



Tunelářské odpoledne 3/2011, 14.9.2011

Nové trendy ve zkoušení betonu v konstrukci



PROGRAM PŘEDNÁŠKY:

A. ÚVOD

B. STAV NORMALIZACE V OBLASTI
DIAGNOSTIKY ŽB KONSTRUKCÍ

C. PŘEHLED METOD

D. PŘÍKLADY VYUŽITÍ NOVÝCH
PŘÍSTROJŮ A METODIK

E. ZÁVĚR

ÚVOD: POŽADAVKY NA BETON V MINULOSTI

- Do 1. sv. války – nízká kvalita pojiva, technologie
- 1. republika – úsporné a štíhlé kce, přitom pevnostní třídy od 5 MPa do 28 MPa
- 60.- 80. léta – pevnostní třídy B 5 až B 60
- 90. léta - dosud – přísady, třídy C8/10 až C100/115, UHPC

A. ÚVOD: NDT a DT ZKOUŠKY

Nedestruktivní metody

- + nepoškozují konstrukci
- + velký počet míst
- + relativně levnější
- méně přesné
- možnost fatálních chyb

Destruktivní metody

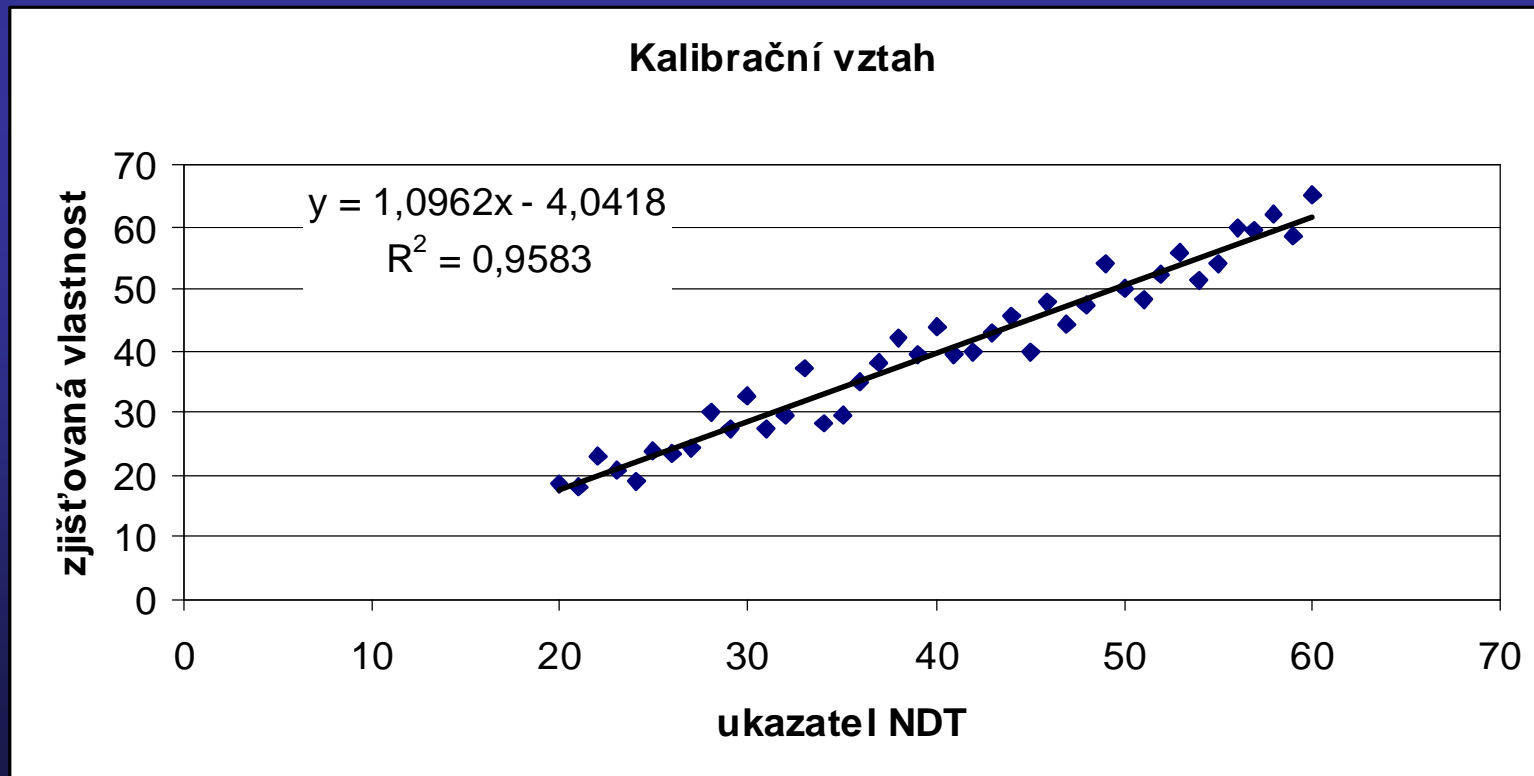
- poškozují konstrukci
- menší počet (někdy nelze vůbec provést)
- dražší (relativně)
- + přesné
- + „vidíme“ dovnitř

Nový přístup:
Nepřímé metody

Přímé metody

Kalibrační vztahy

Musí existovat statisticky velmi významná závislost mezi ukazatelem NDT metody a sledovanou vlastností (tvrdość × pevnost v tlaku), souč. korelace $r > 0.85$



B. STAV NORMALIZACE PRO ZKOUŠENÍ BETONU

STARŠÍ POSTUP: ČSN 73 2011:1989

Nedeštruktívne skúšanie betónových konštrukcií

NOVÉ POSTUPY:

ČSN ISO 13822:2005 Zásady navrhování konstrukcí –
Hodnocení existujících konstrukcí (pro starší kce)

ČSN EN 13791:2007 Stanovení pevnosti betonu
v konstrukcích nebo ve stavebních dílcích („měkčí“,
vhodná spíše pro kontrolu jakosti nových konstrukcí)

Navazující zkušební postupy

Na ČSN 73 2011:

- ČSN 73 1370
Nedestruktivní zkoušení
betonu - spol. ustanovení
- ČSN 73 1371 Ultrazvuk
- ČSN 73 1372 Rezonanční
- ČSN 73 1373 Tvrdoměry
- ČSN 73 1374
Kombinované metody
- ČSN 73 1376 Radiometrie

Na ČSN EN 13791:

- ČSN EN 12504-1, 2, 3, 4
- 1 - Zkoušení na vývrtech
- 2 - Tvrdost odrazovými
tvrdoměry
- 3 - Metody lokálního por.
- 4 - Ultrazvuk

