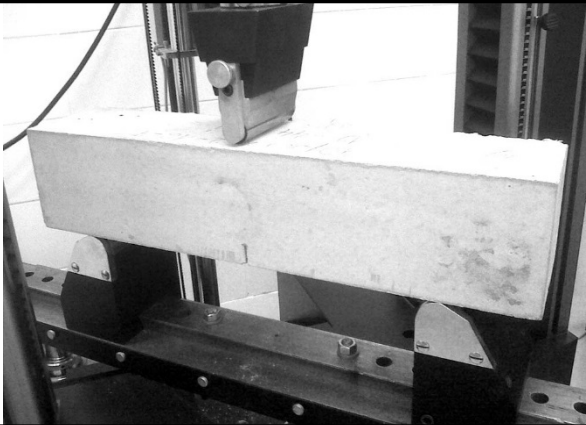


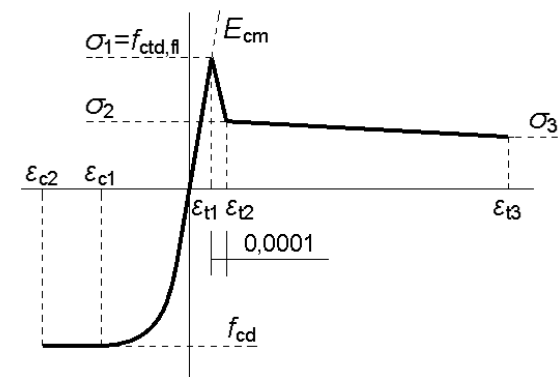
Juhász Károly Péter

# Betontechnológia

## 4 - Betondiagnosztika



RILEM TC162-TDF



2018 – szakmérnöki előadás  
BME

## Vizsgálatok típusai

### **Mikor van rá szükségünk?**

- kivitelezés ellenőrzése
- nem ismert szerkezet teherbírásának meghatározása
- megrongálódott szerkezet teherbírásának igazolása

### **Roncsolásos**

- kifúrt magminta

### **Roncsolásmentes**

- Schmidt kalapács
- ultrahangos

### **Félroncsolásos (nem anyaga az előadásnak)**

# **C30/37**

**d= 150mm és h= 300mm henger**

**a= 150mm kocka**

**5%-os alulmaradási küszöbérték**

**28 napos korban, víz alatt tárolva**

**betongyárban vagy a helyszínen szabványos mintavétel során**

# Roncsolásos – kifúrt magminta

## Magminta kifúrása

Kifúrt henger alakú magminta méretei:

$d = 100\text{mm}$   $h = 100\text{mm}$  henger

amely szabványos nyomószilárdsági értéke megegyezik a 150x150x150-es kockaszilárdsággal – azaz nem kell figyelembe venni a mérethatást

## Magminta előkészítése

Kifúrás → kővágóval párhuzamosra kell vágni → sík felületre csiszolni (vagy kiegyenlítő réteget)

## Kiértékelés: szabványok

MSZ EN 1990:2005 – figyelembe veszi a szórást

MSZ EN 13791:2007 – nem veszi figyelembe a szórást

# Kiértékelés MSZ EN 1990:2005 alapján

## (1) Minták nyomószilárdságának meghatározása

Minta száma	0002-0001 (ML)		MSZ EN 1990:2005 alapján		
mérési eredmények					
Sorszám	Próbatest mérete		Testsűrűség	Törőerő	Feszültség
	$\phi$	$h$			
	mm	mm	kg/m <sup>3</sup>	kN	MPa
A1	<b>93,3</b>	<b>80,5</b>	<b>2350</b>	<b>178,8</b>	<b>26,17</b>
A2	<b>93,5</b>	<b>101,5</b>	<b>2340</b>	<b>150,3</b>	<b>21,90</b>
A3	<b>93,3</b>	<b>95,5</b>	<b>2370</b>	<b>133,3</b>	<b>19,51</b>
A4	<b>93,4</b>	<b>99,6</b>	<b>2320</b>	<b>122,7</b>	<b>17,92</b>
A5	<b>93</b>	<b>105,5</b>	<b>2330</b>	<b>124,1</b>	<b>18,28</b>
A6	<b>92,5</b>	<b>99,8</b>	<b>2340</b>	<b>153,4</b>	<b>22,84</b>
A7	<b>92,5</b>	<b>107,7</b>	<b>2380</b>	<b>145,1</b>	<b>21,60</b>

