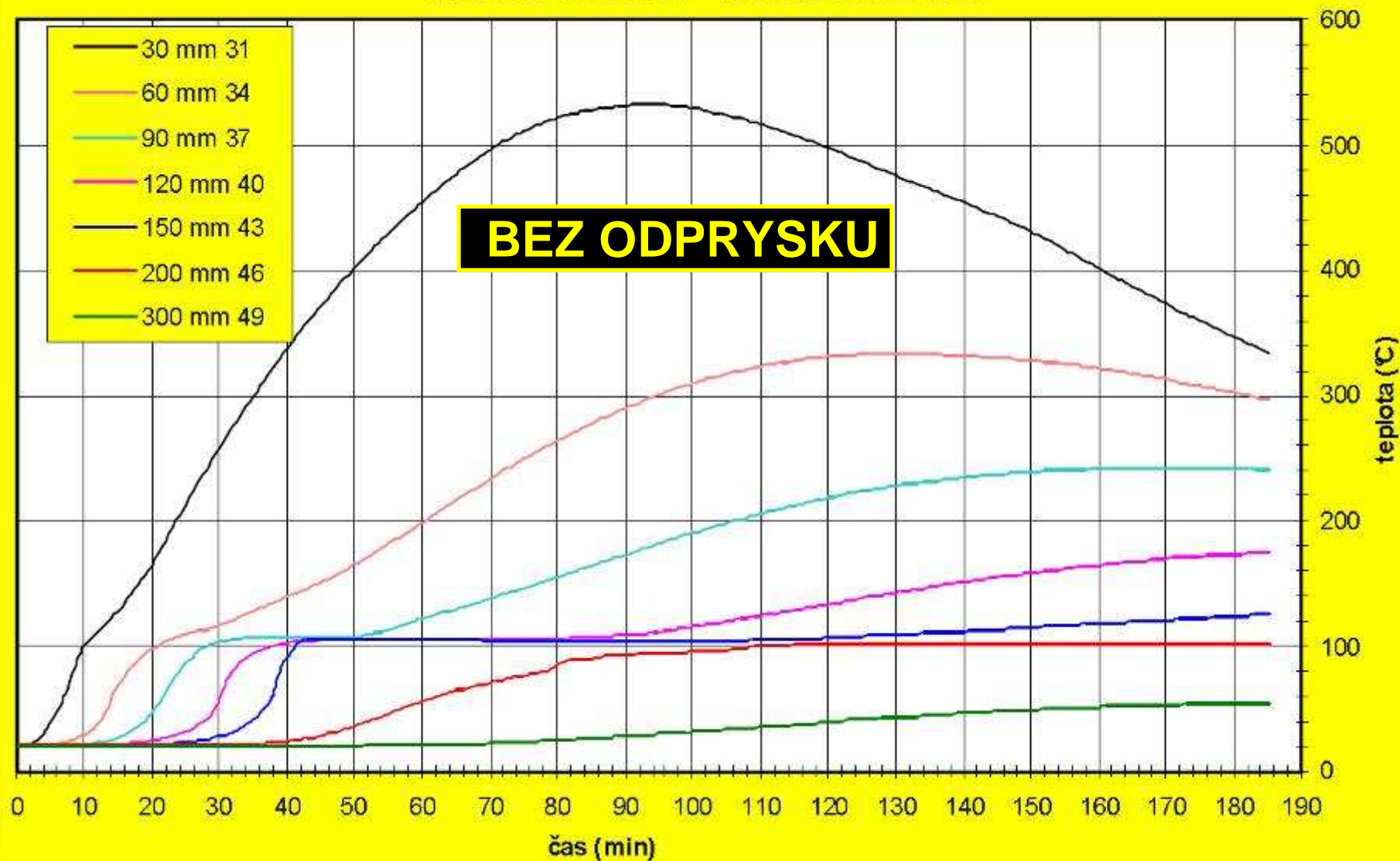
TEPLOTNÍ GRADIENT V OSTĚNÍ VE 180 MINUTĚ APROXIMACE POLYNOMEM

$$y = 0,000000x^5 - 0,000002x^4 + 0,000418x^3 - 0,042141x^2 + 1,549832x + 19,337995$$