ČSN EN 13791 Stanovení pevnosti betonu v konstrukcích nebo ve stavebních dílcích

- Referenční metodou je metoda **jádrových vývrtů!**
- **Nepřímé metody** jsou alternativní (tvrdoměry odrazové, ultrazvuk, síla na vytržení)
- Použití nepřímých metod pro průzkum „starých“ konstrukcí je značně problematické
- Pro pevnost betonu v konstrukci (**in situ**) jsou stanovena „měkčí“ kritéria než pro pevnost na normových tělesech – viz tab. 1

Tab. 1 - Minimální charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci podle ČSN EN 13791

Pevnostní třída betonu podle ČSN EN 206-1	Poměr charakteristické pevnosti betonu v konstrukci k charakteristické pevnosti betonu normových těles	Minimální charakteristická pevnost betonu v konstrukci N/mm ²	
		$f_{ck, is, cyl}$	$f_{ck, is, cube}$
C 8/10	0,85	7	9
C 12/15	0,85	10	13
C 16/20	0,85	14	17
C 20/25	0,85	17	21
C 25/30	0,85	21	26
C 30/37	0,85	26	31
C 35/45	0,85	30	38
C 40/50	0,85	34	43
C 45/55	0,85	38	47
C 50/60	0,85	43	51

C. PŘEHLED METOD PRO ZKOUŠENÍ BETONU

JÁDROVÉ VÝVRTY DLE ČSN EN 12504-1

Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1:

Vývrty – Odběr, vyšetření, a zkoušení v tlaku

Tvrdoměrná odrazová metoda podle ČSN EN 12504-2

**ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích –
Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení
trdosti odrazovým tvrdoměrem**

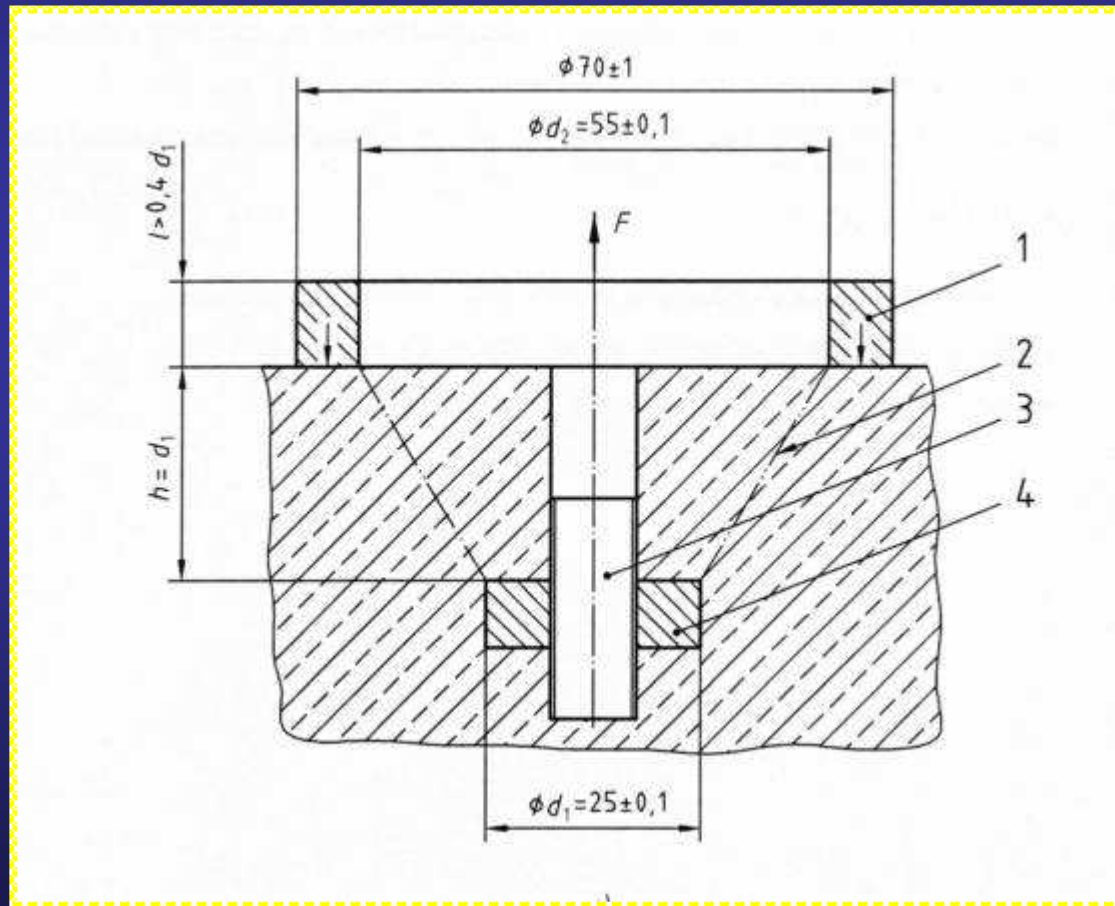
- Měření rovnoměrné kvality a stejnorodosti
- Vyhledání místních porušení
- **Odhad** pevnosti betonu
- Stále se používá ČSN 73 1373 – pevnost krychelná)

