



Basiskennis Betontechnologie (BBT)

Hoofdstuk 10

Kwaliteit

Indeling

- Kwaliteit
- Kwaliteitszorg / kwaliteitssysteem
- Meten van kwaliteit
- Verwerken van meetresultaten
- Statistische procescontrole
- Keuren en controle van beton

Kwaliteit

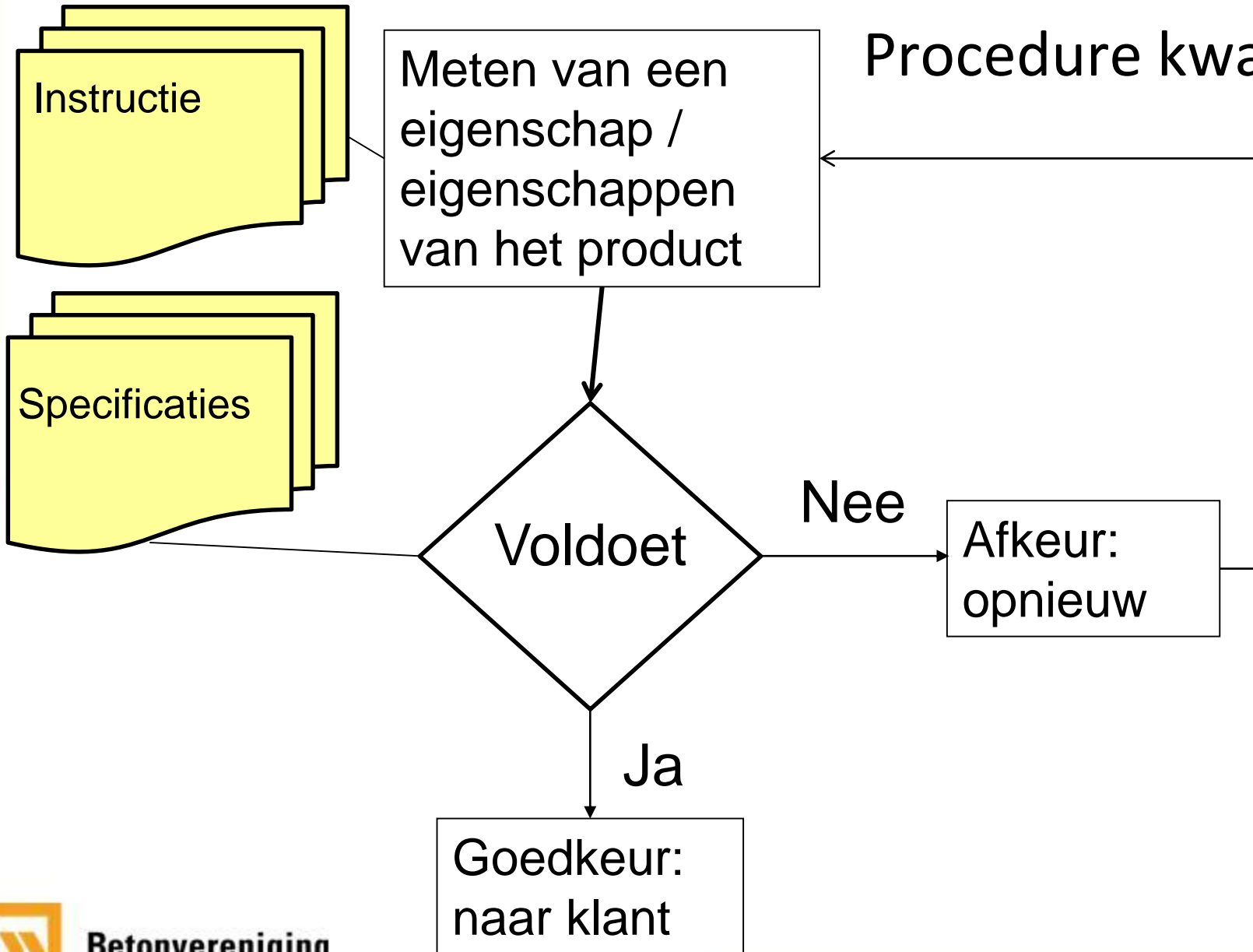
Een definitie van kwaliteit is:

De mate waarin een product voldoet aan de gestelde eisen.

Dus:

1. meten van een eigenschap
2. vergelijken van de gevonden waarde met een gestelde eis (= specificatie)

Procedure kwaliteit

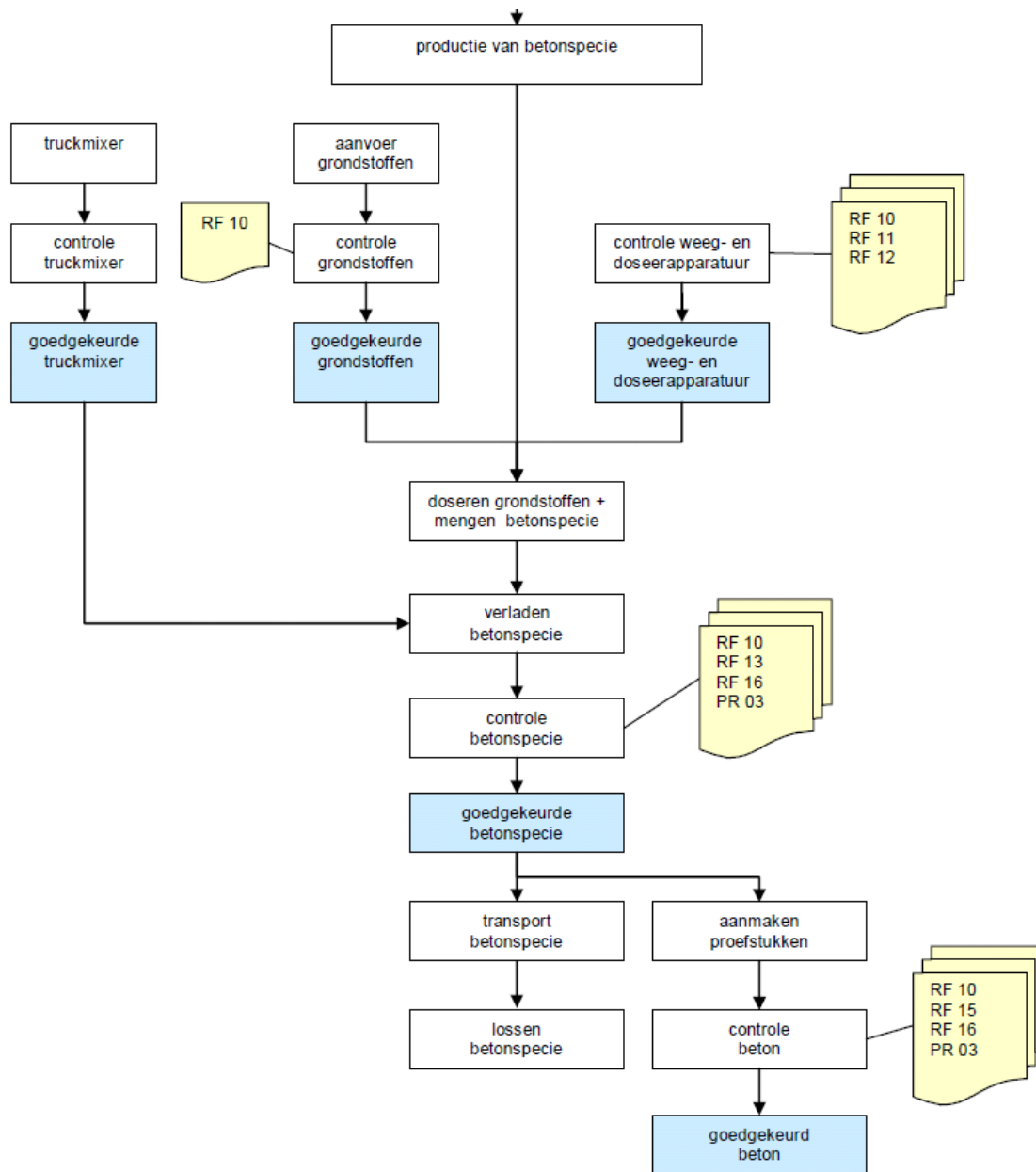


Kwaliteitssysteem

Kwaliteitssysteem (NEN-EN ISO 9001)