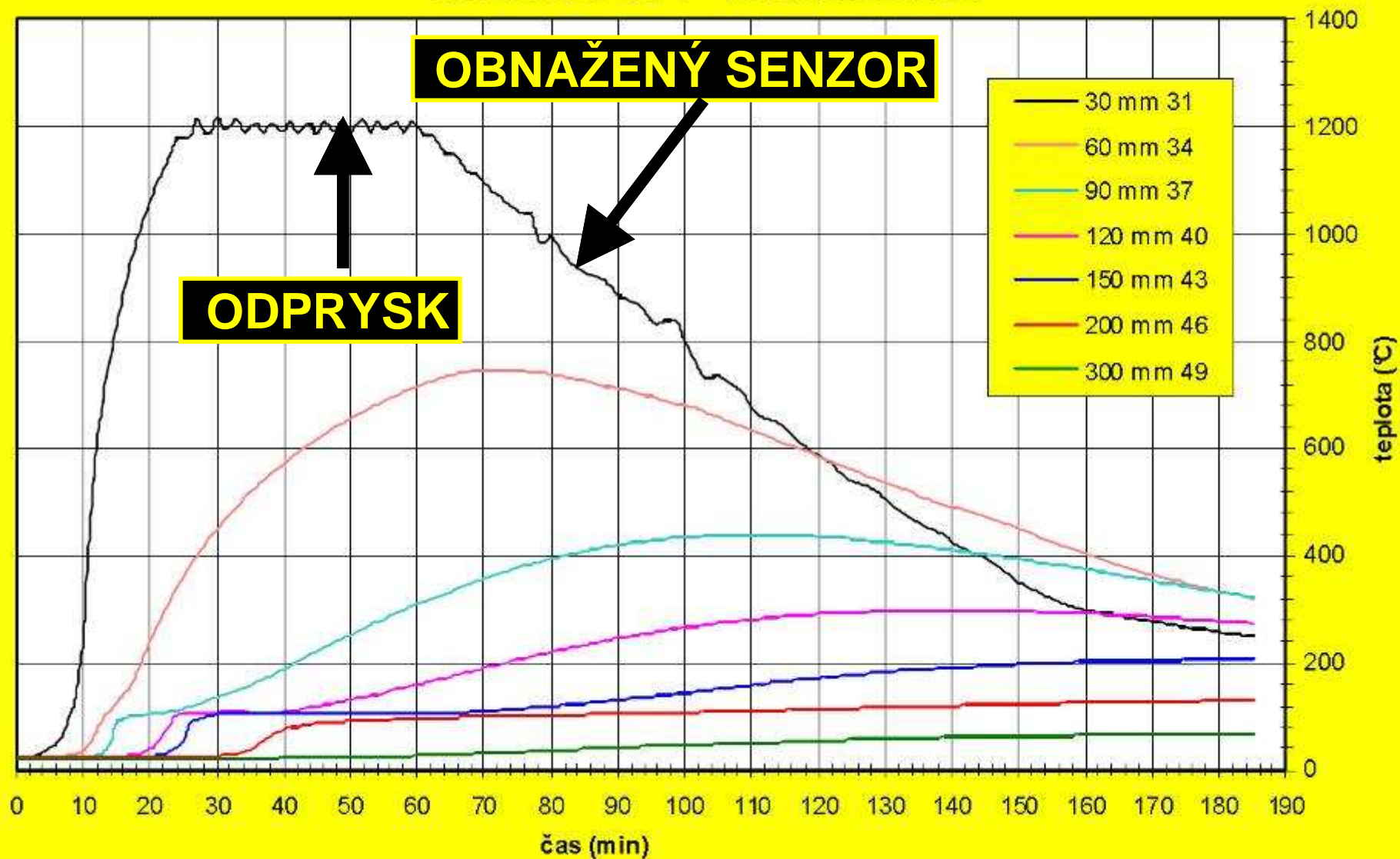
KŘIVKA EUREKA – ŽLB OSTĚNÍ TL. 400 mm

VNITŘNÍ TEPLoty - střední měřicí bod



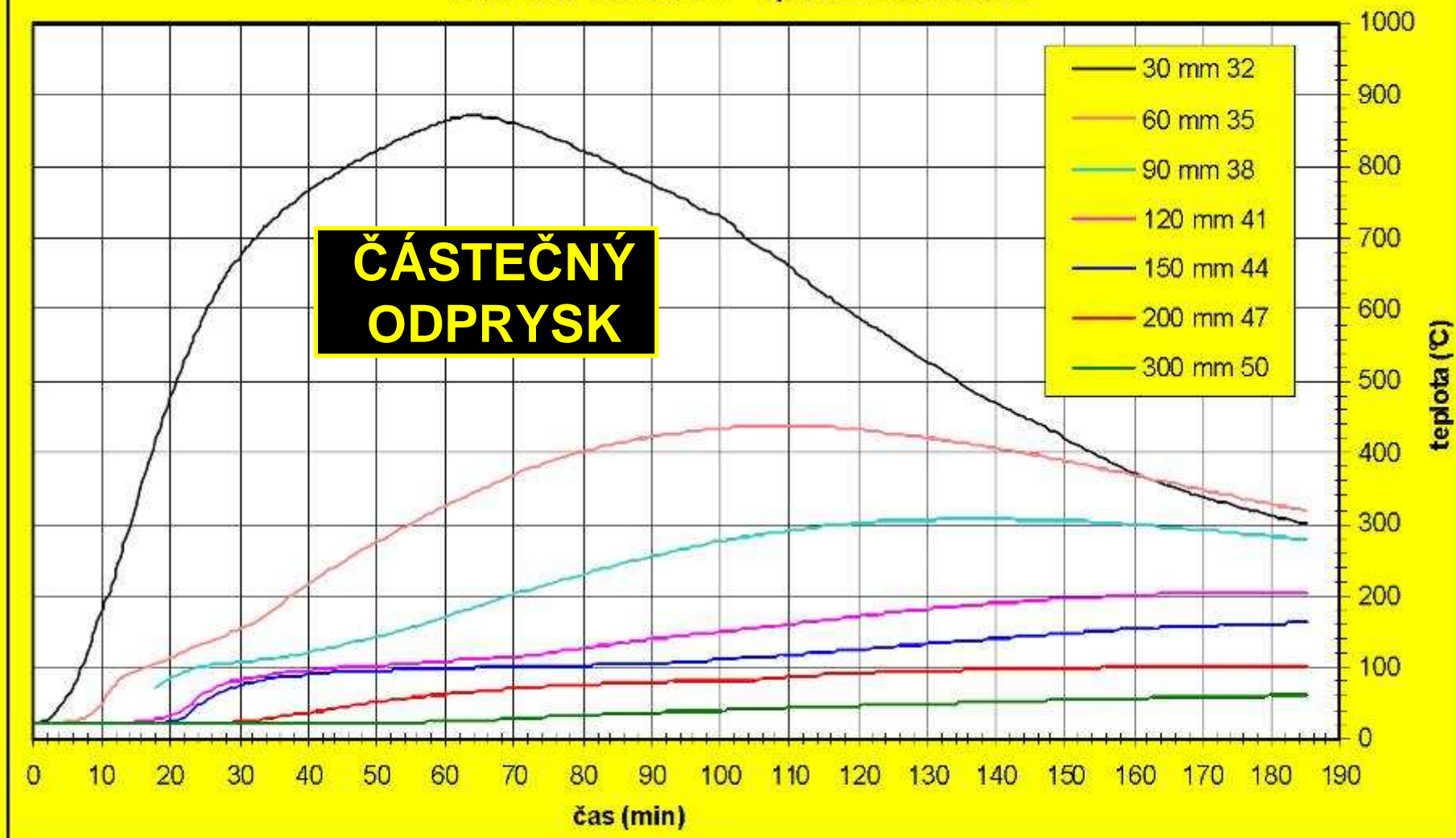
KŘIVKA EUREKA – PB OSTĚNÍ TL. 400 mm

VNITŘNÍ TEPLoty - střední měřicí bod

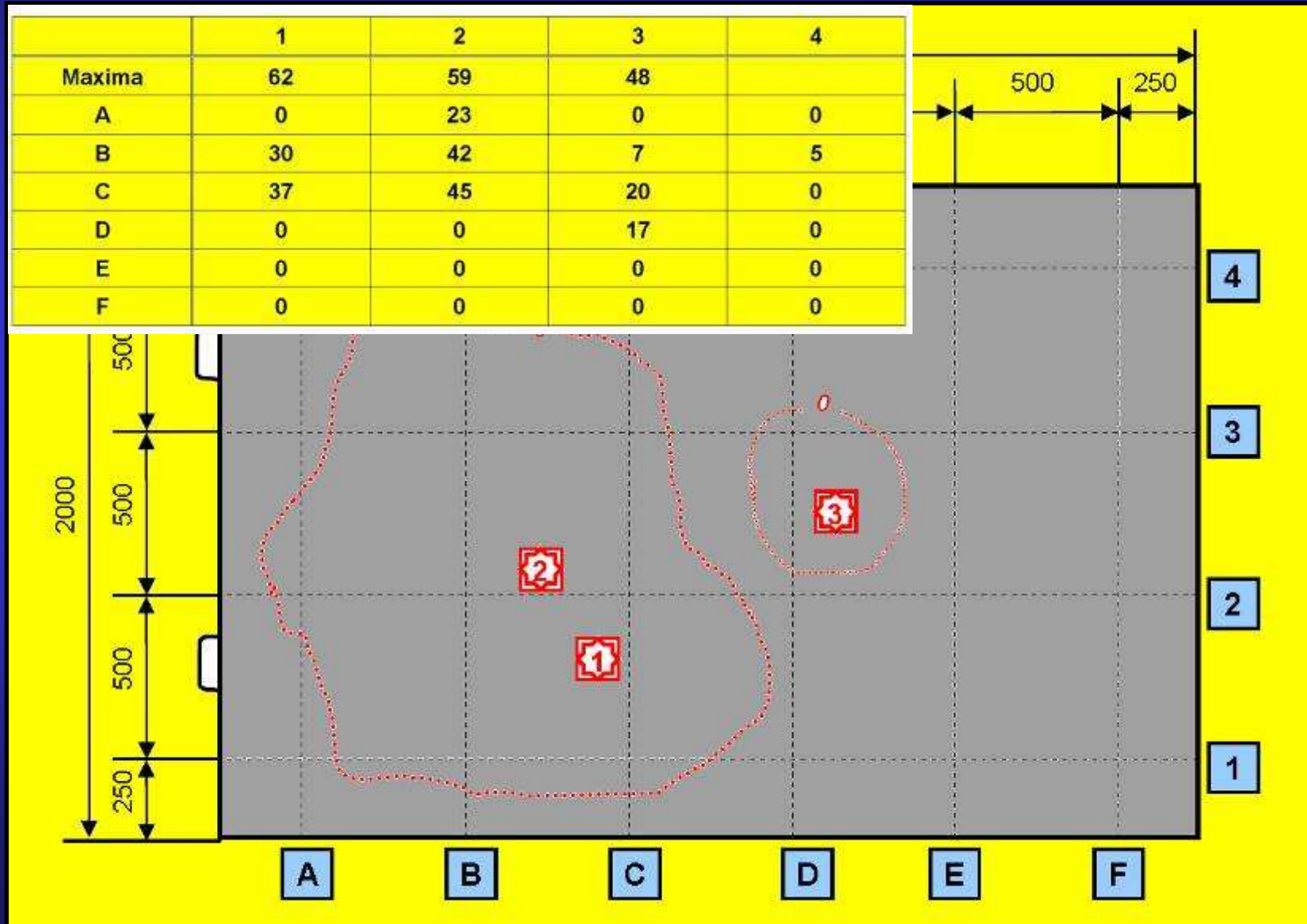