Stanovení síly na vytržení

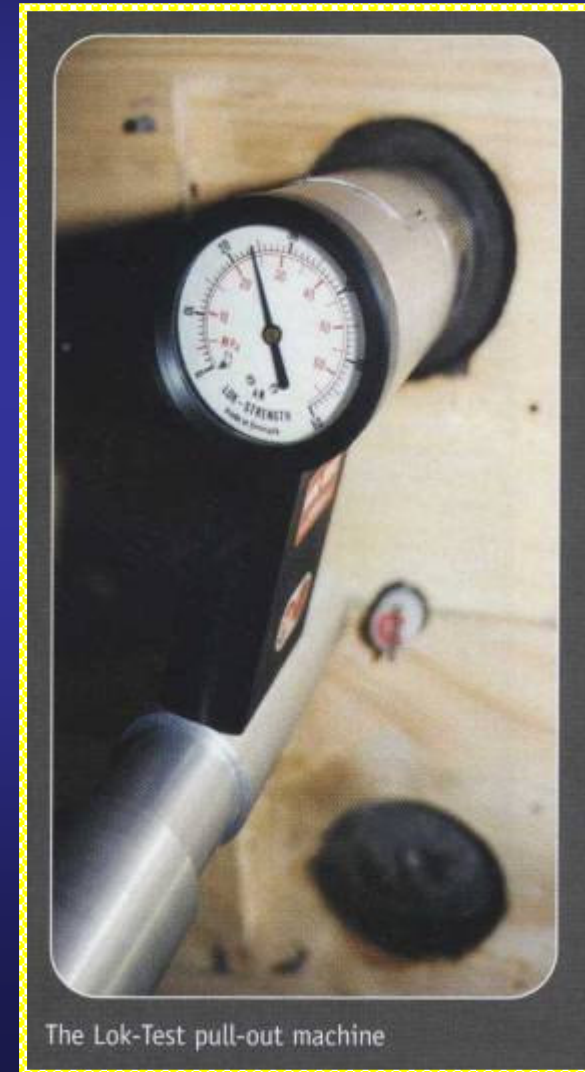
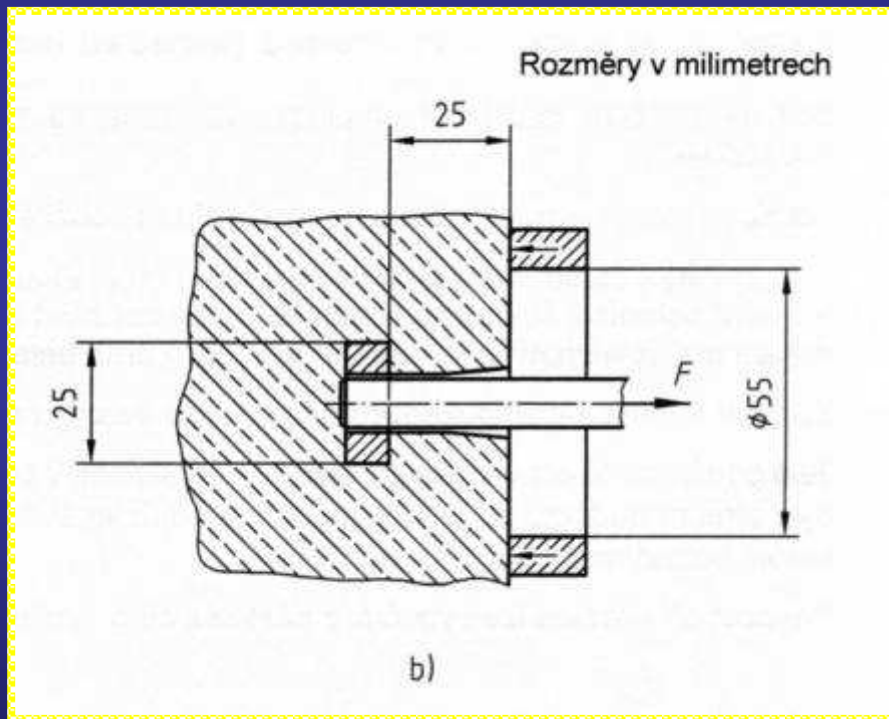
- ČSN EN 12504-3 Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 3: Stanovení síly na vytržení.
- Malý kovový kotouč spojený uprostřed s táhlem se osadí do betonu tak, aby táhlo vyčnívalo z povrchu betonu.
- Zjišťuje se síla nutná k vytržení kotouče.

STANOVENÍ SÍLY NA VYTRŽENÍ - SCHÉMA

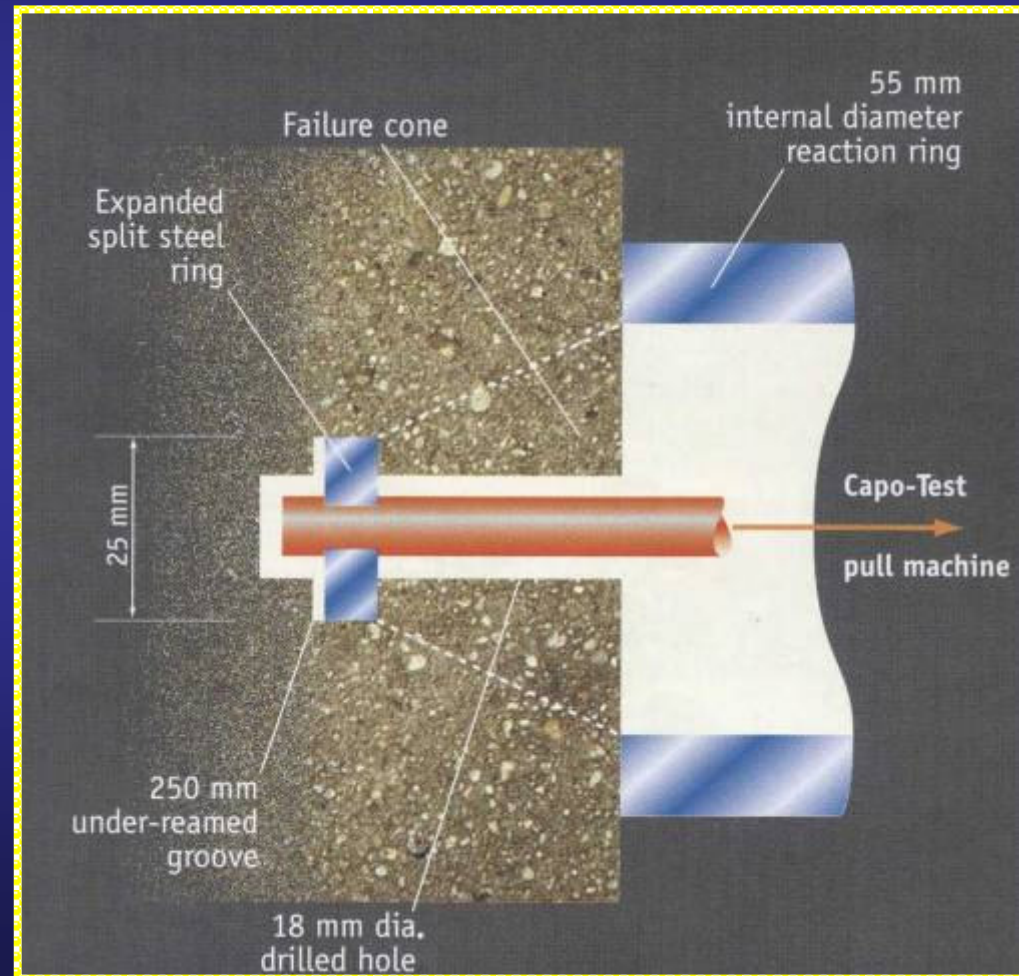
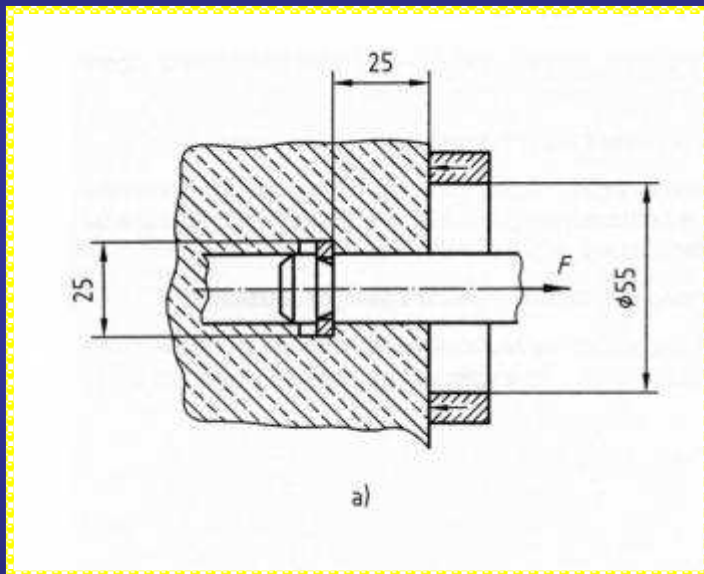
- Kotouč kruhový,
 $d=25$ mm;
- Táhlo max. 0,6
průměru kotouče
- Opěrná podložka
55 mm a 70 mm