**2005**

# Kiértékelés MSZ EN 1990:2005 alapján

## (2) Átlag, Student tényező, legkisebb szórás, karakterisztikus érték

Átlagos hengerszilárdság:			$f_{cm,is} = 21,17$
Student tényező:			$t = 2,09$
Megengedett legkisebb szórás:			$s = 2,68$
Helyszíni kockaszilárdság karakterisztikus értéke		$f_{ck,is.cube} = f_{cm,is} - t s =$	15,58

$$f_{cm,is} = \frac{\sum f_{c,is}}{n}$$

$$n \geq 5 \text{ adat esetén: } s = \sqrt{\frac{(f_{c,is} - f_{cm,is})^2}{n-1}}$$

$$n = 3 \text{ adat esetén: } s = \frac{f_{max,is} - f_{min,is}}{1,69}$$

$n$	3	4	5	6	8	10	20	30	$\infty$
$t$ értékei az MSZ EN 1990:2005 szerint 75%-os megbízhatóság és ismeretlen szórás figyelembevételével	3,37	2,63	2,33	2,18	2,00	1,92	1,76	1,73	1,64

**2005**

# Kiértékelés MSZ EN 1990:2005 alapján

## (3) Szilárdsági osztályok becslése

Szabványos betonszilárdsági osztályokhoz tartozó karakterisztikus értékek			Szerkezetből kivett próbatestek szilárdságvizsgálata alapján számított karakterisztikus értékek		
(1) szilárdsági osztály	(2) $f_{ck,cyl}$	(3) $f_{ck,cube}$	(4) átszámítási tényező	(5) $f_{ck,is,cyl}$	(6) $f_{ck,is,cube}$
C8/10	8	10	0,85	7	9
C12/15	12	15	0,85	10	13
C16/20	16	20	0,85	14	17
C20/25	20	25	0,85	17	21
C25/30	25	30	0,85	21	26
C30/37	30	37	0,85	26	31
C35/45	35	45	0,85	30	38
C40/50	40	50	0,85	34	43
C45/55	45	55	0,85	38	47
C50/60	50	60	0,85	43	51
C55/67	55	67	0,85	47	57
C60/75	60	75	0,85	51	64
C70/85	70	85	0,85	60	72
C80/95	80	95	0,85	68	81
C90/105	90	105	0,85	77	89
C100/115	100	115	0,85	85	98

Ebből számolható interpolálással a hengersizilárdság, majd 0,85-el elosztva az átszámított érték, melyből 1,3-as biztonsági tényezővel a beton nyomószilárdságának tervezési értéke.

# 2005

# Kiértékelés MSZ EN 13791:2007 alapján

## (1) Minták nyomószilárdságának meghatározása

Minta száma	0002-0001 (ML)		MSZ EN 13791:2007 alapján		
mérési eredmények					
Sorszám	Próbatest mérete		Testsűrűség	Törőerő	Feszültség
	$\phi$	$h$			
	mm	mm	kg/m <sup>3</sup>	kN	MPa
A1	93,3	80,5	2350	178,8	26,17
A2	93,5	101,5	2340	150,3	21,90
A3	93,3	95,5	2370	133,3	19,51
A4	93,4	99,6	2320	122,7	17,92
A5	93	105,5	2330	124,1	18,28
A6	92,5	99,8	2340	153,4	22,84
A7	92,5	107,7	2380	145,1	21,60

2007



# Kiértékelés MSZ EN 13791:2007 alapján

## (2) Átlag, Student tényező, legkisebb szórás, karakterisztikus érték

Átlagos hengersizárdság:			$f_{cm,is} = 21,17$
			$f_{cm,is,min} = 17,92$
Tervezett betonszilárdság:	C30/37		$f_{ck,is,cube} = 31,00$
$k_1$ érték:	6		
1. feltétel	$f_{cm,is} > f_{ck,is,cube} + k_1$		NEM FELEL MEG
2. feltétel	$f_{c,is,min} > f_{ck,is,cube} - 4$		NEM FELEL MEG

$k_1$  értéke:  $k_1 = 5$ , ha  $n = 10-14$ ,  
 $k_1 = 6$ , ha  $n = 7-9$ ,  
 $k_1 = 7$ , ha  $n = 3-6$ .