KŘIVKA EUREKA – PB OSTĚNÍ TL. 400 mm

VNITŘNÍ TEPLoty - spodní měřicí bod

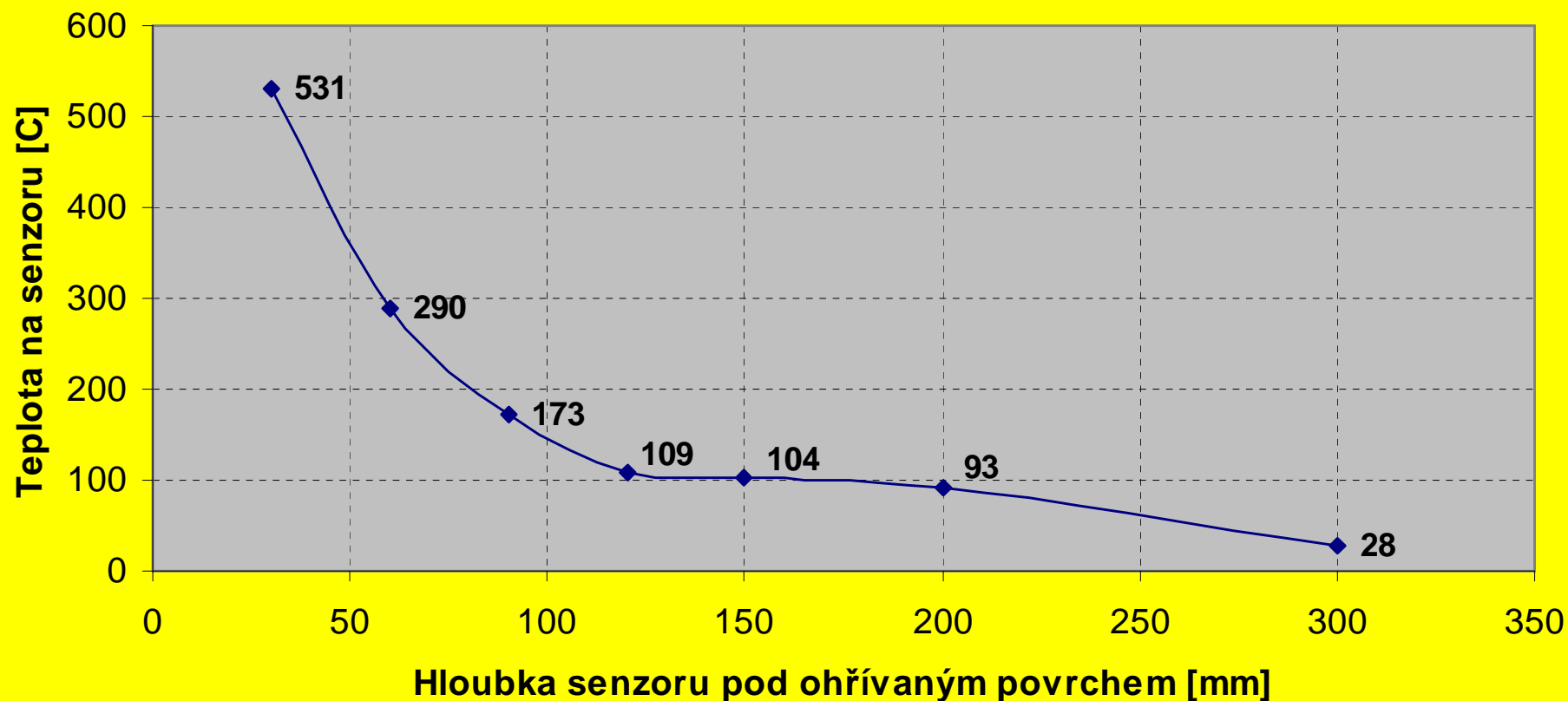


KŘIVKA EUREKA – ŽLB OSTĚNÍ TL. 400 mm NEZATÍŽENÝ VZOREK, POLOHA ODPRYSKU



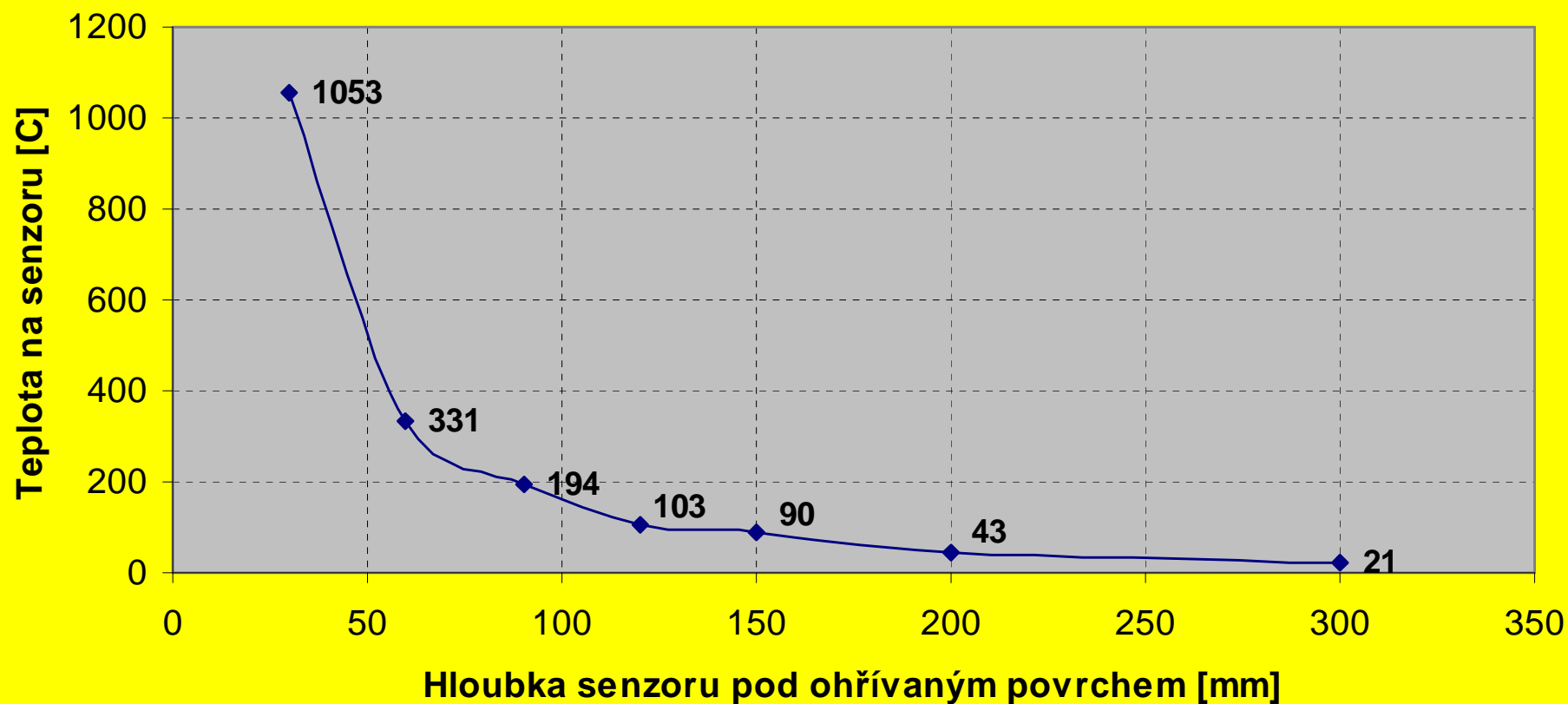