Kwaliteitshandboek

- Kwaliteitsbeleid
- Procedures voor bijvoorbeeld:
 - procesbeheersing
 - beheersing van producten met tekortkomingen
 - klachtenafhandeling
- Registratieformulieren
- Werkinstructies
- Functieomschrijvingen



Taak voor betontechnoloog

Productieproces van beton:

- Monitoren
- Meten
- Analyseren
- Bijsturen

Monitoren en meten

- Visuele beoordeling / meten
- Representativiteit van een meting
- Betrouwbaarheid van een meting
- Geschiktheid van de meetmethode
- Meetnauwkeurigheid
- Meetfouten

Visuele beoordeling consistentie

		by calculation	is not exceeded	minimum content of the constituents
6	Consistence	Visual inspection	For comparison with normal appearance	Each batch
7		Consistence test according to EN 12350-2, -3, -4 or -5	To assess the achievement of the specified values of consistence and to check possible changes of water content	Where consistence is specified, as table 13 for compressive strength When testing air content In case of doubt following visual inspections
8	Density of fresh	Density test ac-	For light-weight and heavy-	Daily



Visuele beoordeling eindproduct

Vaak: kleurverschillen, onvolkomenheden
Leidt niet zelden tot problemen



Metten

- Meetwaarde is gemakkelijker te vergelijken met een beoogde waarde
- Zijn grenzen op te stellen voldoet wel/niet
- Geeft vaak meer zekerheid voor de afnemer

Maar....



Representativiteit

- Het monster dat ter beoordeling wordt aangeboden moet een kenmerkend onderdeel zijn van de totale verzameling

Voor beton(specie) geldt:

- Monstername op een geschikt punt in het productieproces
- Minimum voorgeschreven hoeveelheid monsters afhankelijk van de voorgeschreven proef
- Het monster moet vervolgens beschermd worden tegen veranderingen in de tijd door bijvoorbeeld vervuiling of uitdroging

Meetmethode

Is de meetmethode geschikt: meet ik wat ik wil meten.

Is de meting volgens de meetmethode “herhaalbaar”?

Is de meting “reproduceerbaar”?

Meetnauwkeurigheid

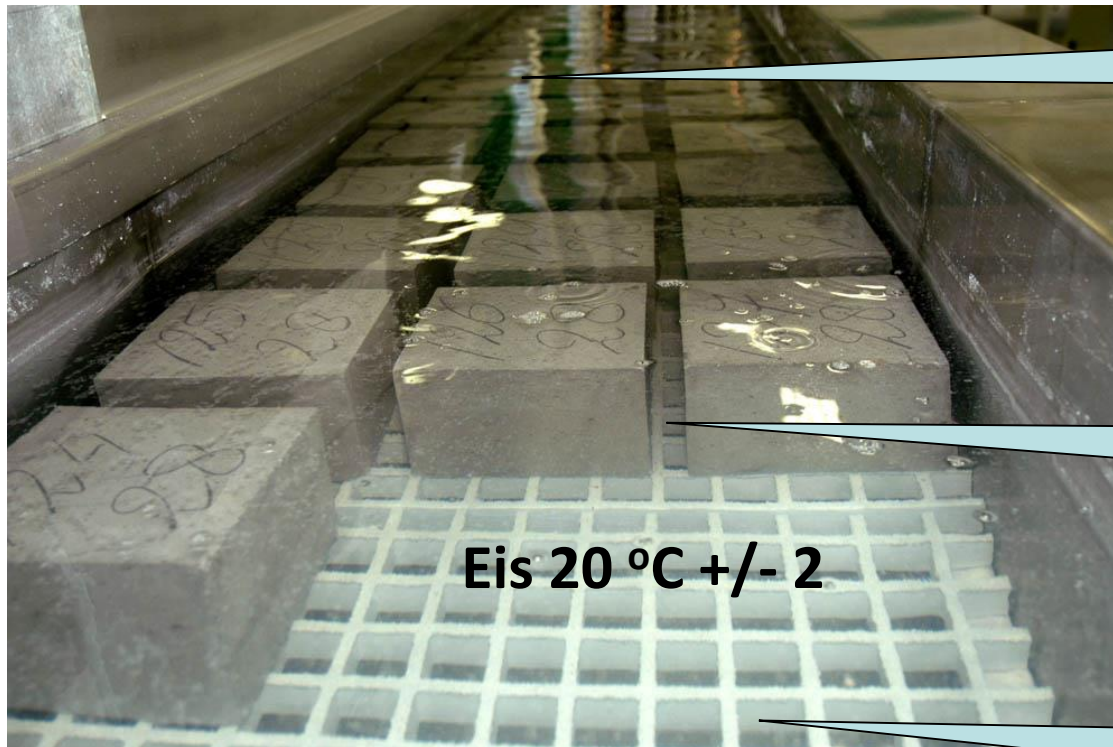


5.5 Balances or scales, accurate to $\pm 0,1\%$ of test portion mass.

Meetfouten

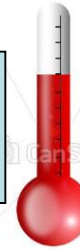
1. Afleesfout
2. Toevallige meetfout
3. Systematische meetfout