$n \geq 15$  esetén:

$$f_{cm,is} \geq f_{ck,is} + 1,48 s \quad (1. \text{ feltétel})$$

$$f_{c,is} \geq f_{ck,is} - 4 \quad (2. \text{ feltétel})$$

15-nél több eleme esetén  
figyelembe veszi a szórást is

# 2007

## Roncsolásmentes – Schmidt kalapácsos vizsgálat

Schmidt kalapácsos vizsgálat

- Kizárólag Schmidt kalapácsos vizsgálat → gazdaságtalan
- Schmidt kalapácsos + ismert betontechnológiai adatok
- Schmidt kalapácsos + törővizsgálat
- Specifikus tapasztalati összefüggések (minősítésre)

# Roncsolásmentes – Schmidt kalapácsos vizsgálat

**(1) Korrekciós tényező – üllőn vizsgálva**

**(2) Betontechnológiai paraméterek**

**(3) Beton kora**

**(4) Visszapattanási értékek**

**(5) R200 → R150**

**(6) feltételek**

## Roncsolásmentes – Schmidt kalapácsos vizsgálat

A Schmidt kalapácsos diagnosztikai vizsgálatok során a vizsgálat eredménye nagyban függ a vizsgálati körülményektől. Az érték nagyban változhat, ha egy nagyobb szemcse (vagy kis betontakarású betonacél) vagy légzárvány fölött mérünk, a mért érték jóval nagyobb vagy kisebb is lehet. Összefoglalva elmondható, hogy a Schmidt kalapácsos vizsgálat értéke helyszíni körülmények között 25%-os bizonytalansággal szolgáltat eredményt.

További, a kiértékelésnél figyelembe vett befolyásoló tényezők:

### Ütésirány

Az ütés iránya (vízszintes, függőlegesen vagy 45 fokban ferdén lefele, illetve felfele) nagyban befolyásolja az eredményt, ezért ezt a számításnál figyelembe kell vennünk.

### A beton kora

A beton öregedésével a felületi rétegek karbonátosodnak, amelytől a beton külső rétege keményebb lesz. Ez nagyban befolyásolhatja a vizsgált beton megállapított szilárdságát, akár 50%-al magasabb értéket is adhat. A karbonátosodás leginkább a beton kapilláris hálózatától függ, amely a beton szilárdságának, víz/cement tényezőjének illetve a bedolgozás módjának vagy minőségének a függvénye. A betonok kora mellett a betonok tömörsége is fontos szerepet játszik. A beton korát egy  $\alpha_t$  módosító tényező segítségével vesszük figyelembe, amely értékeit az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: A kor figyelembe vétele a Schmidt kalapácsos vizsgálatnál [1, 2]

Beton kora	nap	év		
	90	1	2	3
$\alpha_t$	1	0,75	0,67	0,6

## Roncsolásmentes – Shmidt kalapácsos vizsgálat

### A beton nedvességtartalma

A beton nedvességtartalma is befolyásolja a mért értéket, erről azonban nincs adatunk.

### Az adalékanyag, cement

Az adalékanyag szemmegoszlása, illetve maximális szemcsemérete is hatással van a mért értékre, jelen kiértékelésnél a maximális szemcseméretet figyelembe vettük a 2. táblázat alapján.

2. táblázat: Korrekciós értékek a maximális szemmagyság alapján [1, 2]

$d_{\max}$	16	0,00
	24	0,01
	32	0,02
	48	0,03

A cementfajta, víz-cement tényező és a cementtartalom is befolyásolja a mért értéket, jelen kiértékelésnél ezeket figyelembe vettük a 3. táblázat alapján.