KŘIVKA EUREKA – ŽLB OSTĚNÍ TL. 400 mm NEZATÍŽENÝ VZOREK - BEZ ODPRYSKU

Průběh teploty po tloušťce ostění (90 min)
Železobeton C30/37 - EUREKA (bez odprysku)



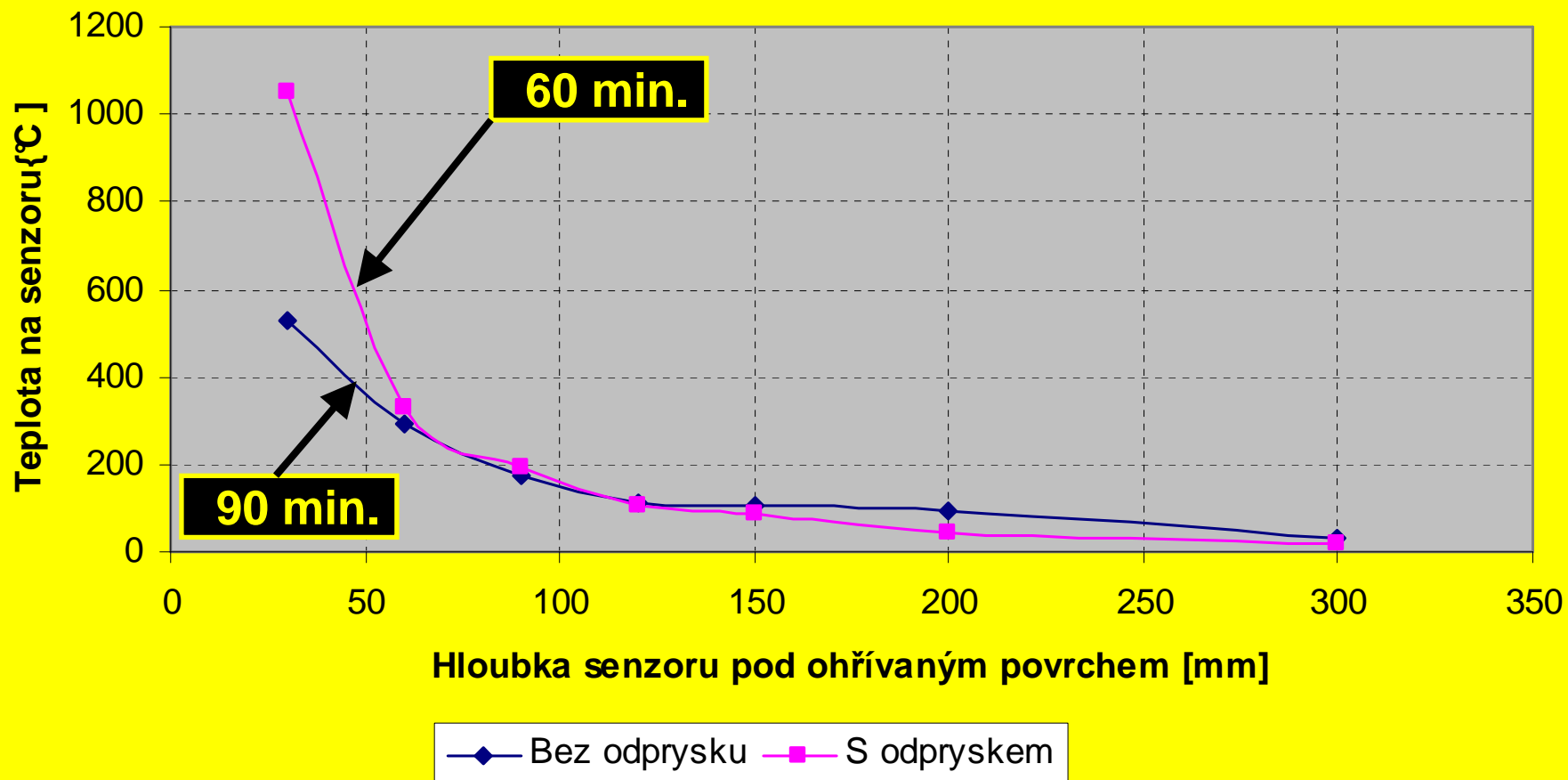
KŘIVKA EUREKA – ŽLB OSTĚNÍ TL. 400 mm NEZATÍŽENÝ VZOREK – MÍRNÝ ODPRYSK