Toevallige meetfout



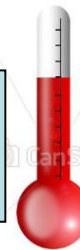
Eis 20 °C +/- 2

21,5



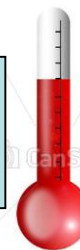
© Can Stock Photo - csp3018724

21,7



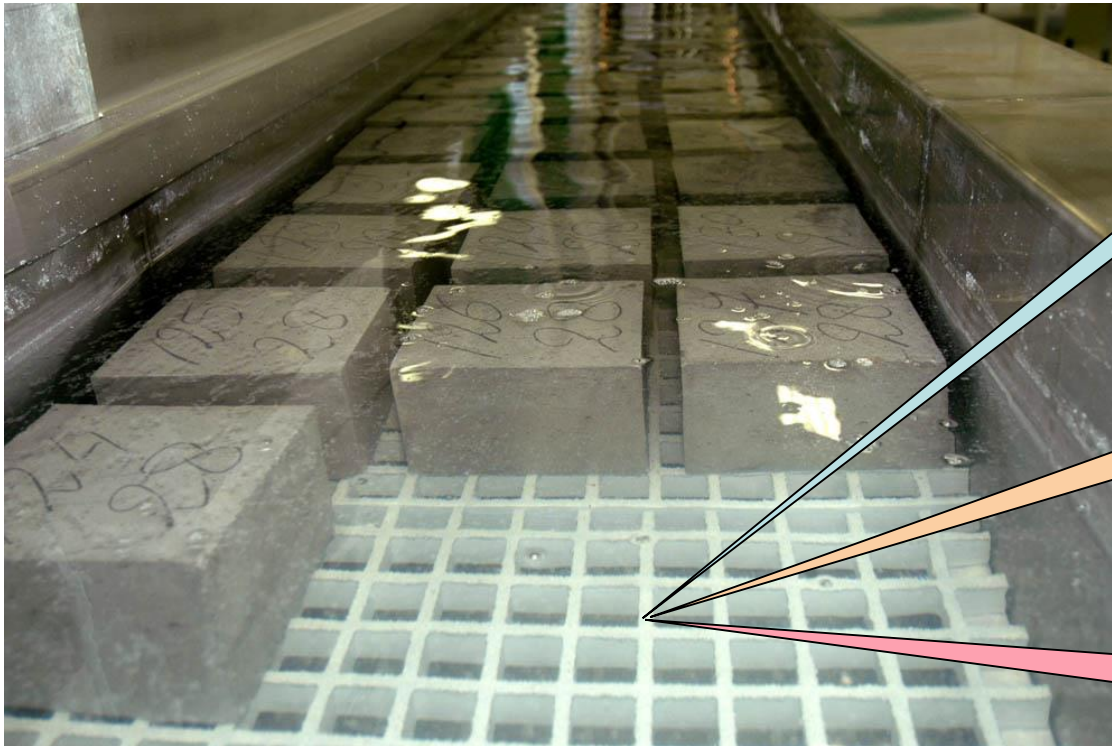
© Can Stock Photo - csp3018724

22,1



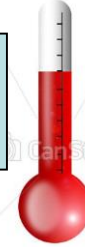
© Can Stock Photo - csp3018724

Systematische fout



Thermometer laborant

21,8
+/- 1



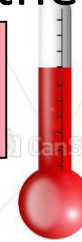
Thermometer controleur

20,7
+/- 0,3



Geijkte thermometer

21,3



Kalibreren !! Correctie van systematische fout



Verwerken van meetresultaten

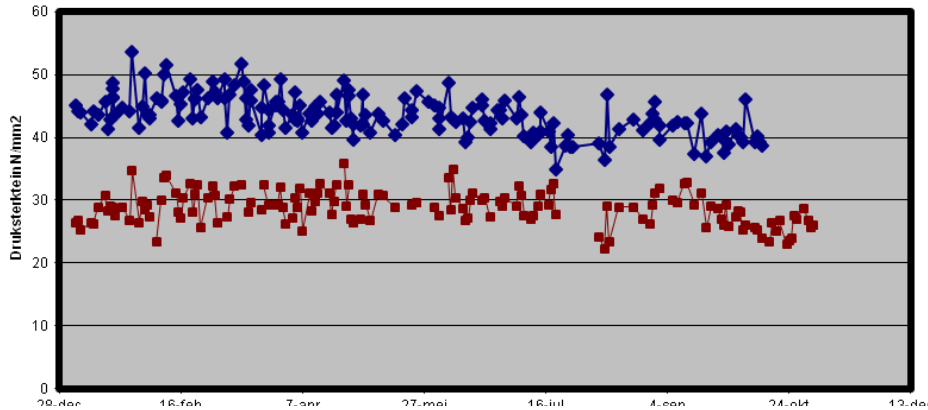
- Tabellen
- Grafieken
- Trends
- Correlatie
- Frequentieverdeling
- Histogram
- Normale verdeling

Tabel

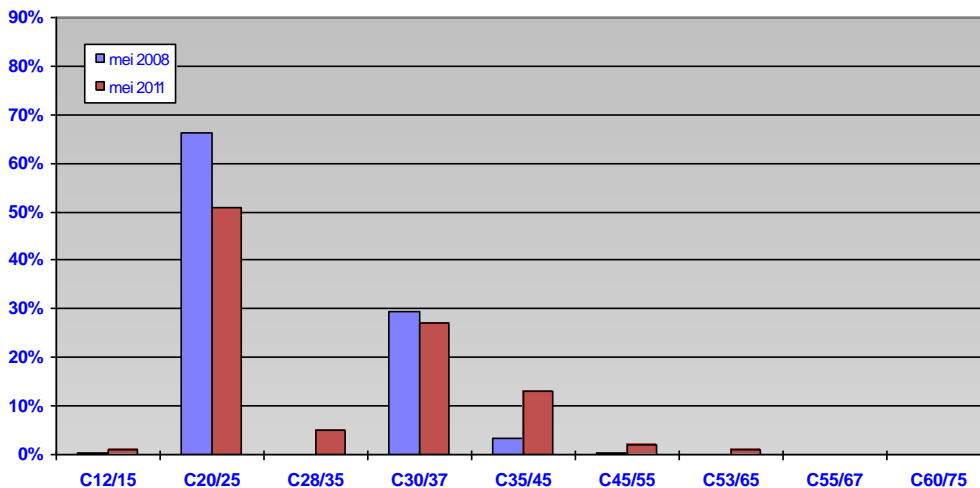
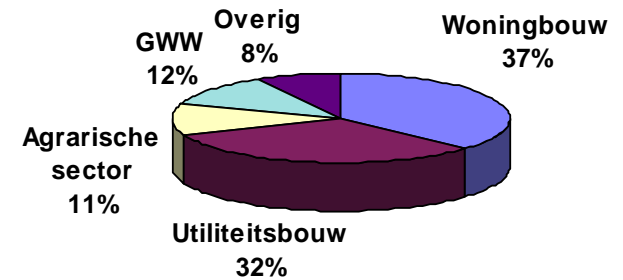
Controle resultaten C30/37, XC4/XA2, S3		
Productiedatum	Kubusdruksterkte na 7 dagen [N/mm²]	Kubusdruksterkte na 28 dagen [N/mm²]
04-01-2012	26,3	45,1
05-01-2012	26,8	44,2
06-01-2012	25,2	44,0