3. táblázat: Korrekciós értékek a cementtípus alapján [1, 2]

cement	32,5	0,00
	42,5	0,02
	52,5	0,03

## Roncsolásmentes – Schmidt kalapácsos vizsgálat

Kizárólag Schmidt kalapácsos vizsgálat → gazdaságtalan

$$\lg R_{200} = -2,159 + 1,805 \lg r + 0,345 (\lg r)^2$$

Schmidt kalapácsos + ismert betontechnológiai adatok

$$\lg R_{200} = -2,159 + \Sigma \Delta + 1,805 \lg r + 0,345 (\lg r)$$

A tulajdonság		Segédváltó, $\Delta$
megnevezése	értéke	
Cementfajta	CEM 32,5	0,00
	CEM 42,5	0,02
	CEM 52,5	0,03
Adalékanyag maximális szemnagysága	16 mm	0,00
	24 mm	0,01
	32 mm	0,02
Víz-cement tényező	0,35–0,5	0,03
	0,5–0,65	0,01
	>0,65	0,00
Cementtartalom	>401 kg/m <sup>3</sup>	0,06
	301 – 400 kg/m <sup>3</sup>	0,04
	201 – 300 kg/m <sup>3</sup>	0,02
	<200 kg/m <sup>3</sup>	0,00
Kor vagy képzett kor	8–15 nap	0,06
	16–21 nap	0,04
	22–28 nap	0,00
Nedvességtartalom	Vizes (fényes felület)	0,07
	Nedves (matt felület)	0,03
	Száraz (W = max 4V%)	0,00

# Roncsolásmentes – Shmidt kalapácsos vizsgálat

Vizsgálati hely	1. vizsgálati hely																			
Vizsgált szerkezet	SR vibrációs szalag fal																			
Tervezett beton szilárdsági osztály	C30/37-XC4-XF3-16-F3																			
A vizsgált beton kora	95 nap																			
korrekciós tényező	$\beta$	1,014402																		
Betontechnológiai paraméterek																				
Cement típusa	42,5	0,02																		
dmax	16	0,00																		
v/c	0,55	0,01																		
cementtartalom	300-400	0,04																		
$\Sigma A$		0,07																		
beton kora (nap) $\alpha_t$	95	0,995																		
Schmidt kalapácsos vizsgálat eredményei																				
nr.	visszapattanási értékek												$r_0$	$\Delta R_\alpha$	$\beta$	$\alpha_t$	$r$	$R_{200}$	$R_{150}$	
1	45	39	36	36	36	45	37	39	45	44	39	47	40,67	→	0	1,014	0,995	41,06	52,66	57,23
2	42	44	37	42	41	38	43	45	45	41	36	39	41,08	→	0	1,014	0,995	41,49	54,25	58,96
3	39	41	36	36	37	40	39	45	38	40	36	39	38,83	→	0	1,014	0,995	39,21	46,04	50,04
1. feltétel		MEGFELEL														$f_{cm,test}$	55,41			
$f_{cm,test}$	>															$f_{ck}/0,92+6,5$	$f_{ci,min}$	50,04		
55,41		46,72	tervezett	C30/37																
2. feltétel		MEGFELEL														$f_{ck}$	37			
$f_{ci,min}$	>															$f_{ck}/0,92-4,5$	50,04	35,72		

## Roncsolásmentes – ultrahangos

Az ultrahangos beton szilárdságbecslés egy olyan roncsolásmentes vizsgálati módszer, amely az akusztikai impulzusok terjedési sebességének mérésén alapul. Beton vizsgálatára csak az 1 MHz alatti, főként a néhányszor 10 kHz-es frekvenciájú rezgések alkalmasak. Ennek oka a beton heterogén volta: az egyes szemcsék határfelületén az akusztikai energia jelentős része szétszóródik. Minél nagyobb frekvenciájú jelet használunk, annál nagyobb lesz a szóródási veszteség [2].

A módszer előnyei:

- a beton és a vasbeton szerkezet roncsolás nélkül vizsgálható;
- a mérés tetszés szerint ismételhető;
- a vizsgálat olcsó és egyszerű eszközzel végezhető.

A vizsgálatot befolyásoló tényezők:

- a vizsgált elem alakja, mérete;
- a vasbeton szerkezetben az acélbetétek mennyisége;
- a beton repedései, zárványai és ezek vízzel való telítettsége.