Průběh teploty po tloušťce ostění (60 min)
Železobeton C30/37 - EUREKA (odprysk)

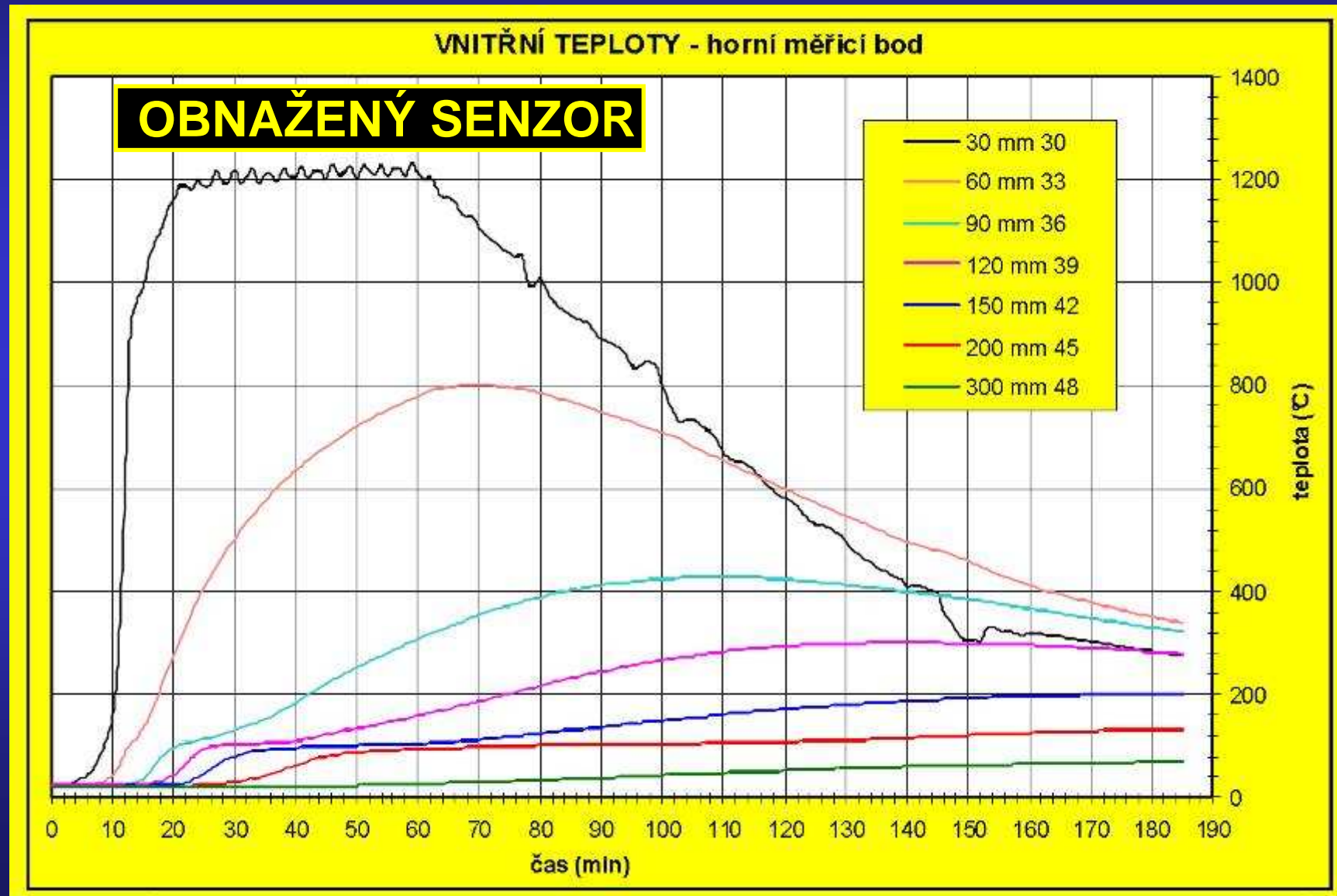


KŘIVKA EUREKA – ŽLB OSTĚNÍ TL. 400 mm NEZATÍŽENÝ VZOREK – POROVNÁNÍ

Porovnání průběhu teploty po tloušťce ostění
Železobeton C30/37 - EUREKA (max. teploty)