LOK-TEST: předem zabudovaný

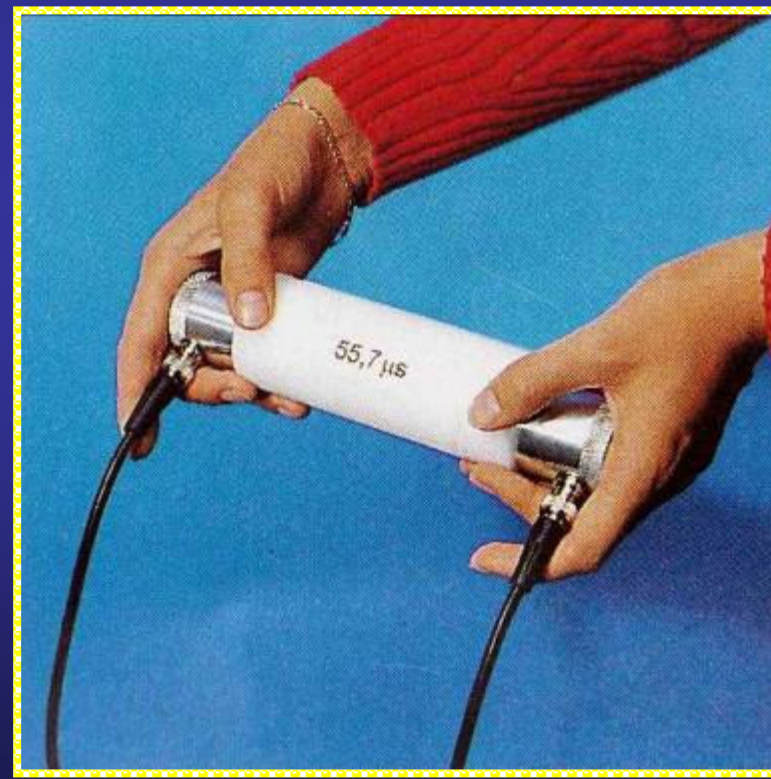


CAPO-TEST: dodatečně zabudovaný



Ultrazvuková impulsní metoda

- ČSN EN 12504-4 Zkoušení betonu – Část 4:
Stanovení rychlosti šíření ultrazvukového impulsu



JÁDROVÉ VÝVRTY DLE ČSN EN 12504-1



JÁDROVÉ VÝVRTY DLE ČSN EN 12504-1

- Před vlastním provedením vývrtů zvážit účel zkoušení a hodnocení výsledných údajů
- Počet vývrtů vychází z velikosti a členitosti zkoumané konstrukce.
- Umístění vývrtů na konstrukci se volí v návaznosti na konstrukční důsledky:
 - odebrat z míst největšího tlakového namáhání;
 - přednostně z míst, kde je minimum výztuže;
 - ne v blízkosti spár nebo hran beton. prvků.

Odběr vývrtu - vždy značný zásah do konstrukce



- **Umístění vývrtů na konstrukci se volí v návaznosti na konstrukční důsledky:**
 - odebrat z míst největšího tlakového namáhání;
 - přednostně z míst, kde je minimum výztuže;
 - ne v blízkosti spár nebo hran beton. prvků.
- **Označení a identifikace probíhá ihned po ukončení vrtání kdy se na vývrt označuje typ prvku, umístění a orientace vrtu.**

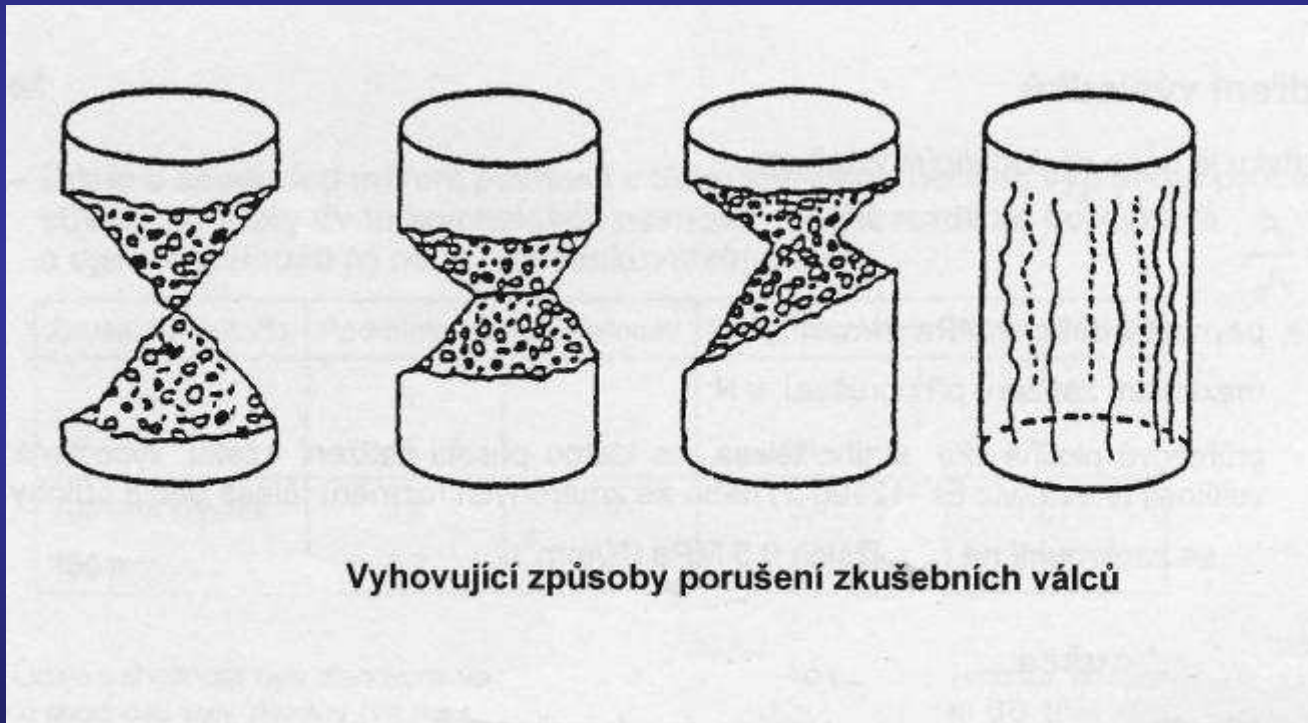
● Průměr vývrtů:

