



**Università degli Studi di Trieste**  
**Dipartimento di Ingegneria e Architettura**  
**Laurea Magistrale: Ingegneria Civile**  
**Corso : Costruzioni Stradali (cod. 172MI)**

## **Lezione 02: Laboratorio Stradale**

**Roberto Roberti**

Tel.: 040 558 3588

E-mail: [roberto.roberti@dia.units.it](mailto:roberto.roberti@dia.units.it)

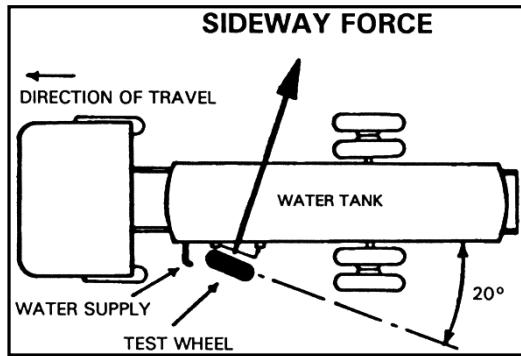
Anno accademico 2017/2018



# Sommario

- **Valutazione aderenza con S.C.R.I.M. e SKID TESTER**
- **Valutazione Macrorugosità con Altezza in sabbia e MPD**
- **Identificazione delle proprietà volumetriche di un conglomerato bituminoso**
- **Identificazione proprietà meccaniche di un conglomerato bituminoso.**
- **Coefficiente di levigabilità accelerata**

# Coefficiente di Aderenza trasversale (CAT)



**CNR B.U. n.147/92 - Metodo di prova per la misura del coefficiente di aderenza con l'apparecchio S.C.R.I.M.**

VALORI	GIUDIZIO	OPERAZIONI
CAT < 0,35	Aderenza mediocre	Necessità controlli molto frequenti
0,35 < CAT < 0,45	Aderenza discreta	Necessità controlli frequenti
0,45 < CAT < 0,55	Aderenza soddisfacente	Sorveglianza periodica della pavimentazione
0,55 < CAT	Aderenza buona	Sorveglianza diradata

$$CAT = \frac{N}{P}$$

$$CAT_{20^\circ} = \frac{CAT_t^\circ}{0,548 \cdot \frac{45,2}{t + 80}}$$

**CNR B.U. n.125/88 Istruzioni sulla pianificazione della manutenzione stradale**

Grado di gravità	Parametri ausiliari	Indicazioni per la manutenzione
3 CAT = 0,40 – 0,50	Tasso di incidenti sulla strada superiore alla media	Sorveglianza della sezione
2 CAT = 0,35 – 0,40	Condizioni sfavorevoli dei luoghi e dei tracciati. Incidenti	Sorveglianza della sezione o rinnovo dello strato superficiale, a seconda della sua età
1 CAT = 0,35 – 0,28 (*)		Rinnovo dello strato superficiale