## Roncsolásmentes – ultrahangos

A kockaszilárdság megállapítására az alábbi összefüggést használhatjuk:

$$\lg R_{200} = 2,407 - a_v 10^{-4} (5760 - v) \quad (3)$$

ahol:

$R_{200}$ : kockaszilárdság 200 mm-es kockán [MPa]

$v$ : ultrahang terjedési sebessége [m/s]

$a_v$ : betontechnológia tényezőktől függő  
szorzótényező, alapesetben  $a_v=6,8$

## Roncsolásmentes – ultrahangos

<b>Vizsgálati hely</b>			13. vizsgálati hely					
<b>Vizsgált szerkezet</b>			KA 1. akna fal					
<b>Tervezett beton szilárdsági osztály</b>			C30/37-XC4-XV1(H)-24-F2					
<b>A vizsgált beton kora</b>			134 nap					
av érték	6,8							
sebesség	<i>R</i> 200	<i>R</i> 150						
3997	16,15	17,55						
3760	11,14	12,11						
3850	12,83	13,94						
	$f_{cm,test}$	14,54						
	$f_{ci,min}$	12,11						

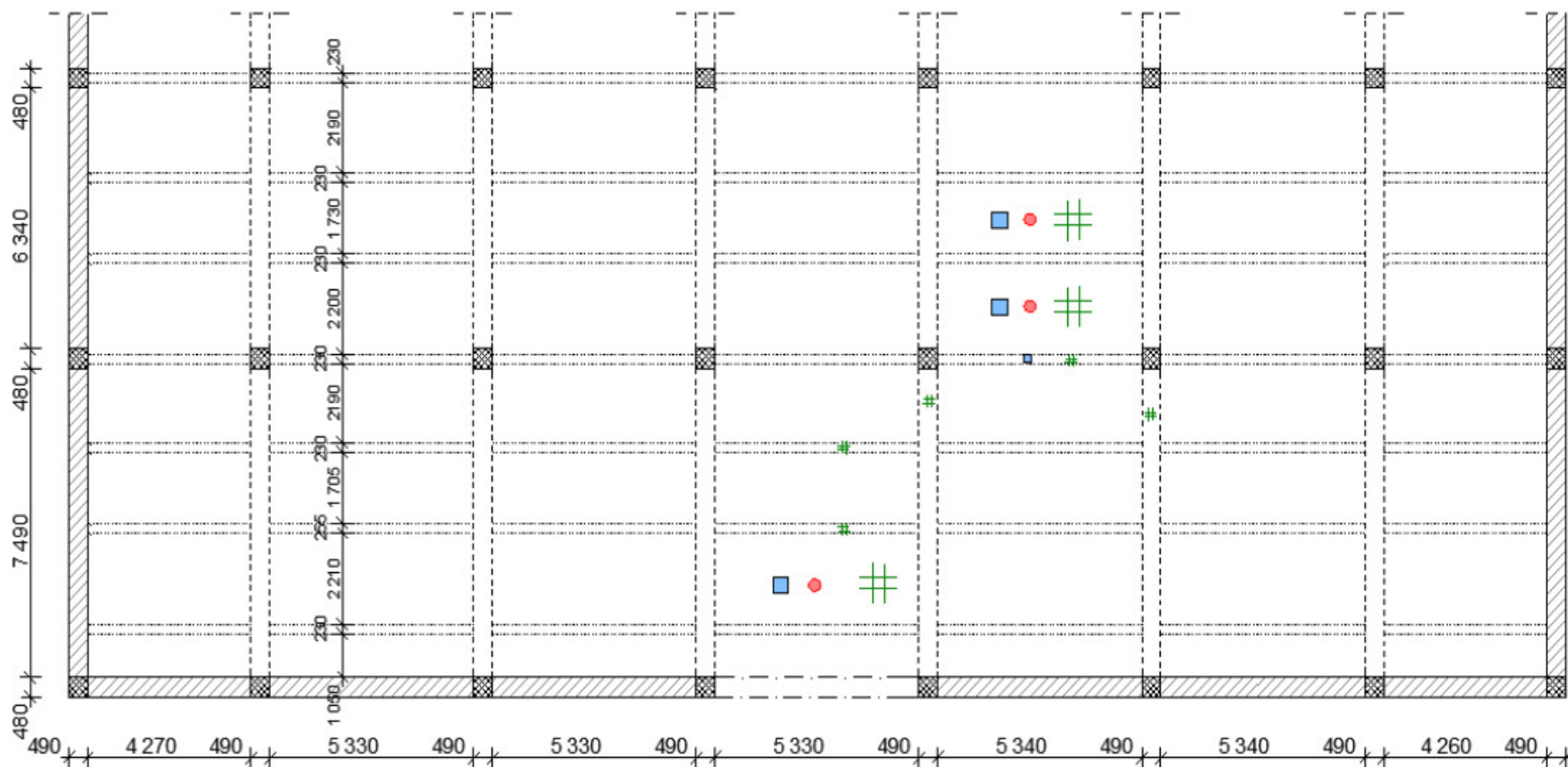
## Roncsolásmentes – HILTI Ferroskan



# Roncsolásmentes – HILTI Ferroskan



# Roncsolásmentes – HILTI Ferroskan



- Födém fúrás
- ⊞ Vasalásvizsgálat
- Schmidt kalapácsos vizsgálat

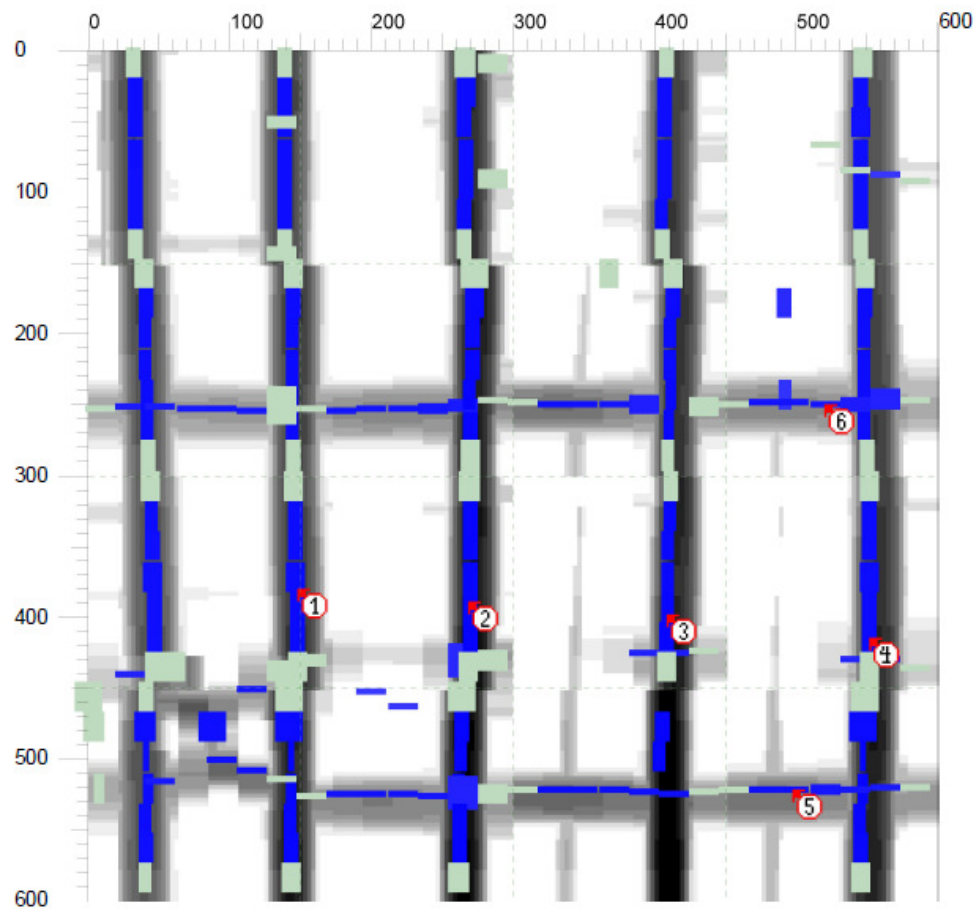


# Roncsolásmentes – HILTI Ferroskan

Imagescan: FS000113.XFF

Date / Time: 2016-11-19 12:05:13

SSN: 15912001 [mm]



Customer: ---

Location: ---

Comment:

Operator: ---

# Roncsolásmentes – HILTI Ferroskan