- co nejmenší, minimální zásah do konstrukce;
- co největší kvůli struktuře betonu
- pokud je **velikost maximálního zrna kameniva** (nikoliv frakce!) **větší než 1/3 průměru vývrtu**, má to značný vliv na zjištěnou pevnost.
- Základní těleso je $d = 150$ mm, ovšem těleso o průměru $d = 100$ mm je bráno rovnocenně.
- Minimum je 50 mm (měl by se ztrojnásobit počet vývrtů proti průměru 100 mm).

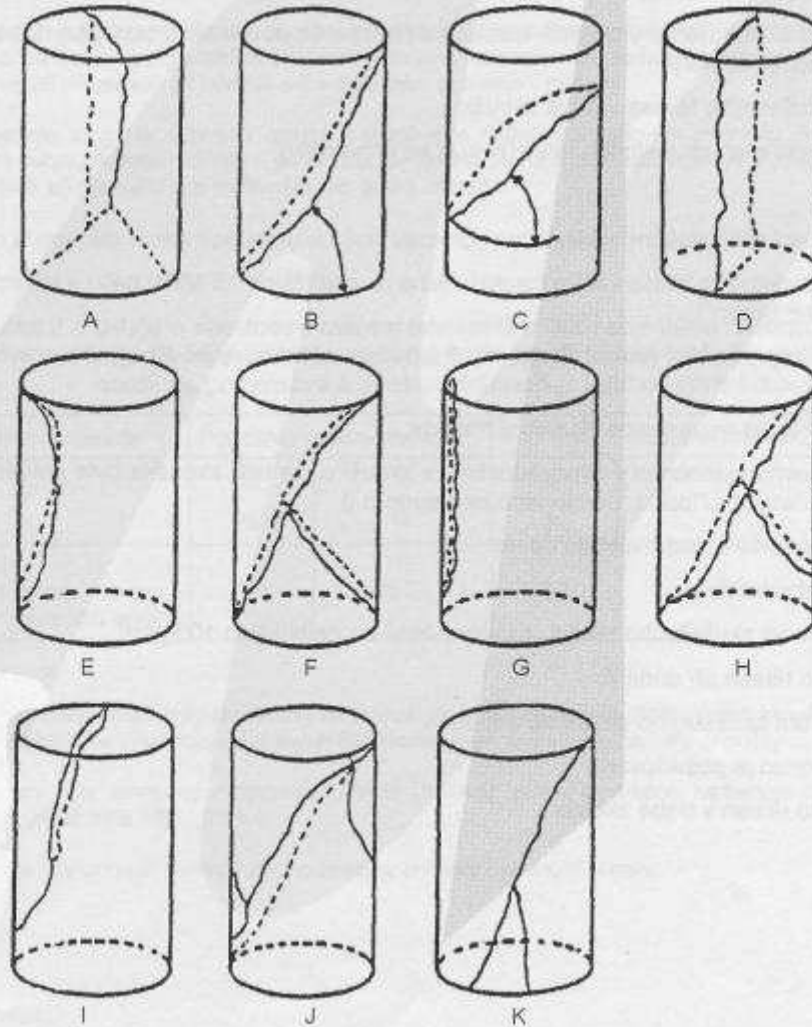
- **Délka vývrtu pro pevnost v tlaku vychází z:**
 - Dříve L v rozmezí (1 až 2) d ;
 - Nyní zda se má provést srovnání s **krychelnou** pevností ($L=1d$) nebo **válcovou** pevností ($L=2d$).
 - Pokud je $d = 150$ mm nebo $d = 100$ mm a poměr délky k průměru $L = 1d$, pak získaná pevnost je brána jako krychelná, bez přepočtu.



- **Jak se má těleso porušit**



- Jak se nemá těleso porušit



Některé nevyhovující způsoby porušení zkušebních válců

● Mikrovývrty – v podstatě NDT metoda

Core strength

Microcore

A proven technique for the non-destructive evaluation of concrete and masonry strength taking 28 mm dia cores.

for assessing the carbonation depth (with the appropriate reagents) and for masonry products to verify their physical condition or to evaluate the compressive strength related to the direction of sampling.

Main features

Easy to use

•
Light and transportable

•
Operation by one person

•
Economic

•
Two models are available:
the standard 58-C299
with 230 V, 50 Hz, drill and
the 58-C299/B complete with
battery operated drill