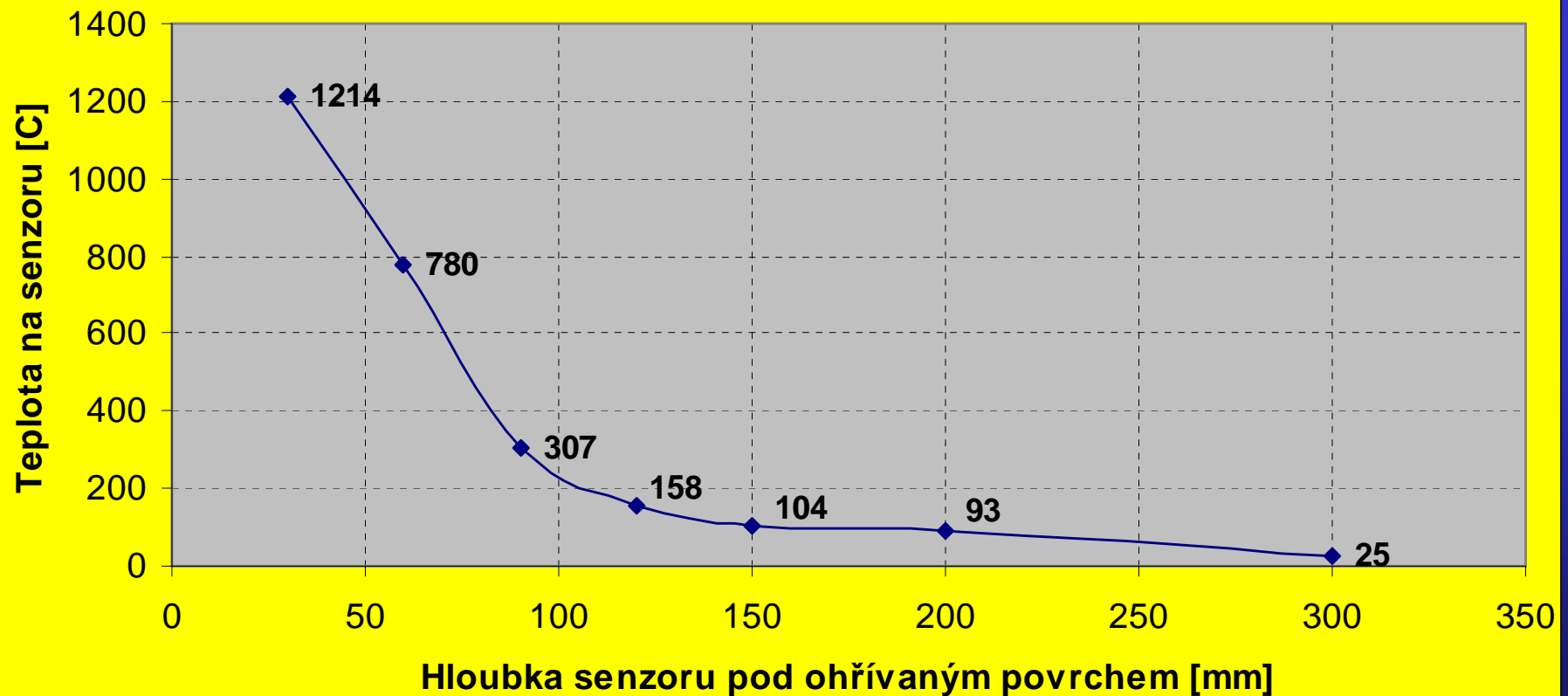


KŘIVKA EUREKA – ŽLB OSTĚNÍ TL. 400 mm NEZATÍŽENÝ VZOREK – PP VLÁKNA

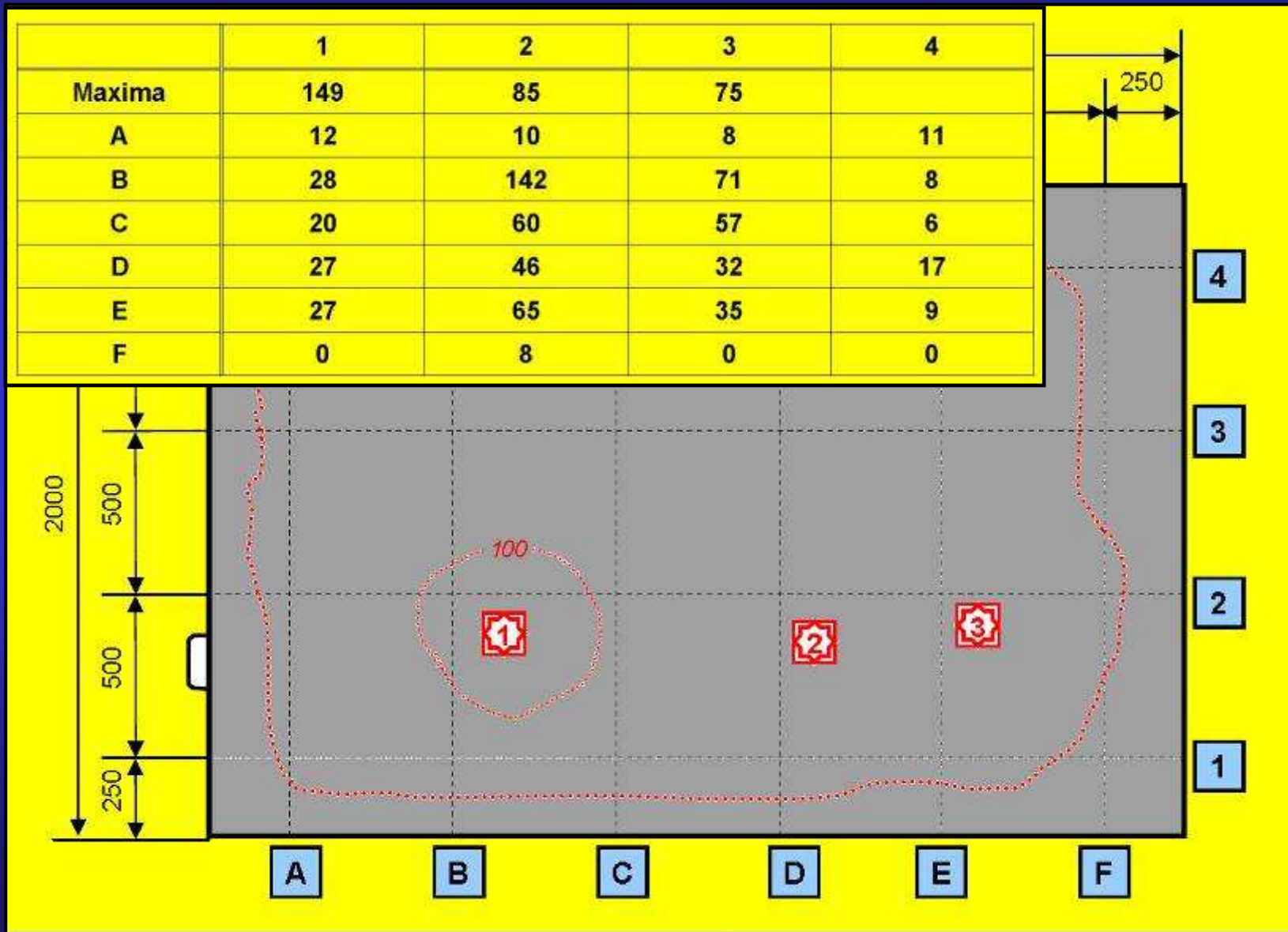