(\*) 40% delle misure  $\leq 0,30$  oppure 60% delle misure sono  $\leq 0,35$

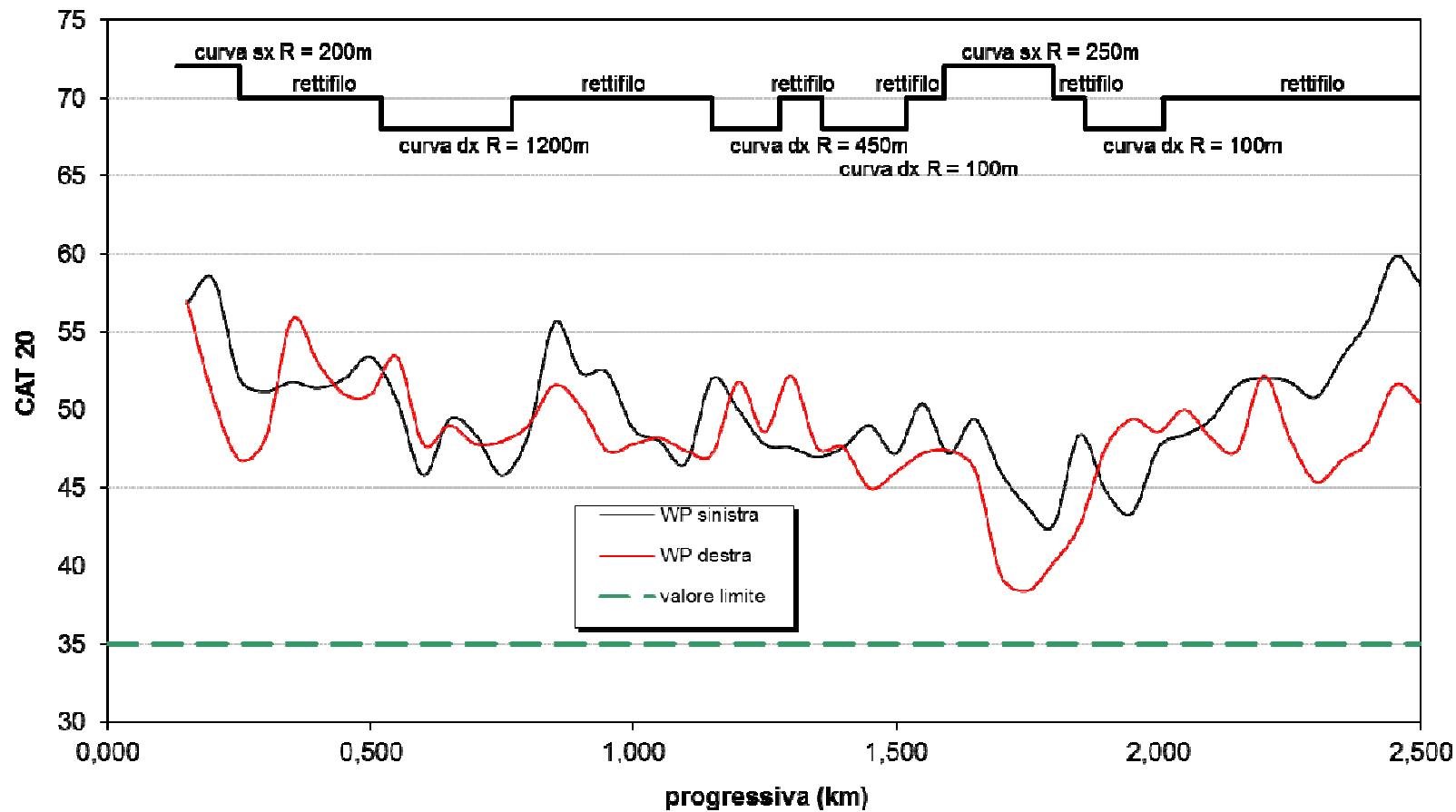
# Misure CAT

		carreggiata	sinistra								
		corsia	marcia								
		km inizio	15+600								
		km fine	0+110								
				Macrofessitura MPD				CAT		CAT 20	
progressiva	Evento	velocità	sx	dout	dx	dout	sx	dx	sx	dx	
	km	km/h	mm		mm						
15,6		59	1,54	8	1,46	6	67	64	64	61	
15,59		60	1,7	7	1,44	6	69	64	66	61	
15,58	IniZIO Curva sx	61	1,53	7	1,55	6	70	68	67	65	
15,57	Fine Curva SX; I	62	1,63	6	1,46	7	70	75	67	71	
15,56		63	1,39	6	1,83	7	70	74	67	70	
15,55		63	1,43	5	1,72	6	70	73	67	70	
15,54		64	1,3	4	2,21	7	69	67	66	64	
15,53		64	1,33	5	1,86	9	70	68	67	65	
15,52		64	1,63	7	1,91	7	66	61	63	58	
15,51		65	1,18	5	1,75	8	67	63	64	60	
15,5		65	1,51	7	1,67	8	71	69	68	66	
15,49		65	1,76	8	1,6	8	70	69	67	66	
15,48		65	1,79	8	1,7	7	72	75	69	71	
15,47		65	1,76	9	1,78	8	78	76	74	72	
15,46		65	1,8	9	1,67	7	75	77	71	73	
15,45		66	2,11	9	1,7	7	73	82	70	78	
15,44		66	2,11	10	1,79	9	73	83	70	79	
15,43		66	1,96	10	1,83	8	78	78	74	74	
15,42		63	1,91	9	1,83	9	72	79	69	75	

File dati: DATI\_CAT\_MPД.xls

# Misure CAT

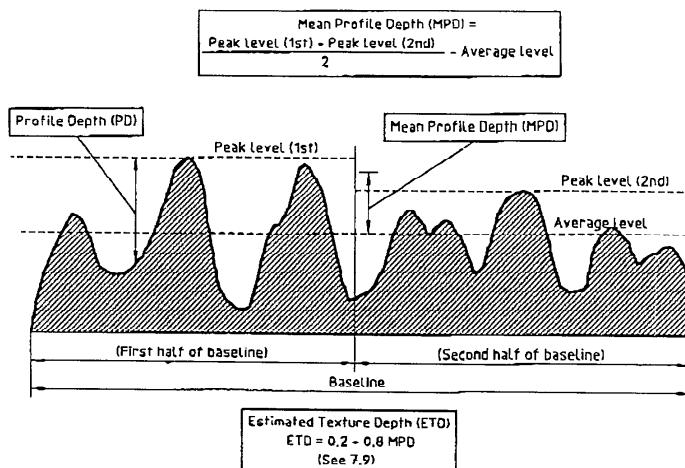
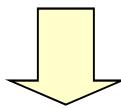
Carreggiata destra - Corsia sorpasso - CAT 20 - Media 5 punti