58-C299

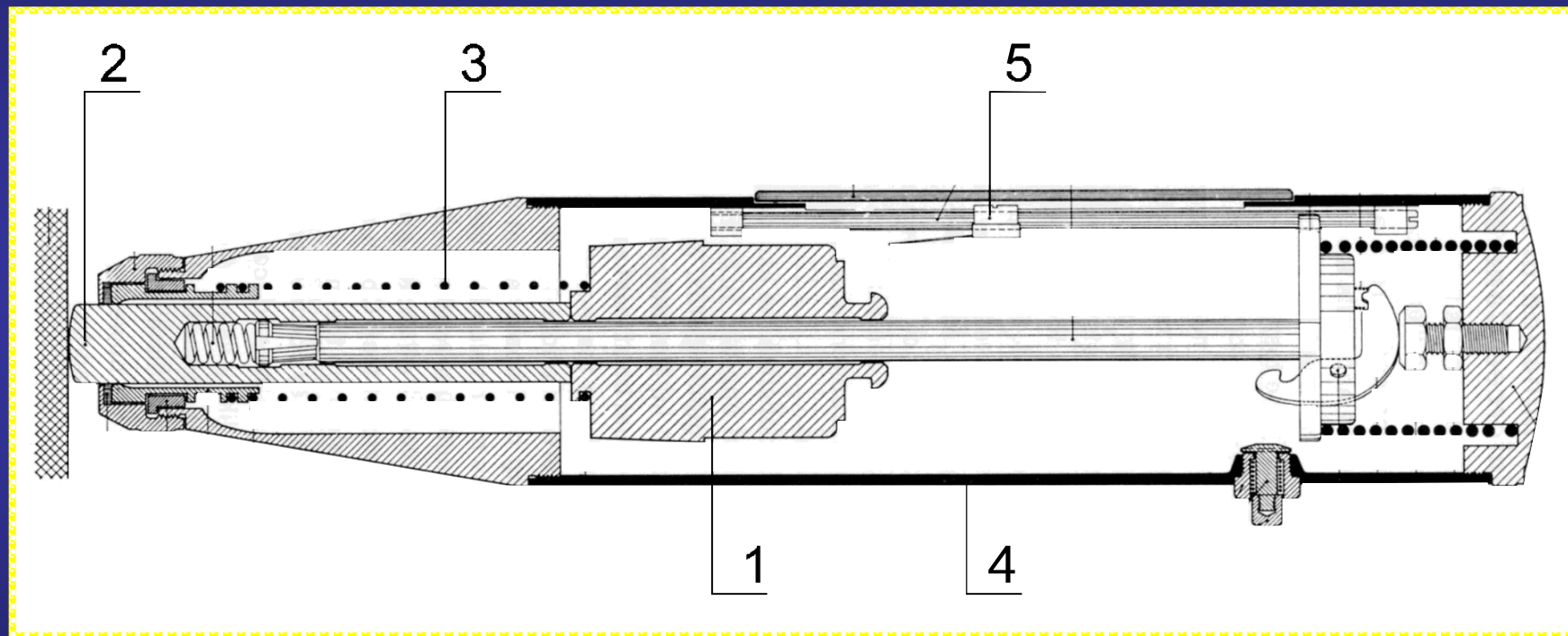
- **Příklad využití mikrovývrtů**



Tvrdoměrná odrazová metoda podle ČSN EN 12504-2

- Měření rovnoměrné kvality a **stejnorodosti**
- Vyhledání místních porušení
- **Odhad** pevnosti betonu
- Stále se používá ČSN 73 1373 – pevnost krychelná)
- Dosud platí ještě stará ČSN 73 1373

Tvrdoměr Schmidt N - schéma



1- beran

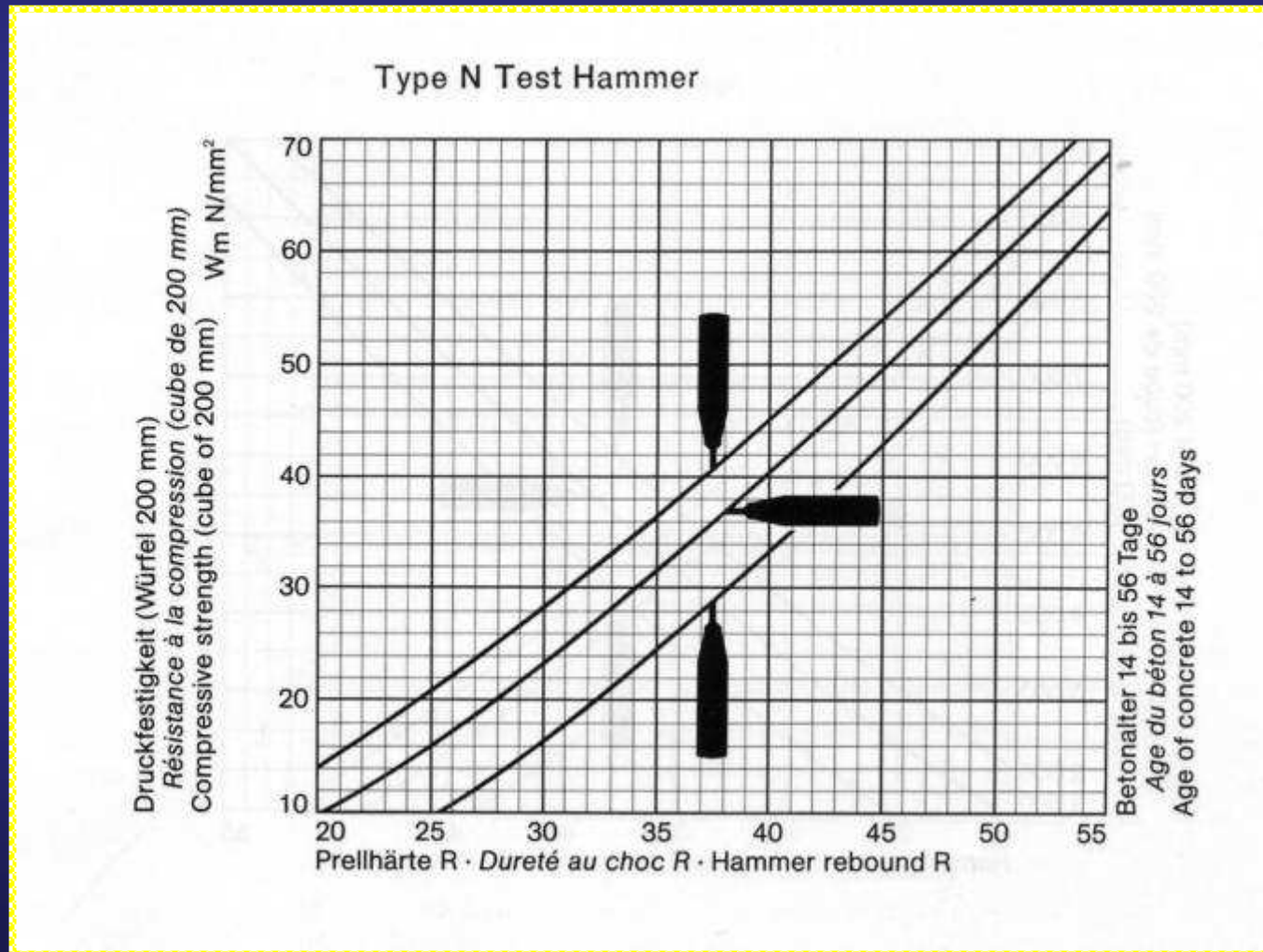
2 – razník

3 – pružina

4 – pouzdro

5 – ukazatel

Schmidt N – směry zkoušení



Odrázové tvrdoměry: A co vysokohodnotné betony?

Dříve: beton od 20 MPa do 60 MPa – odrazy cca 20 až 60 dílků

Kontrola na ocelové kovadlině: 78 – 82 dílků (Schmidt N)

Betony tříd C 55/67 až C 100/115 ???

(asi 45 až 65) ⇒ minimálně 2×menší citlivost

Na obyčejné betony je přesnost metody 15% (při dodržení všech zásad, zkušenostech obsluhy i upřesnění), na HPC přesnost asi menší (???)