Grafiek

Controle resultaten betondruksterkte na 7 en 28 dagen voor samenstelling C30/37



2011

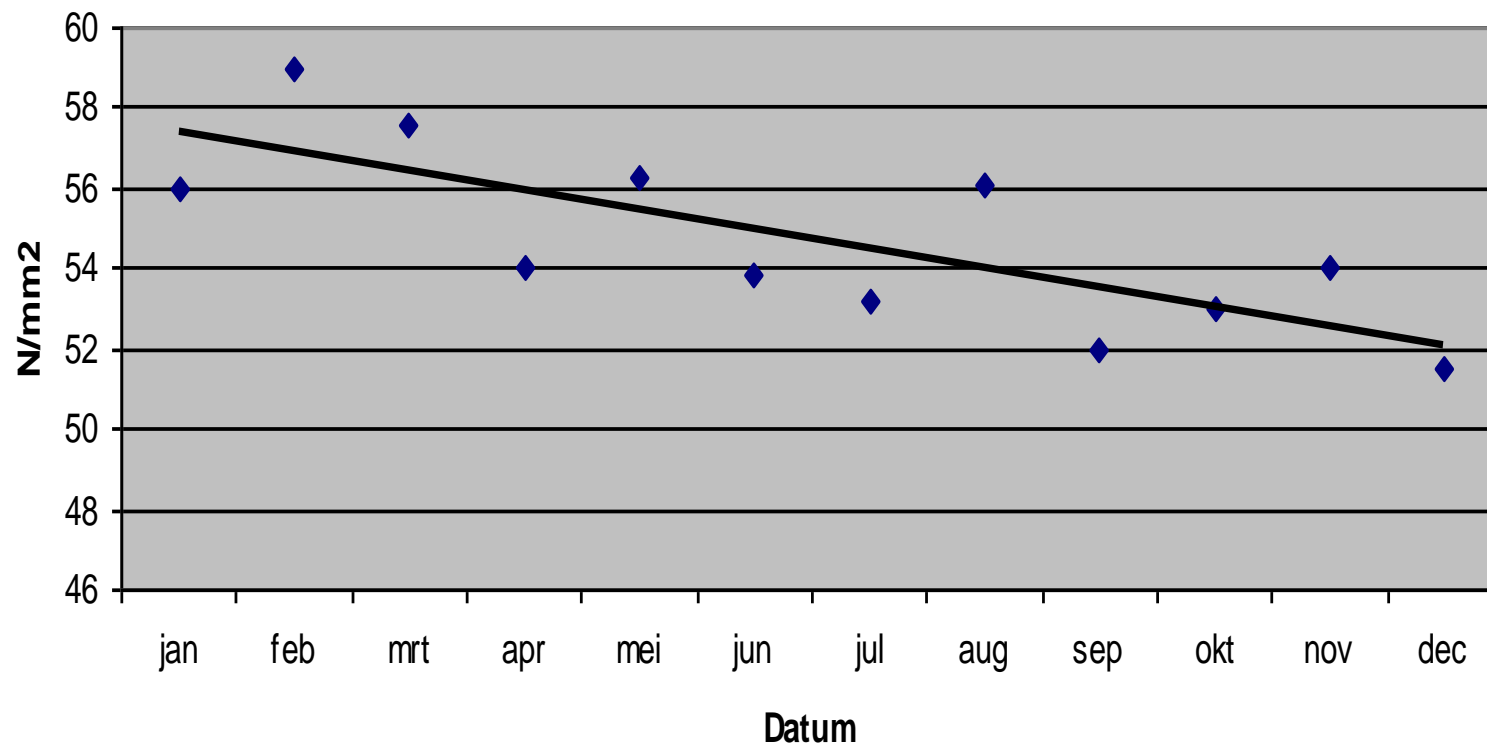


■ Grafieken

- ✓ Lijndiagram
- ✓ Staafdiagram
- ✓ Taartdiagram

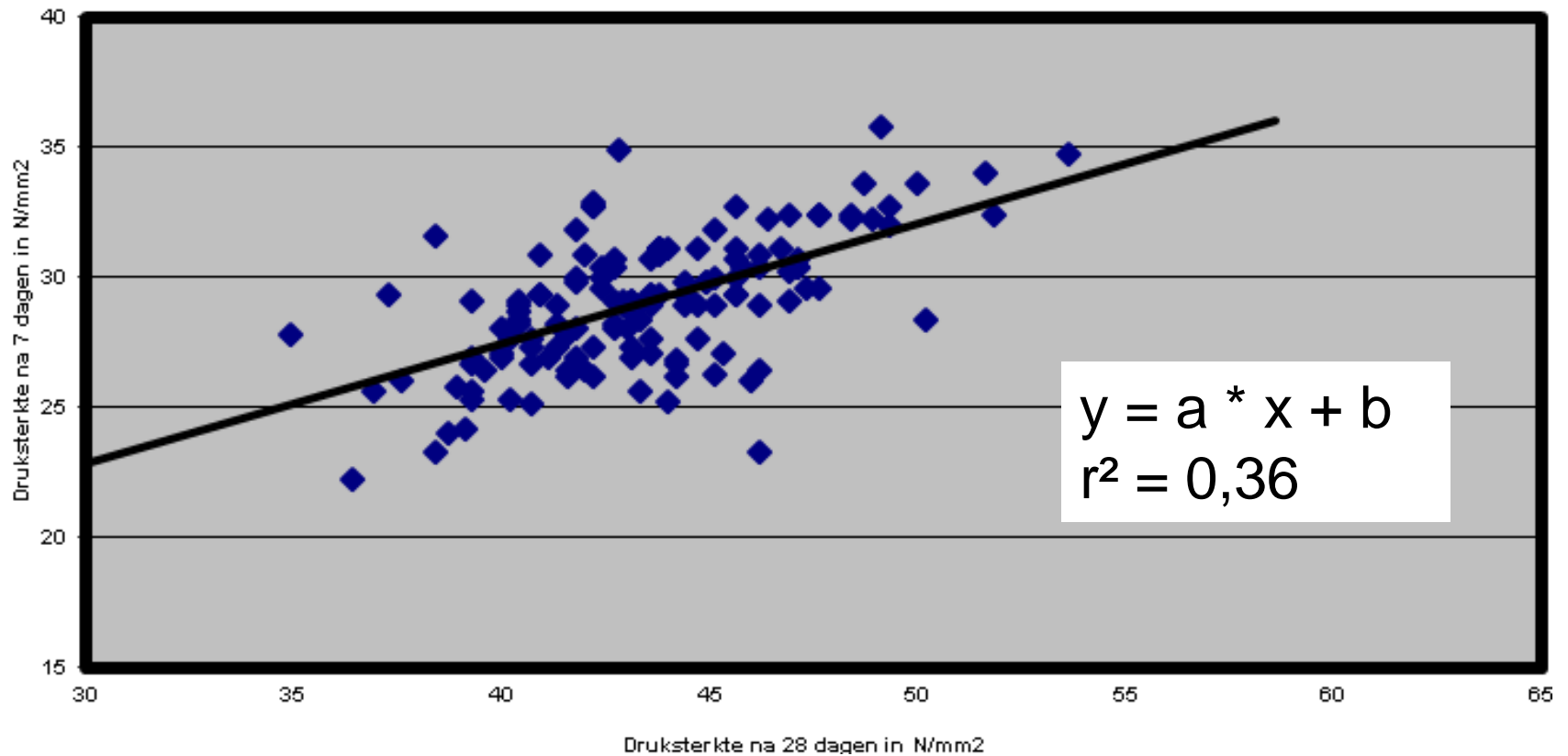
Trends

Gem. betondruksterkte na 28 dagen in 2011



Correlatie

Correlatiegrafiek van de betondruksterkte na 7 en 28 dagen

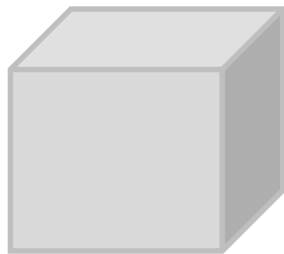


Variabelen

- Een variabele is bijvoorbeeld de kubusdruksterkte
- Discrete variabelen: alleen hele getallen



- Continue variabelen: elke denkbare waarde



Weergave: histogram

Hoe geven we veel meetgegevens handig weer?

→ Histogram

- Grafiek met frequentie (y-as) per klasse (x-as)
- Bereken het aantal klassen als \sqrt{n} (n = aantal meetwaarden)
- Bereken de klassegrootte uit:
(hoogste waarde – laagste waarde) / aantal klassen
- Bepaal het aantal keren (frequentie) dat een meetwaarde in de betreffende klasse valt

Oefenopgave

Druksterkte
van 100
proefstukken
(N/mm²):

56	54	52	57	54	52	55	56	58	52
55	56	59	55	56	57	59	58	57	58
59	57	55	53	57	56	57	53	56	56
53	60	50	59	54	57	51	55	56	54
55	57	56	58	56	53	55	56	54	55
54	51	56	57	58	55	52	54	55	53
60	58	59	54	53	61	60	58	61	59
57	53	55	56	55	58	54	57	54	57
56	58	52	60	55	55	62	56	57	54
58	58	59	53	54	60	58	57	59	56

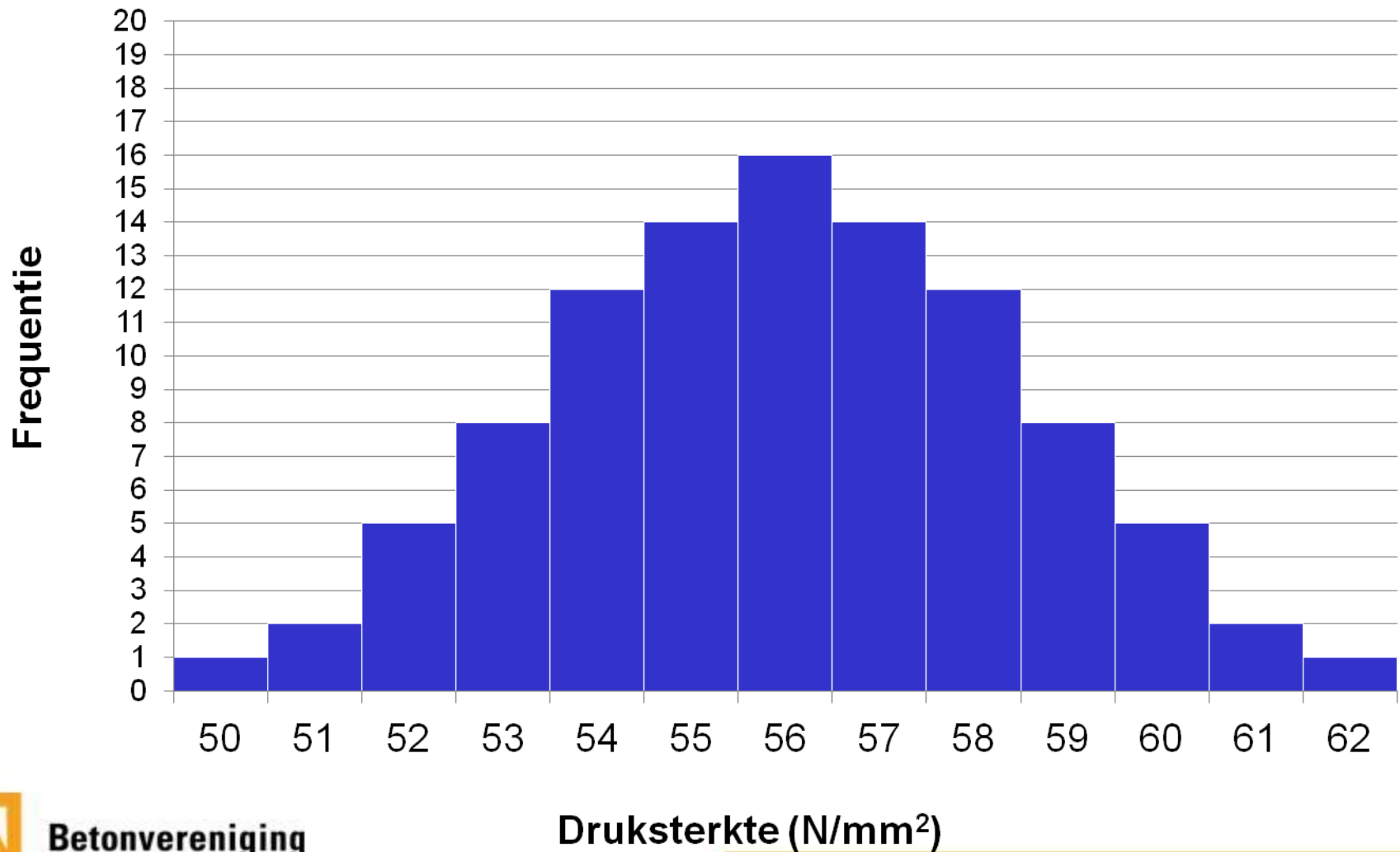
Maak hiervan een histogram !