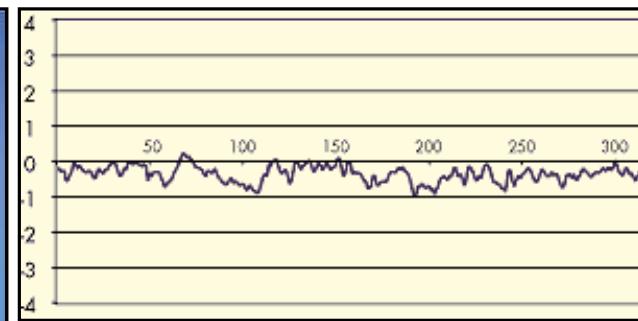
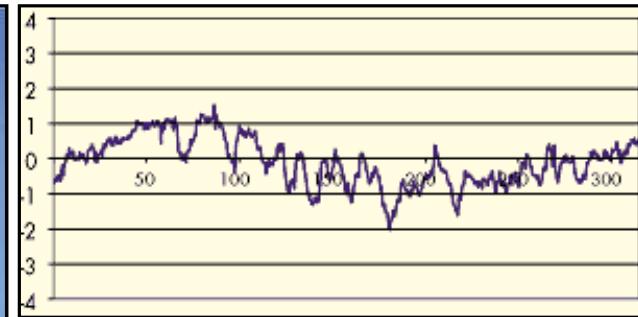
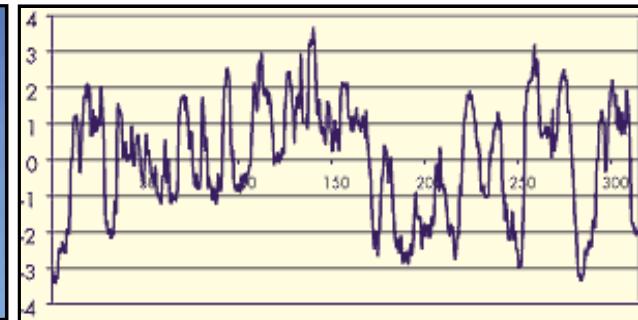
# Indicatori di macrotessitura ETD

Tra i metodi statistici più diffusi, ottenuto mediante profilometro laser, c'è:

**MPD (Mean Profile Depth) Norma ISO 13473-1**

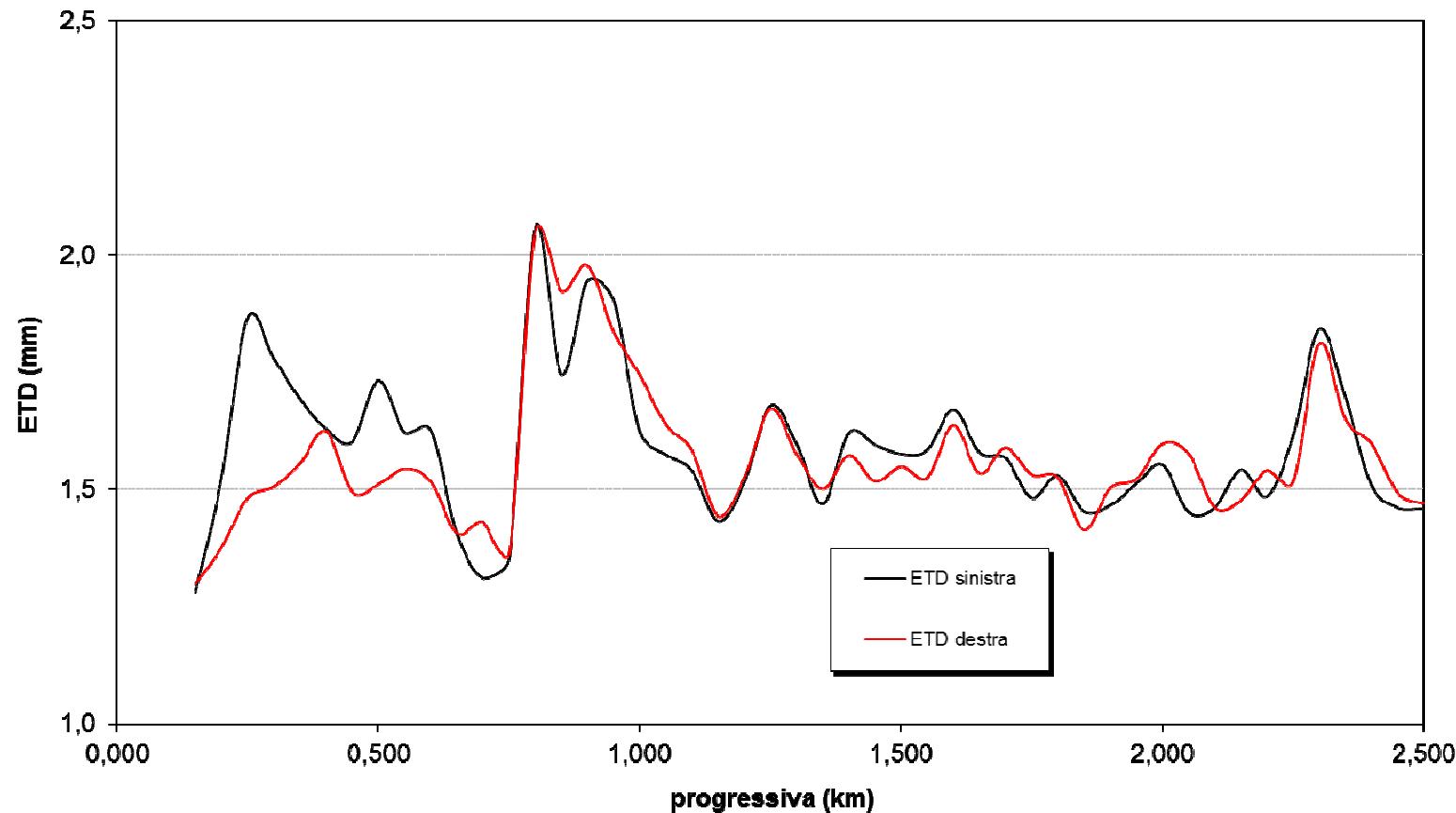


$$HS \cong ETD = 0,2 + 0,8 \text{ MPD} \text{ [mm]}$$

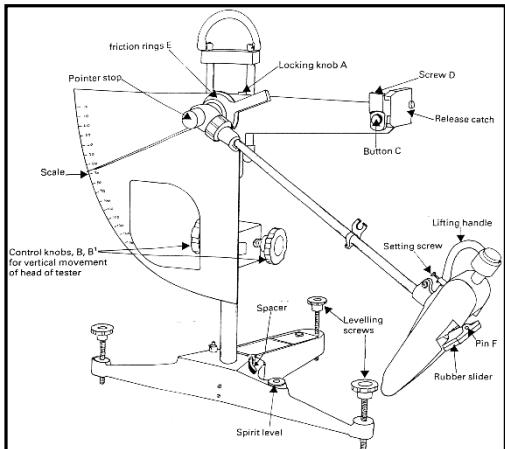


# Misure EDT

**Carreggiata destra - Corsia marcia - EDT - Media 5 punti**



# BPN - British Portable Number (1)



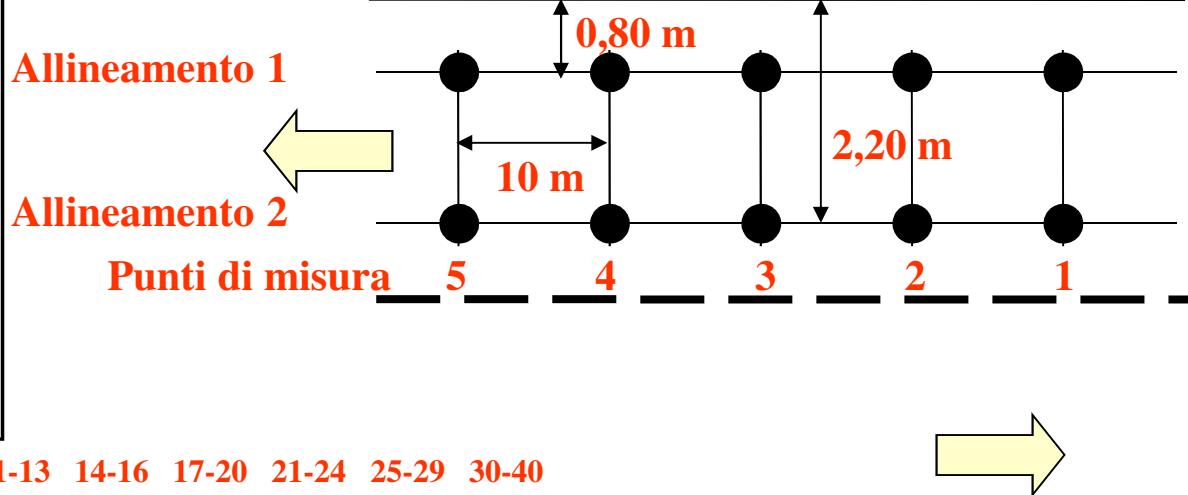
Temperatura C°	5-7	8-10	11-13	14-16	17-20	21-24	25-29	30-40
Correzione	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4



Allineamento 1

Allineamento 2

Punti di misura



Categoria	Tipologia di zona	valore minimo
A	Rotatorie, Curve con R<150m Pendenze long. > 5%, in prossimità di semafori su strade senza limiti di vel.	65
B	Autostrade, strade extraurbane principali e strade urbane con traffico > 2000 veic./g	55
C	Tutti gli altri siti	45

# BPN - British Portable Number (2)

Allineamento	1					2				
Punto di misura	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
Distanza longitudinale dal P.R. [m]										
Distanza dal bordo destro della corsia [m]										
Pendenza trasversale (%)										
Pendenza longitudinale (%)										
valori BPN misurati lettura 1										
valori BPN misurati lettura 2										
valori BPN misurati lettura 3										
valori BPN misurati lettura 4										
Valori BPN misurati lettura 5										
valori BPN misurati letture supplementari										
Media BPN ultime 3 letture utili										
Temperatura pavimentazione (° C)										
Fattore di correzione										
Valori BPN medi corretti										
Media BPN corretta degli allineamenti			BPN (1):					BPN (2):		

# DATI BPN (1)

Allineamento 1

	1	2	3	4	5
1	48	48	55	46	44
2	47	48	55	44	44
3	48	49	53	45	43
4	48	47	54	42	43
5	48	47	54	45	45
6		47		45	44
7				45	
8					