KŘIVKA EUREKA – ŽLB OSTĚNÍ TL. 400 mm NEZATÍŽENÝ VZOREK – PP VLÁKNA

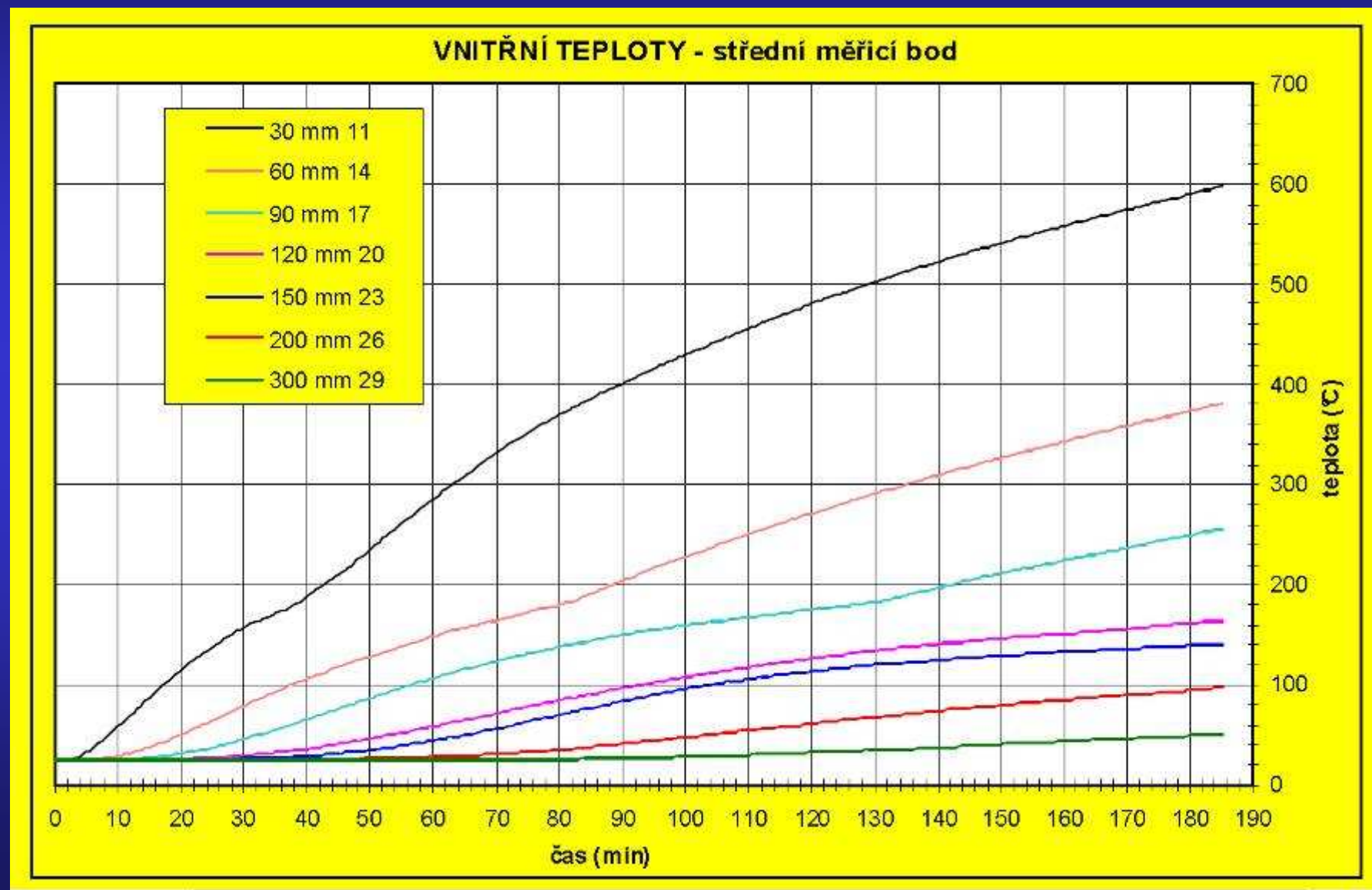
Průběh teploty po tloušťce ostění (60 min)
Železobeton C30/37 s PP vlákny- EUREKA (odprysk)