Klassenbreedte = 1

Minimaal 52 maximaal 62

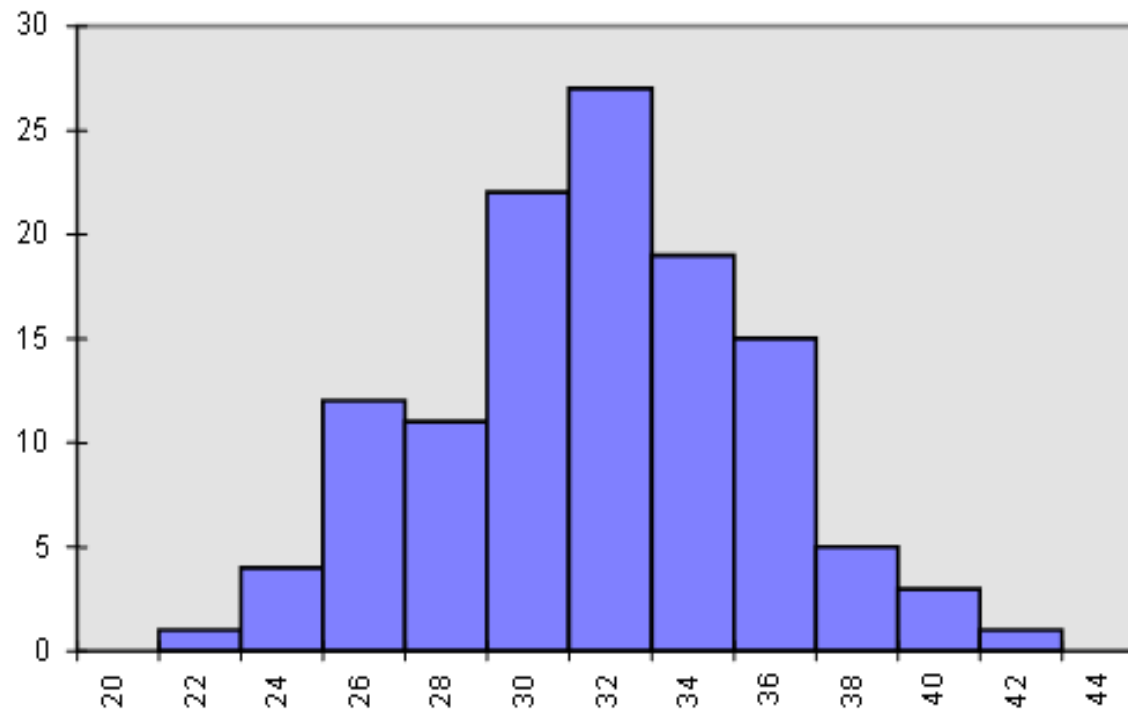
Oplossing

Histogram



Frequentieverdeling of histogram

Resultaten druksterkte van 120 kubussen (realistisch)



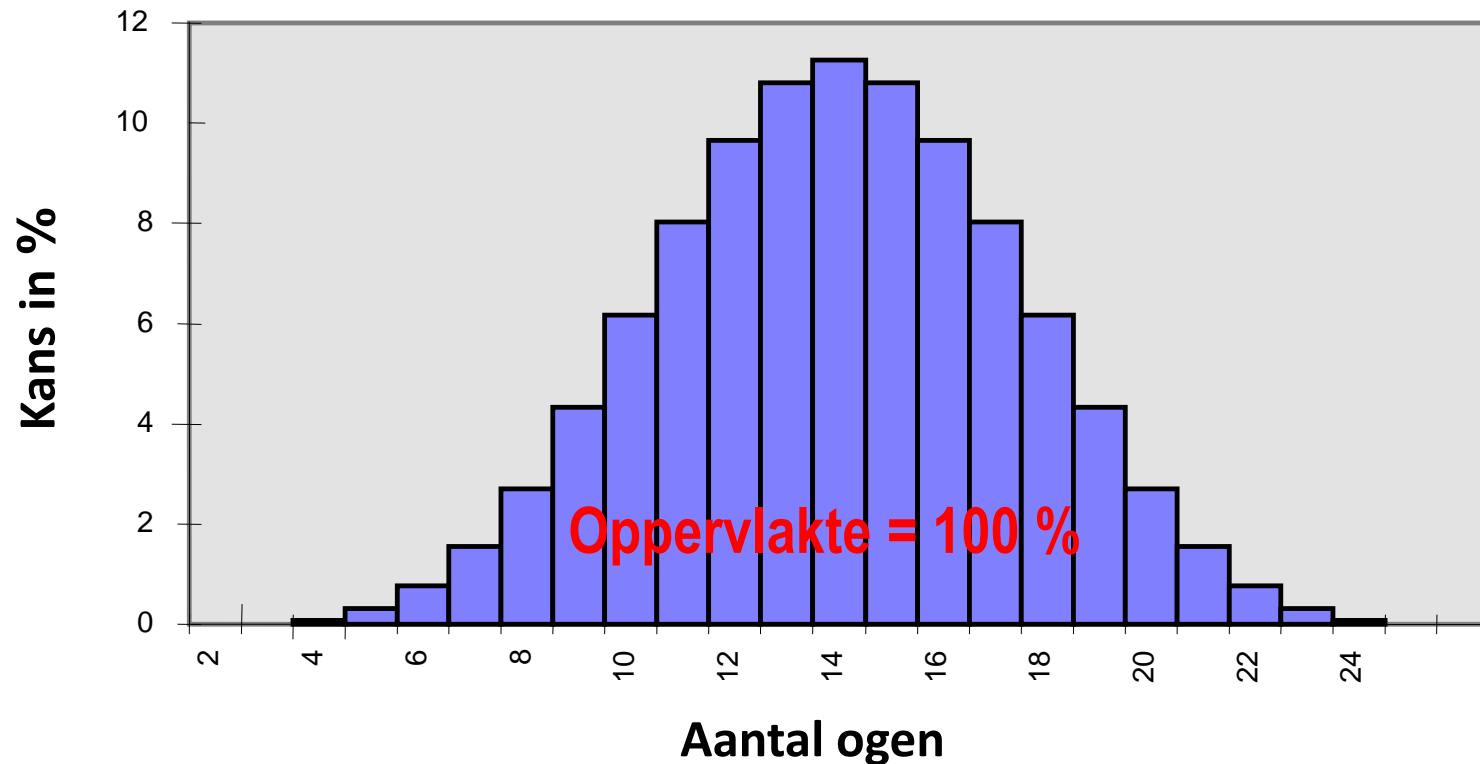
Frequentieverdeling

Verschillen in kubusdruksterkte rondom een gemiddelde waarde als gevolg van allerlei **toevallige invloeden**:

- verschillen in de kubussen inwendig (grind, zand, cement en water niet in elke kubus op zelfde plek)
- verschillen in grondstoffen (per levering)
- verschillen in monsterneming (tijdstip, persoon e.d.)
- hierdoor spreiding in de resultaten
- spreiding van resultaten is 'normaal verdeeld'

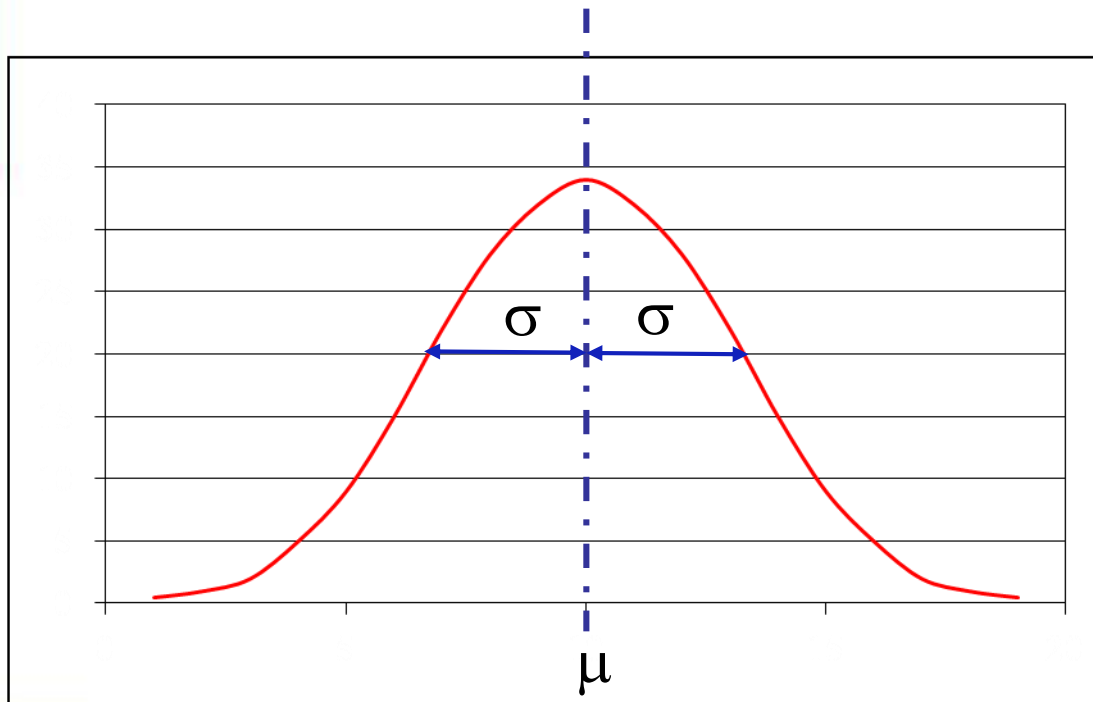
Frequentieverdeling som van worp met 4 dobbelstenen