Allineamento 2

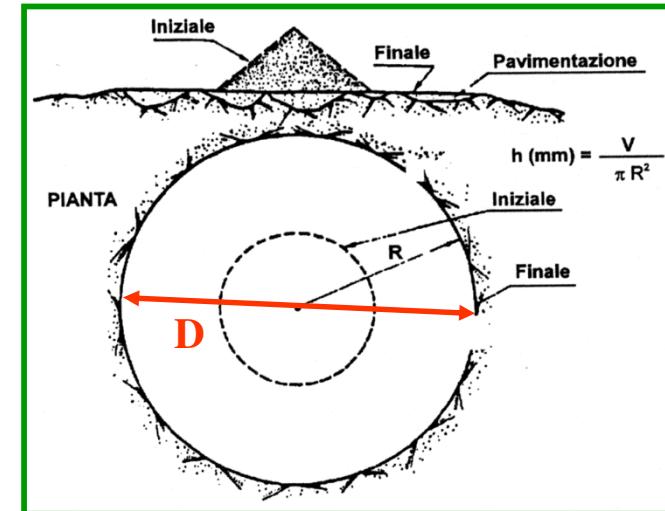
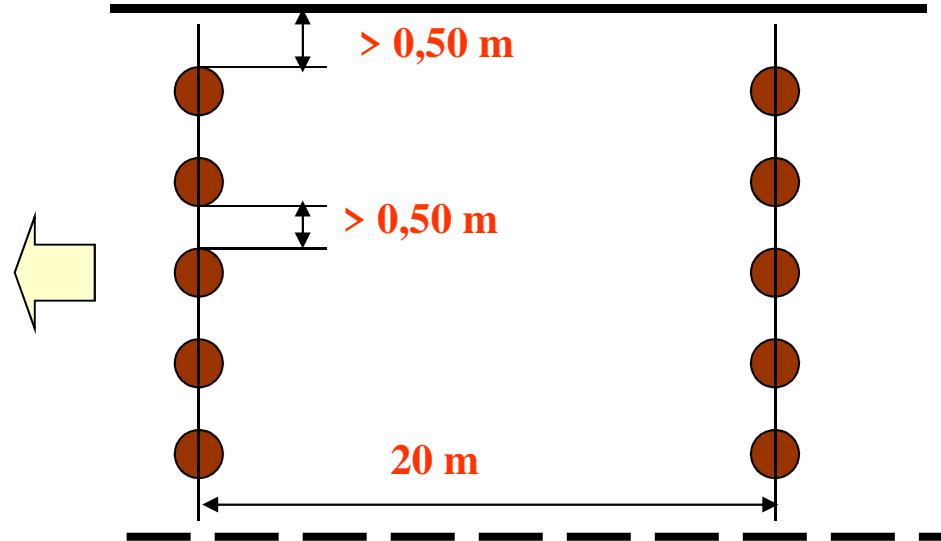
	1	2	3	4	5
1	45	50	53	48	50
2	45	50	53	46	48
3	45	50	52	45	48
4	45	50	52	45	48
5	46	50	52	45	48
6					
7					
8					

# Indicatori di macrotessitura HS (1)

NORMA CNR N. 94 15 OTTOBRE 1983

METODO DI PROVA PER LA MISURA DELLA  
MACRO-RUGOSITÀ SUPERFICIALE CON IL  
SISTEMA DELLA ALTEZZA DI SABBIA

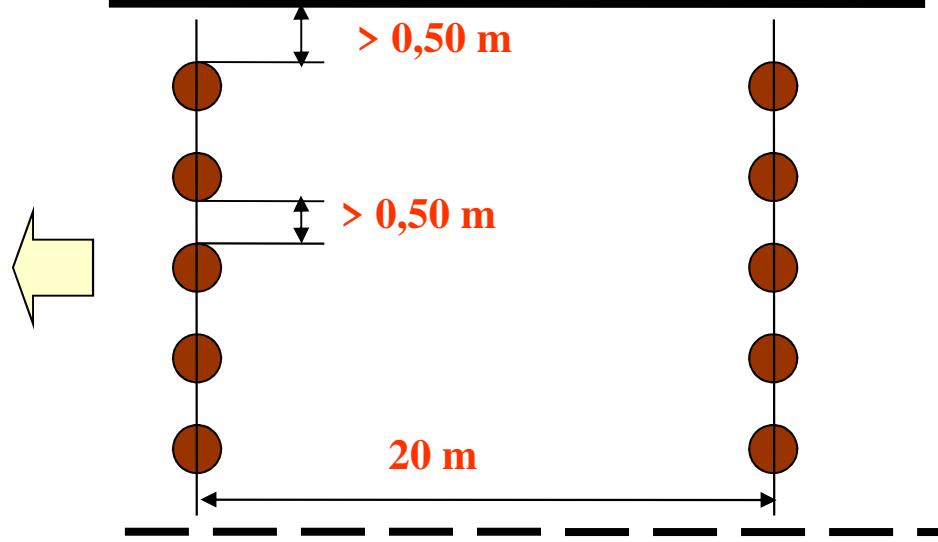
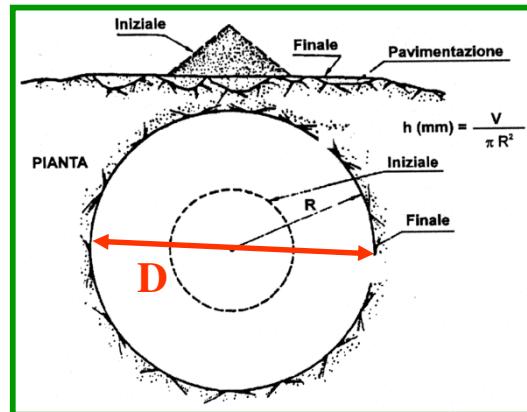
$$HS = \frac{V}{\pi \cdot D^2} \quad [\text{mm}] \quad V = 25 \pm 0,15 \text{ cm}^3$$