Silver Schmidt



Plně integrované, elektronické
kladívko na zkoušení betonu
originál SCHMIDT

Rozšířený rozsah použití

- převodní křivky pro velký rozsah pevnosti v tlaku betonu zahrnující od spodní hranice $f_c < 10 \text{ N/mm}^2$ až po hodnoty pro vysoko pevnostní betony - f_c až 170 N/mm^2
- lze přímo nastavit převodní křivky pro různé druhy betonu, tyto byly sestaveny na základě rozsáhlých dlouhodobých výzkumů nezávislých institucí

SilverSchmidt – změny proti Schmidt

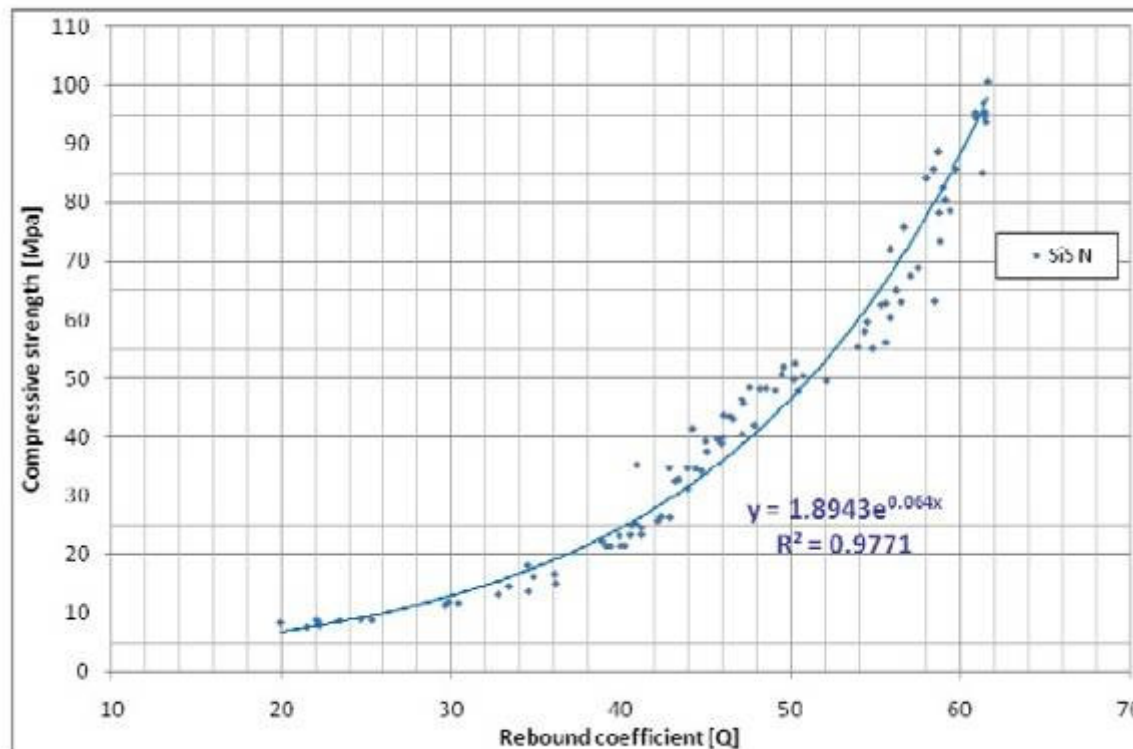
- Měří hodnotu „ Q “ = koeficient odrazu:
- Hodnota Q je méně závislá na tření
- Hodnota Q nevyžaduje korekci směru
- Zvyšuje se rozsah pevností od 10 MPa do 100 MPa