Kansverdeling



Normale verdeling

Wanneer zeer veel meetwaarden worden verzameld ontstaat een beeld van de populatie en neemt het histogram de vorm aan van een “klok”: de normale verdeling of “Gauss-kromme”



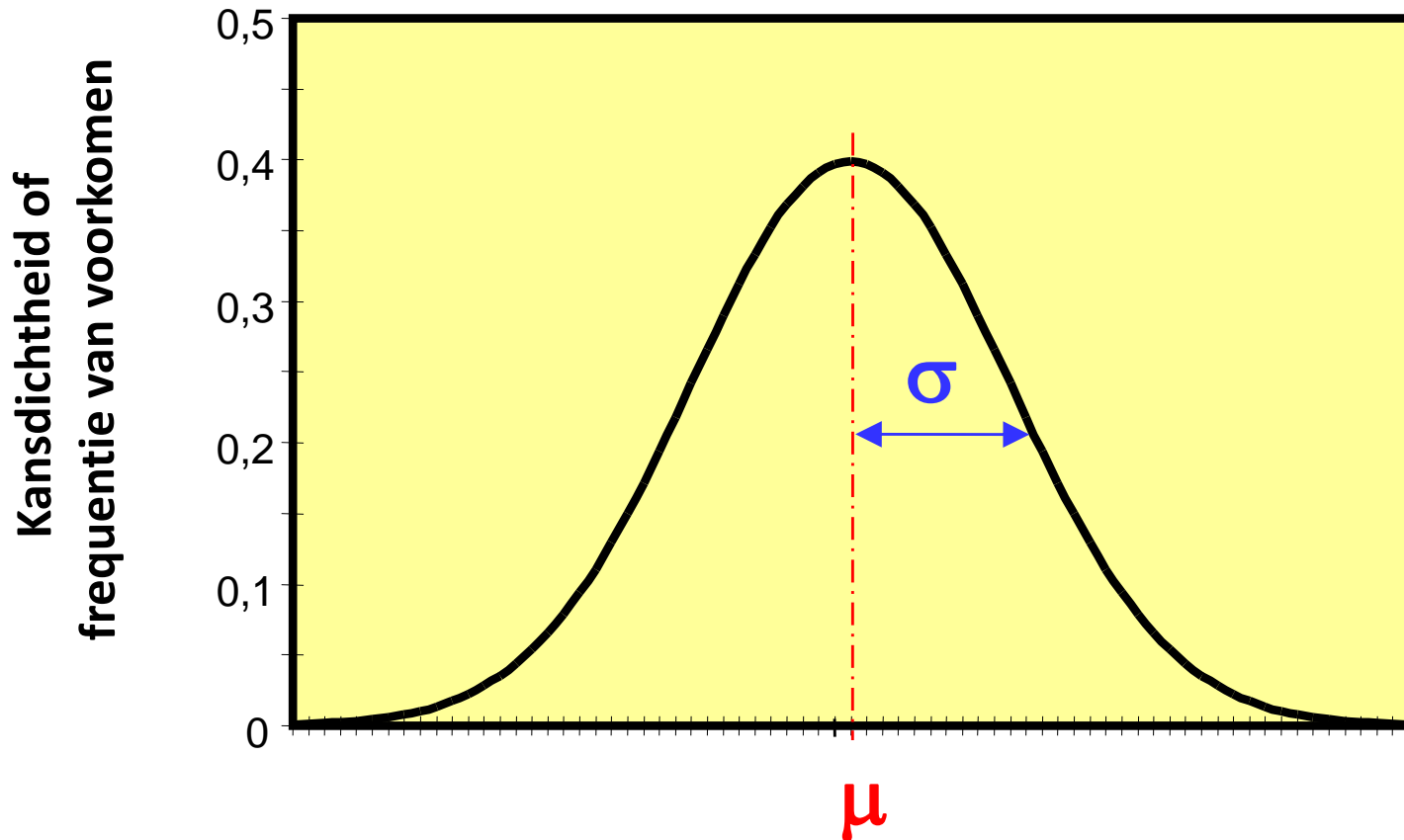
μ = gemiddelde

σ = standaardafwijking

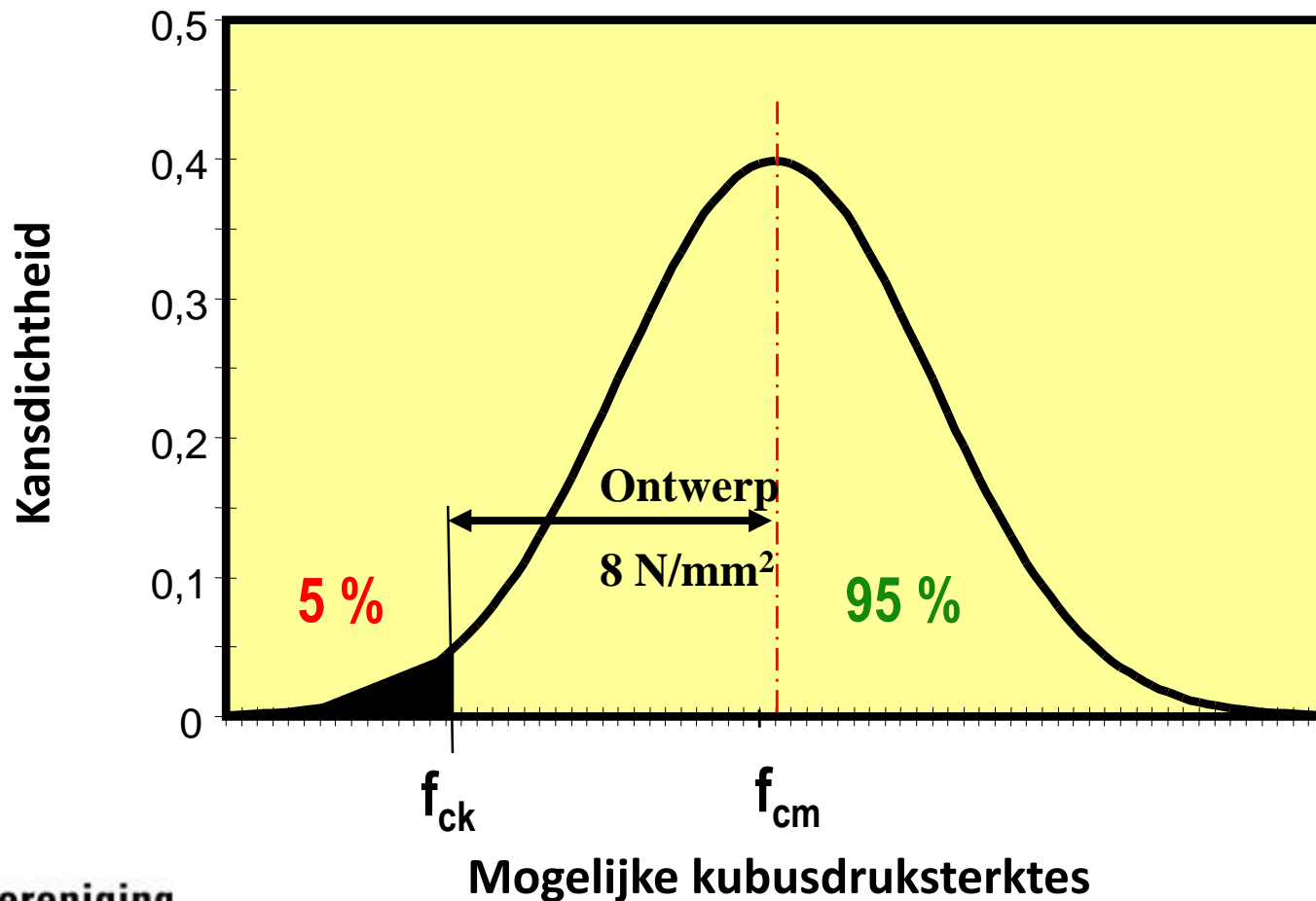
!!! van de populatie !!!