Altezza di sabbia	macrorugosità
$HS \leq 0,20 \text{ mm}$	molto fina
$0,20 < HS \leq 0,40$	fina
$0,40 < HS \leq 0,80$	media
$0,80 < HS \leq 1,20$	grossa
$1,20 < HS$	molto grossa

## Indicatori di macrotessitura HS (2)

Allineamento	Trasversale 1					Trasversale 2				
Punto di misura	01	02	03	04	05	01	02	03	04	05
Distanza longitudinale dal P.R. [m]										
Distanza dal bordo destro della corsia [m]										
Valore misurato diametro D1 [mm]										
Valore misurato diametro D2 [mm]										
Valore medio calcolato del diametro [mm]										
Valore altezza in sabbia HS [mm]										
Media altezza in sabbia degli allineamenti			HS (1):					HS (2):		



# DATI HS (1)

MACRO  
TESSITURA  
HS

Allineamento 1

		PUNTO DI MISURA				
		1	2	3	4	5
1	13	13	13	13	13	13,5
	2	14	14	13	13,5	14

MACRO  
TESSITURA  
HS

Allineamento 2

		PUNTO DI MISURA				
		1	2	3	4	5
1	14	13	13	14	14,5	
	2	13	13,5	12,5	14,5	14,5

# Contenuto legante



# Contenuto legante



# Contenuto legante

**Norma UNI EN 12697-1 o Norma CNR B.U. 38/1973**

$$Pa \equiv P2-T+Pf \quad Pb \equiv P1-P2-Pf$$

$$bc = \frac{Pb}{P1 - T} \cdot 100 = \frac{Pb}{Pa + Pb} \cdot 100 \quad [\%] \quad ba = \frac{Pb}{Pa} \cdot 100 \quad [\%]$$

# Peso di volume miscela



# Peso di volume miscela

Norma UNI EN 12697-6 o Norma CNR B.U. 40/1973

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME DI MISCELE DI AGGREGATI LAPIDEI CON BITUME E CATRAME									
C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. VII - N. 40									
camp.	P1	P2	P3	Pp	Vp	V	$\gamma$	$\Gamma$	
n°	(g)	(g)	(g)	(g)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	
1	817,2	837,2	478,60	20,00	22,22	336,41	2,43		
2									
3							2,43		
(P1) peso del provino				(Pp) peso della paraffina			( $\gamma$ ) peso di volume del provino		
(P2) peso del provino secco paraffinato				(Vp) volume paraffina			( $\Gamma$ ) media		
(P3) peso del provino paraffinato in acqua				(V) volume provino					

$$V = P2 - P3 - Vp$$

$$Vp = (P2 - P1) / \gamma p$$

$$\text{Peso specifico paraffina } \gamma p = 0,9 \text{ g/cm}^3$$

$$\gamma = P1/V$$

# Massa Volumica aggregati



# Massa Volumica aggregati

Norma UNI EN 1097-6 o Norma CNR B.U. 63/1978

DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA APPARENTE DEI GRANULI DI UN AGGREGATO									
METODO DEL PICNOMETRO									
C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. XII - N. 63									
picn.	P <sub>p</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P	V	γ <sub>a</sub>	Γ	
n°	(g)	(g)	(g)	(g)	(cm <sup>3</sup> )	(cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	
8	286,80	1391,6	756,49	1695,1	469,69	166,19	2,83		
-									
-							2,83		
(P <sub>p</sub> ) peso del picnometro		(P <sub>3</sub> ) peso picnometro+acqua+aggregato		(γ <sub>a</sub> ) massa volumica apparente dei granuli					
(P <sub>1</sub> ) peso picnometro+acqua		(P) Peso aggregato		(Γ) media					
(P <sub>2</sub> ) peso picnometro+aggregato		(V) volume aggregato							

$$P = P_2 - P_p$$

$$V = \frac{P - P_3 + P_1}{\gamma_w}$$

$$\gamma_a = \frac{P}{P - P_3 + P_1} \cdot \gamma_w$$

# Massa Volumica aggregati

**Norma UNI EN 1097-6 o Norma CNR B.U. 63/1978**

Peso specifico dell'acqua distillata (Istituto Smithsoniano)

t °C	$\gamma_w$ g/cm <sup>3</sup>	t °C	$\gamma_w$ g/cm <sup>3</sup>	t °C	$\gamma_w$ g/cm <sup>3</sup>
0	0,999 87	+ 17	0,998 80	+ 34	0,994 40
+ 1	0,999 93	+ 18	0,998 62	+ 35	0,994 06
+ 2	0,999 97	+ 19	0,998 43	+ 36	0,993 71
+ 3	0,999 99	+ 20	0,998 23	+ 37	0,993 36
+ 4	1,000 00	+ 21	0,998 02	+ 38	0,992 99
+ 5	0,999 99	+ 22	0,997 80	+ 39	0,992 62
+ 6	0,999 97	+ 23	0,997 56	+ 40	0,992 24
+ 7	0,999 93	+ 24	0,997 32	+ 41	0,991 86
+ 8	0,999 88	+ 25	0,997 07	+ 42	0,991 47
+ 9	0,999 81	+ 26	0,996 81	+ 43	0,991 07
+ 10	0,999 73	+ 27	0,996 54	+ 44	0,990 66
+ 11	0,999 63	+ 28	0,996 26	+ 45	0,990 25
+ 12	0,999 52	+ 29	0,995 97	+ 46	0,989 82
+ 13	0,999 40	+ 30	0,995 67	+ 47	0,989 40
+ 14	0,999 27	+ 31	0,995 37	+ 48	0,988 96
+ 15	0,999 13	+ 32	0,995 05	+ 49	0,988 52
+ 16	0,998 97	+ 33	0,994 73	+ 50	0,988 07