KŘIVKA EUREKA – ŽLB OSTĚNÍ TL. 400 mm NEZATÍŽENÝ VZOREK – PP VLÁKNA

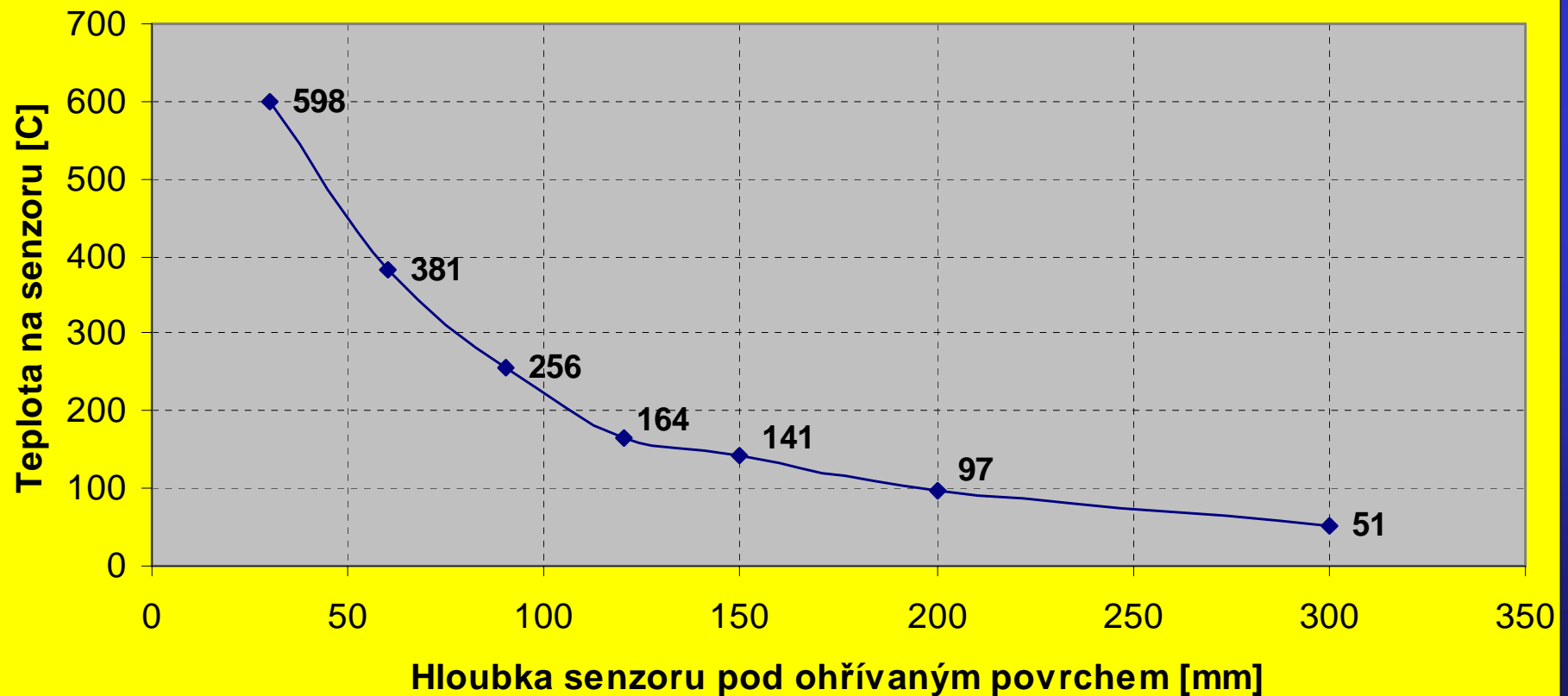


NORMOVÁKŘIVKA – PB OSTĚNÍ TL. 400 mm ZATÍŽENÍ 1200 kN/m – PRŮBĚHY TEPLOT

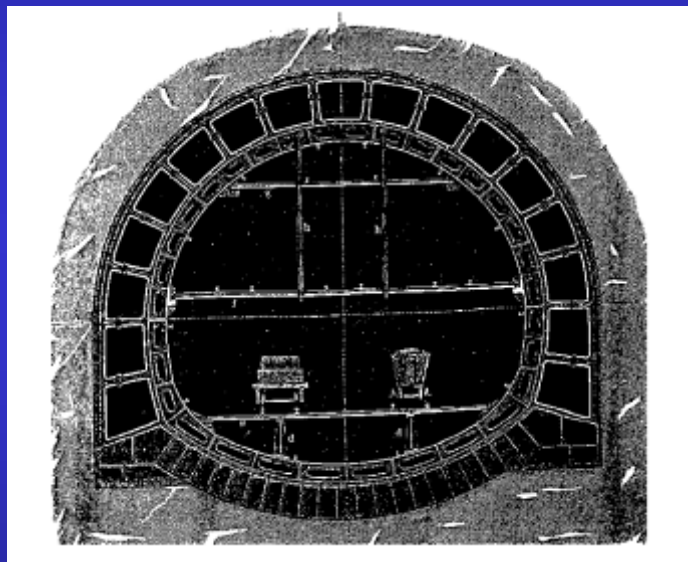


NORMOVÁKŘIVKA – PB OSTĚNÍ TL. 400 mm ZATÍŽENÍ 1200 kN/m – PRŮBĚHY TEPLOT

Průběh teploty po tloušťce ostění (185 min)
Prostý beton C30/37 - Celulosová křivka (normová)



POŽÁRNÍ ODOLNOST TUNELOVÝCH OSTĚNÍ ANEB TÉMATÁ K ZAMYŠLENÍ



Motto:

Požární odolnost konstrukce: schopností konstrukce odolávat účinkům požáru a zachovat při požáru svou nosnost a izolační schopnost

DIFERENCOVANÝ PŘÍSTUP K ZAJIŠTĚNÍ POŽÁRNÍ ODOLNOSTI TUNELOVÝCH OSTĚNÍ

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/54/ES
o minimálních bezpečnostních požadavcích na
tunely transevropské silniční sítě.

čl. 2.7 Požární odolnost stavebních konstrukcí

Nosné stavební konstrukce všech tunelů zajistí dostatečnou úroveň požární odolnosti tam, kde místní zhroucení stavby může mít katastrofické následky, například u tunelů procházejících pod vodou nebo u tunelů, které mohou způsobit zhroucení důležitých souvisejících staveb.

KONVENČNĚ RAŽENÉ ÚSEKY TUNELŮ S VYUŽITÍM SAMONOSNOSTI MASIVU

U konvenčně ražených tunelů s využitím samonosnosti horninového masivu (např. pomocí NRTM, MOV, ADECO RS, LASSER SHELL ...) se hovoří o nosném systému ostění – hornina.

Jak v takových případech stanovit požární odolnost konstrukce, tj.? Je možné se omezit pouze na zjišťování požární odolnosti ostění, když „konstrukci tunelu“ tvoří i horninový masiv?

RAŽENÉ ÚSEKY TUNELŮ S DVOUPLÁŠŤOVÝM OSTĚNÍM

Při ražbě konvenčními metodami i při cyklickém ražení tunelů se často používá dvouplášťové ostění:

primární ostění:

- stříkaný beton + nosný horninový prstenec
- prefabrikované ostění (TBM)

definitivní ostění:

- monolitický beton
- prefabrikované ostění (tubinky)
- stříkaný beton

RAŽENÉ ÚSEKY TUNELŮ S DVOUPLÁŠŤOVÝM OSTĚNÍM

V některých případech může mít definitivní ostění pouze „obkladní funkci“, přičemž nosnou funkci zajišťuje systém „primární ostění – hornina“ (např. Pisárecký tunel v Brně).

Nosnou konstrukci tvoří horninový masiv, primární i definitivní ostění tunelu. Jak v takových případech stanovit požární odolnost konstrukce? Je možné se při stanovení požární odolnosti konstrukce omezit pouze na její poslední vrstvu?

Zásadní roli hraje životnost a funkceschopnost jednotlivých prvků nosného systému.

ZÁVĚR

Na požární odolnost ostění tunelu má zásadní vliv receptura betonové směsi (kamenivo, pojiva a plniva, vlhkost, pórovitost ...)

Vznik odprysků nemůže ohrožit bezpečnost uživatelů tunelu (řidiči) ani zasahujících jednotek.

Vlastní požární odolnost nemá vliv na požární bezpečnost tunelu, ale v některých případech může následně způsobit katastrofu (zatopení tunelu, destrukce objektů v nadloží, hloubené tunely ...)

Současná legislativa neumožňuje polit požární odolnost konstrukce podle charakteru tunelu, pouze podle délky (300 m).



**DĚKUJEME
ZA
POZORNOST**