Oppervlak = kans

De normale verdeling

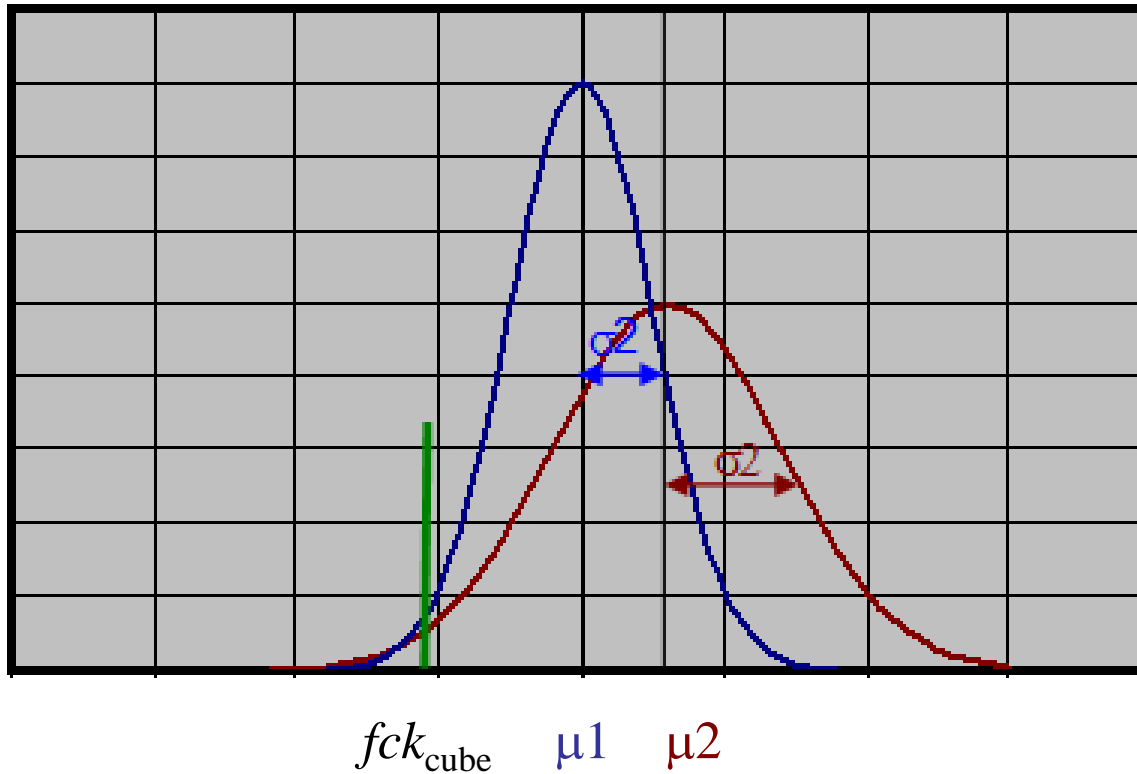


Normale verdeling van kubusdruksterkten



Populatie kubusdruksterkten

Populaties met verschillende μ en σ



Betonspecie

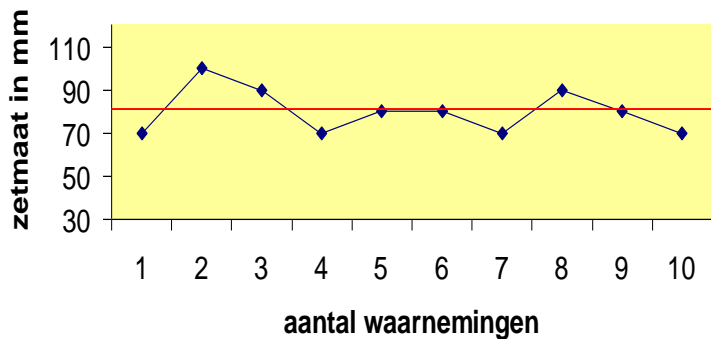
consistentieklasse S2 : (50 – 90 mm)

Zetmaten betoncentrale 1

70
100
90
70
80
80
70
90
80
70
90
80
70
—
X1 = 80

$$S = 10,5$$

Zetmaat betoncentrale 1

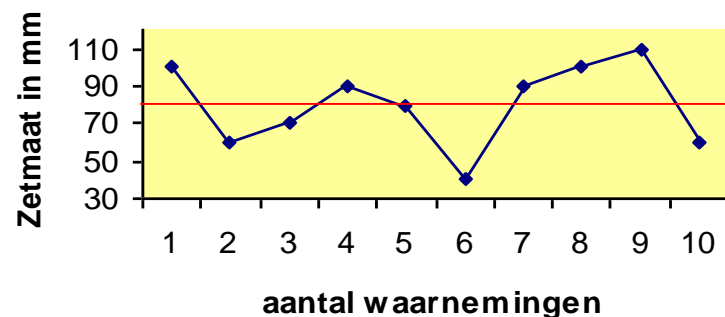


Zetmaten betoncentrale 2

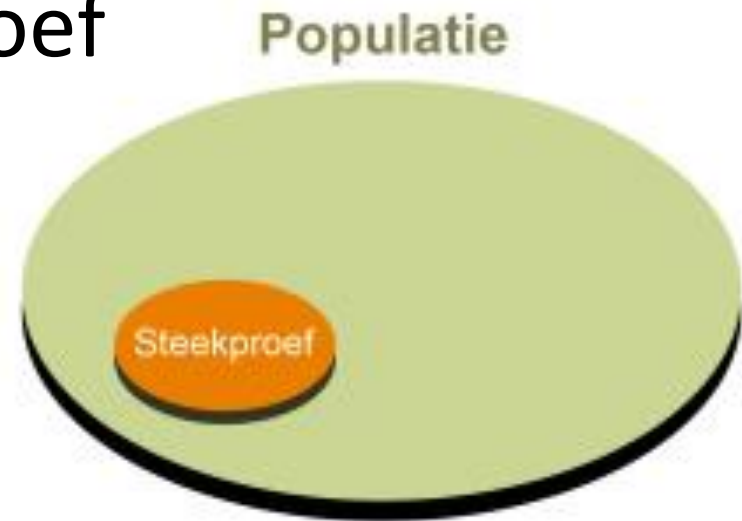
100
60
70
90
80
40
90
100
110
60
—
X2 = 80