$$Q = 100 \cdot \frac{\textit{energie obnovená}}{\textit{energie vstupní}}$$

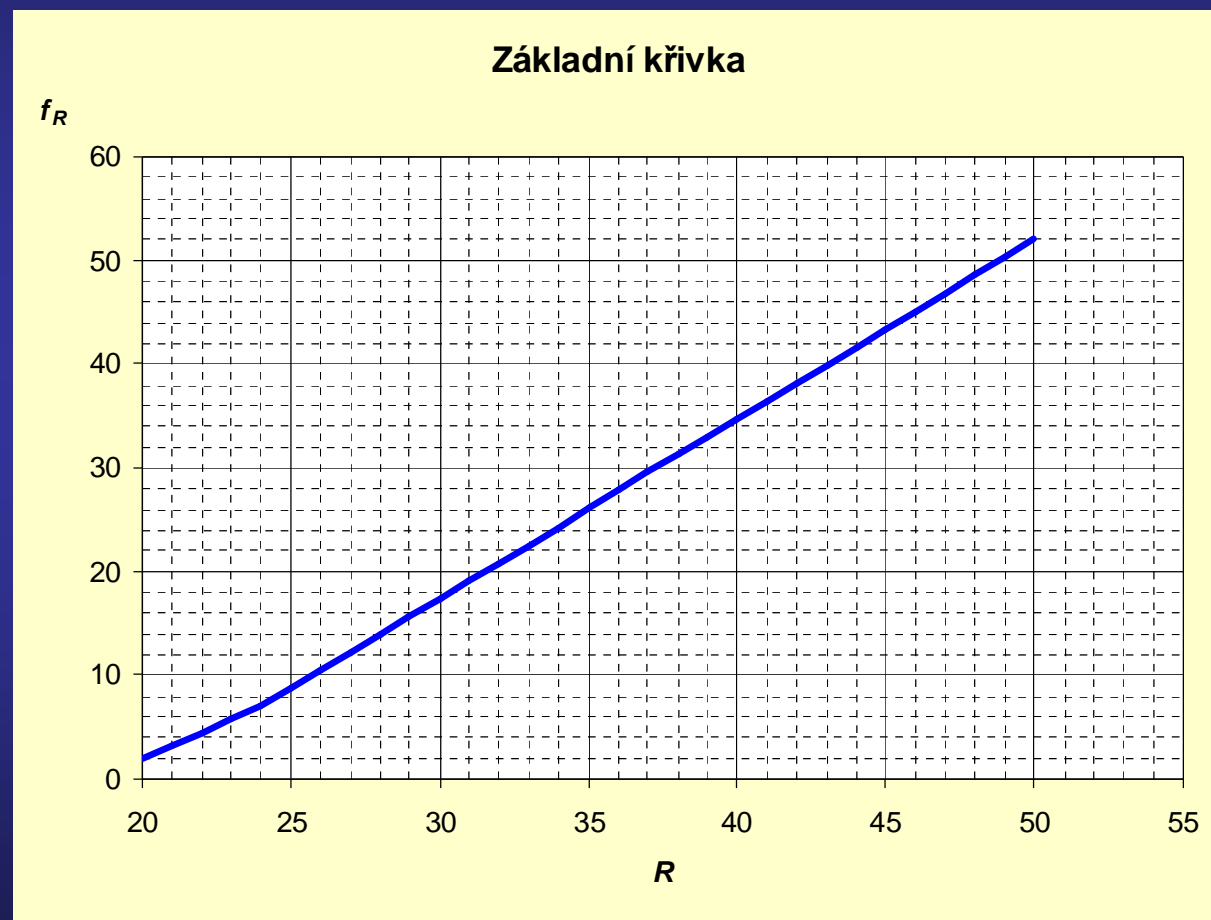
Silver Schmidt - kalibrace

Concrete	Strength range	w/c ratio	Cement	Fuller grain size distribution curve
Concrete 1	10 – 30 N/mm2 1450 - 4351 psi	0.60	CEM I 32.5 R	AB 16
Concrete 2	30 - 55 N/mm2 4351 - 7977 psi	0.45	CEM I 42.5	AB 16
Concrete 3	55 – 100 N/mm2 7977 – 14504 psi	0.30	CEM I 52.5 R	AB 16

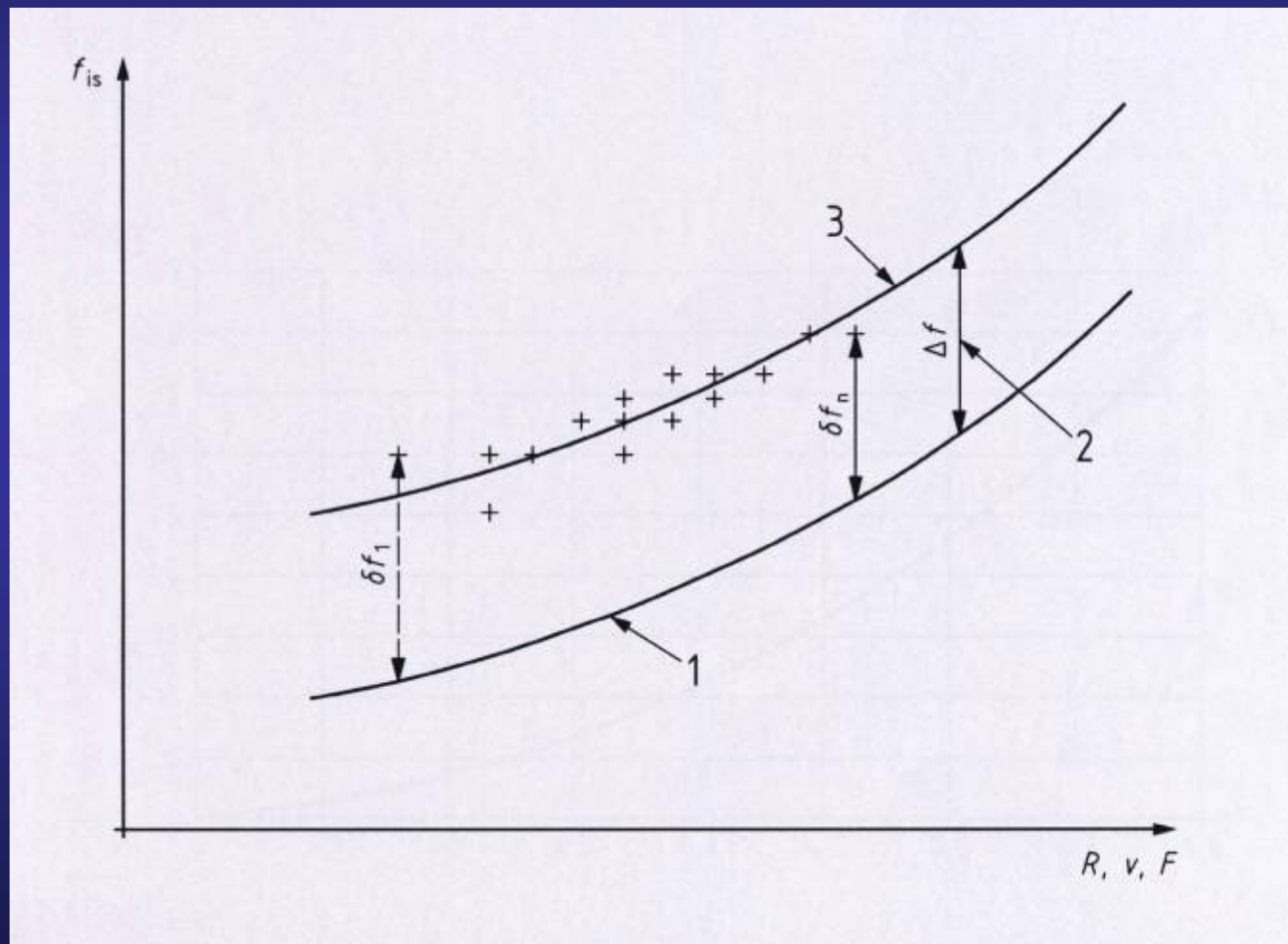
Conversion curve for SilverSchmidt ST/PC Type N (Valid range 20–62Q, 10-100 MPa)



Stanovení pevnosti z tvrdoměrných měření podle ČSN EN 13791



Posun základní křivky



Odrazové tvrdoměry – postup podle ČSN EN 12504-2

Provedení zkoušky

- Předem 3x aktivovat tvrdoměr
- Před sérií měření kalibrace na kovadině
- Kolmo k povrchu plynulým tlakem se provede úder
- aretace, přečtení hodnoty
- Na 1 místě minimálně 9 úderů (lépe 10)
- Prohlédnout každý otisk, rozdrčené vyřadit
- Na konci kontrola na kovadině

Schmidt N – kalibrace na kovadlině



Odrazové tvrdoměry - postup

Výsledek zkoušky

- Výsledkem je **střední hodnota ze všech čtení** – celé číslo
- Korekce směru zkoušení dle výrobce
- Jestliže více než 20 % všech čtení se liší od střední hodnoty o více než 6 jednotek, pak musí být celá sada čtení zamítnuta
- Vyhodnocení pevnosti dle ČSN EN 13791 – problematické
- Buď 18 vývrtů a vlastní **určující kalibrační vztah**
- Nebo 9 vývrtů a posun základní křivky - nepřesné

ZÁVĚR

- Nejednotnost norem pro zkoušení betonu
- ČSN EN 13791 má nižší požadavky na $f_{ck, is}$ proti f_{ck} (součinitel 0,85)
- ČSN EN 13791 preferuje použití vývrtů
- Vyhodnocení nepřímých metod spíše pro odhad pevnosti
- Moderní betony se chovají jinak než staré, starší vztahy z norem jsou nepřesné

Příklad využití metod – samostatná prezentace