## Percentuale dei vuoti

## **Norma UNI EN 12697-8 o Norma CNR B.U. 63/1978**

DETERMINAZIONE DELLA POROSITÀ O PERCENTUALE DEI VUOTI DI MISCELE DI AGGREGATI LAPIDEI CON BITUME E CATRAME							
C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. VII - N. 39							
	camp.	$\gamma$	bc	$\gamma_b$	$\gamma_a$	v	V
	n°	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	(g/cm <sup>3</sup> )	(g/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)
	1	2,43	5,26	1,02	2,83	6,12	
	2						
	3					6,12	

$$v = 100 - \gamma \cdot \left( \frac{bc}{\gamma b} + \frac{100 - bc}{\gamma a} \right) \quad [\%]$$

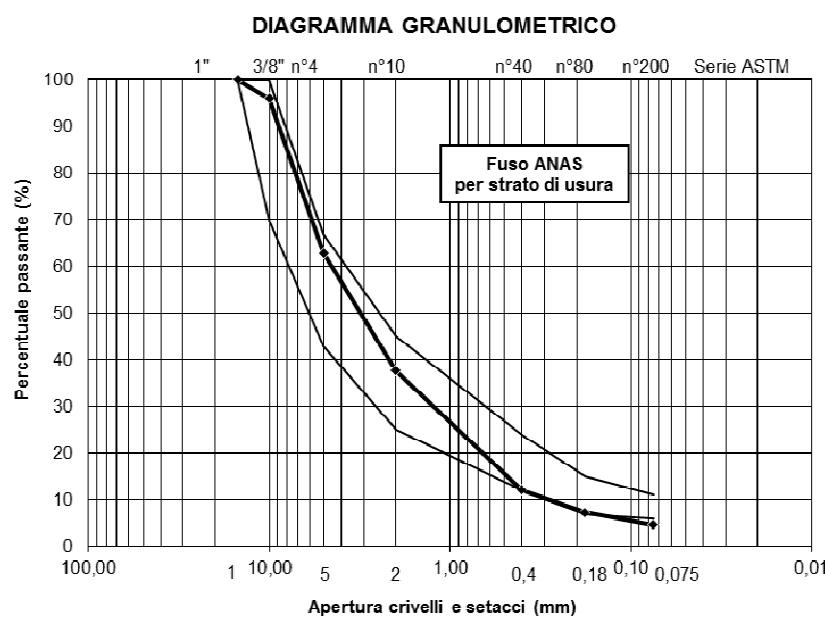
# Analisi Granulometrica

Norma UNI EN 12697-2 o Norma CNR B.U. 23/1971

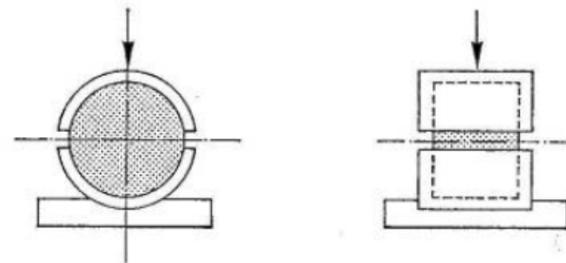
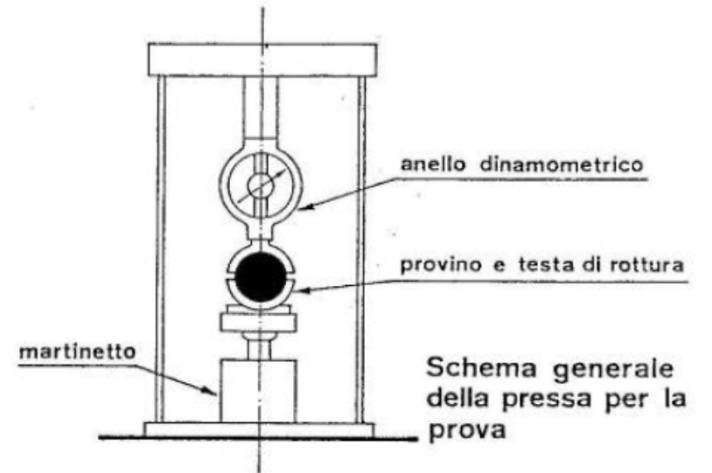


# Analisi Granulometrica

ANALISI GRANULOMETRICA							
Peso conglomerato (g):	500,00				Peso inerte (g):	473,68	
Apertura crivelli e setacci (mm)	15	10	5	2	0,4	0,18	0,075
Peso trattenuto (g)	0,00	18,48	157,26	119,41	121,27	22,88	12,50
Peso passante (g)	473,68	455,20	297,94	178,53	57,26	34,38	21,88
Percentuale passante (%)	100,00	96,10	62,90	37,69	12,09	7,26	4,62
Fuso ANAS: perc. pass. lim. inf. (%)	100	70	43	25	12	7	6
Fuso ANAS: perc. pass. lim. sup. (%)	100	100	67	45	24	15	11



# Marshall



schema del provino posto  
nella testa di rottura

# Marshall

**Norma UNI EN 12697-30 e 12697-34 o Norma CNR B.U. 30/1973**

DETERMINAZIONE DELLA STABILITÀ E DELLO SCORRIMENTO DI MISCELE DI BITUME E INERTI LAPIDEI A MEZZO DELL'APPARECCHIO MARSHALL																							
C.N.R. Bollettino Ufficiale (Norme tecniche) - A. VII - N. 30																							
camp.	altezza				altezza	volume	stabilità	scorrim	correz.	stabilità	modulo	stabilità	scorrim.										
n°	A	B	C	D	media					corretta		scarto	scarto										
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(cm <sup>3</sup> )	(kN)	(mm)		(kN)	(kN/mm)	(%)	(%)										
1/1	65,7	65,7	65,6	65,7	65,7	531	12,82	3,09	0,97	12,40	4,01	-3,04	10,26										
1/2	64,3	64,4	64,4	64,5	64,4	521	12,91	3,18	0,99	12,73	4,00	-0,43	13,47										
1/3	63,8	64,0	63,8	63,7	63,8	516	13,78	2,27	0,99	13,71	6,04	7,24	-19,00										
1/4	64,8	64,9	64,6	64,6	64,7	523	12,54	2,67	0,98	12,30	4,61	-3,77	-4,73										
Stabilità media (kN):				Scorrimento medio (mm)				Modulo elastico (kN/mm)															
temperatura di mescolamento dell'impasto (° C):																							
temperatura di costipamento (° C):																							
numero colpi (n°):																							
temperatura di prova (°C):																							

# Marshall

Norma UNI EN 12697-30 e 12697-34 o Norma CNR B.U. 30/1973

TABELLA 1 – Correzione del valore di stabilità Marshall in funzione dell'altezza del provino

Altezza del provino mm	Volume del provino cmc	Coefficiente di correzione
60,30	483 a 495	1,09
61,90	496 » 508	1,04
63,50	509 » 522	1,00
65,10	523 » 535	0,96
66,70	536 » 546	0,93

# Coefficiente Levigabilità Accelerata

INIZIO	3 (C.S.)	1 (SCORIE)	10 (CALCARE)	3 (SCORIE)	5 (DIABASE)	12 (CALCARE)	8 (BASALTO)	7 (BASALTO)	11 (CALCARE)	6 (DIABASE)	4 (DIABASE)	9 (BASALTO)	2 (SCORIE)	14 (C.S.)
1	69	55	53	72	66	61	69	74	56	44	59	62	61	71
2	67	51	53	71	67	66	67	70	54	43	60	50	61	70
3	67	51	50	66	66	61	68	71	53	42	59	58	59	71
4	65	50	51	65	68	61	67	71	53	41	60	52	59	72
5	69	50	50	60	64	57	68	71	53	40	61	54	57	67
6	67	49	49	60	67	61	67			39	61	53	57	67
7	69	49	49	60	68	61	61				61	51	56	67
8					66	59	68					54	56	
9					66	59	67					53	56	
10					66	60	67					50		
11						58						53		
12						59						49		
13						59						50		
14												50		
15												50		
Timmersione														
21														
3 ORE	3 (C.S.)	1 (SCORIE)	10 (CALCARE)	3 (SCORIE)	5 (DIABASE)	12 (CALCARE)	8 (BASALTO)	7 (BASALTO)	11 (CALCARE)	6 (DIABASE)	4 (DIABASE)	9 (BASALTO)	2 (SCORIE)	14 (C.S.)
1	74	62	50	67	74	53	70	67	51	69	69	67	70	63
2	69	62	50	64	71	51	72	66	50	68	69	65	69	61
3	67	59	49	65	70	51	71	66	49	67	69	65	68	62
4	69	60	48	65	72	50	68	67	49	69	68	66	68	61
5	68	60	48	63	73	50	74	66	48	69	68	65	68	60
6		47	64	71	49	68			48	69	68			
7		47		71	45	68			47					
8		49		71	48	67			46					
9		47			45				46					
10		46			56				46					
11		47			45									
12					44									
13					46									
14					46									
15					47									
16					47									
Timmersione														
21														
6 ORE	3 (C.S.)	1 (SCORIE)	10 (CALCARE)	3 (SCORIE)	5 (DIABASE)	12 (CALCARE)	8 (BASALTO)	7 (BASALTO)	11 (CALCARE)	6 (DIABASE)	4 (DIABASE)	9 (BASALTO)	2 (SCORIE)	14 (C.S.)
1	49	49	27	51	49	28	49	42	30	54	56	46	48	46
2	46	48	26	52	49	27	46	42	30	54	56	46	48	46
3	46	47	25	50	48	26	45	41	29	55	54	46	47	44
4	46	47	25	50	49	26	46	39	29	54	54	46	46	44
5	45	47	25	50	48	26	46	40	29	54	54	46	47	44
6					47				39					
7									40					
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
Timmersione														
21														