$$S = 22,1$$

Zetmaat betoncentrale 2



Populatie - steekproef



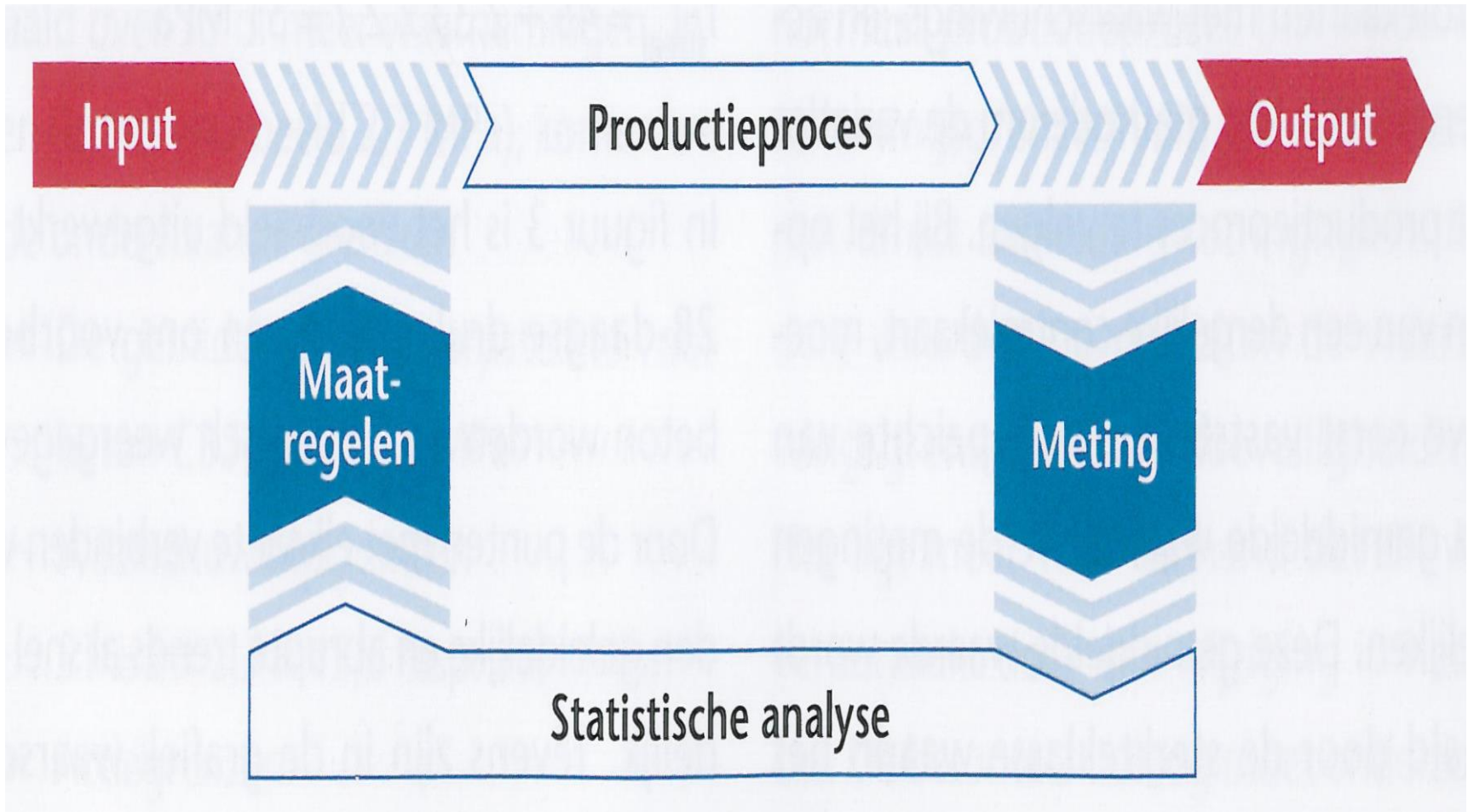
- **populatie:**
verzameling van alle theoretisch te verwachten meetresultaten
- **steekproef:**
dàt deel van de populatie dat gemeten wordt

Populatie / steekproef

Stel ik wil weten of ik korter of langer ben dan de gemiddelde mens. Hoe kom ik dit te weten?

- Meeteenheid: mm
- Gemiddelde lengte van alle mensen: populatie / aantal
- Knelpunt: populatie is zeer groot (+/- 6 miljard) en verandert continu
- Oplossing: neem slechts een gedeelte, bijvoorbeeld iedereen in dit lokaal – steekproef
- Knelpunt: niet representatief en te klein
- Oplossing: neem iedereen in Nederland (steekproef)
- Knelpunt: wel groot, maar niet representatief

Statistische procescontrole



Niet in cursus bbt

Keuren en controleren van beton

- Monstername
- Grondstoffen
- Betonspecie
- Verhardend beton
- Verhard beton gemeten aan proefstukken
- Verhard beton gemeten aan producten

Monstername

- **Genormeerd in NEN-EN 12350-1 (betonspecie)**
- **Belangrijk dat monsters:**
 - onafhankelijk van elkaar worden genomen (afzonderlijke lading)
 - representatief zijn voor de lading
 - op de juiste plaats worden genomen (afleverpunt)
 - voldoende groot zijn
 - niet verontreinigd raken bij het nemen
 - tijdens transport worden beschermd
 - binnen korte tijd worden uitgewerkt

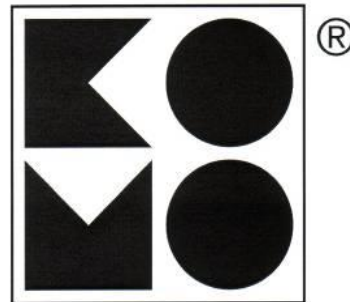


Grondstoffen

- Cement NEN-EN 197-1/ NEN 3550
- Toeslagmateriaal NEN-EN 12620 en 13055
- Aanmaakwater NEN-EN 1008
- Hulpstoffen NEN-EN 934-2
- Vulstoffen NEN-EN 450 (vliegas)



0956



Beperkt zich veelal tot controle afleverbon



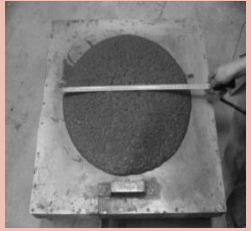
Betonspecie

- Consistentie
- Andere verwerkbaarheidseigenschappen
- Luchtgehalte
- Water-cementfactor
- (Volumieke massa)

Consistentieklassen NEN-EN 206 + NEN 8005

Controle en keuring van de consistentie

Consistentieklassen – traditioneel beton

Aanduiding	Verdichtingsmaat C NEN-EN 12350-4		Vebetijd V NEN-EN 12350-3		Zetmaat S NEN-EN 12350-2		Schudmaat F NEN-EN 12350-5	
	Sym	[-]	Sym	[sec]	Sym	[mm]	Sym	[mm]
Rood = NEN 8005								
Droog	C0	≥ 1,46	V0	≥ 31				
Aardvochtig	C1	1,45 - 1,26	V1	30 - 21	S1	10 - 40	F1	≤ 340
Half plastisch	C2	1,25 - 1,11	V2	20 - 11	S2	50 - 90	F2	350 - 410
Plastisch	C3	1,10 - 1,04	V3	10 - 6	S3	100 - 150	F3	420 - 480
Zeer plastisch			V4	5 - 3	S4	160 - 210	F4	490 - 550
Vloeibaar					S5	≥ 220	F5	560 - 620
Zeer vloeibaar							F6	≥ 630

Beproeven van betonspecie

Verdichtingsmaat



Zetmaat

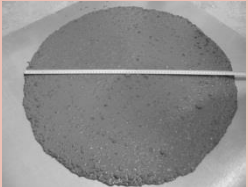

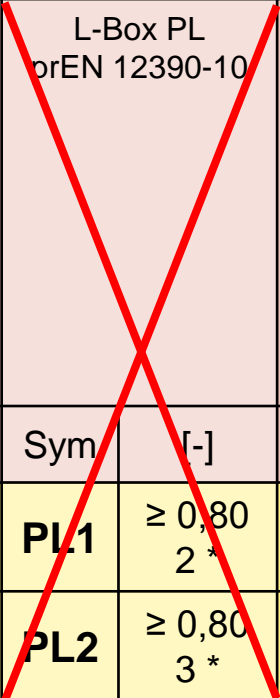
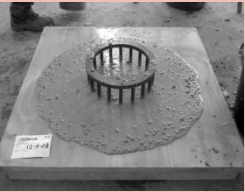



Schudmaat



Consistentieklassen ZVB

Consistentieklassen – zelfverdichtend beton

Plasticiteit		Viscositeit				Blokking				Stabiliteit	
Vloeimaat SF prEN 12350-8		T ₅₀₀ VS prEN 12350-8		Trechtertijd VF prEN 12350-9		L-Box PL prEN 12390-10		J-Ring PJ prEN 12390-12		Segregatie SR prEN 12390-11	
											
Sym	[mm]	Sym	[sec]	Sym	[sec]	Sym	[-]	Sym	[mm]	Sym	[%]
SF1	550-650	VS1	≤ 2	VF1	< 9	PL1	≥ 0,80 2 *	PJ1	≤ 10 12*	SR1	≤ 20
SF2	660-750	VS2	3-6	VF2	9-25	PL2	≥ 0,80 3 *	PJ2	≤ 10 16*	SR2	≤ 15
SF3	760-850										

Vloeimaat en trechtertijd

Vloeimaat



Trechtertijd



Overige eigenschappen

Blokkeringsmaat



J-ring

Ontmenging



Zeefsegregatietest

Luchtgehalte

Drukvatmethode



Verdringingsmethode



Water-cementfactor

Droogproef:

Na sluiten
binnen 15
minuten weer
op minstens
350 graden

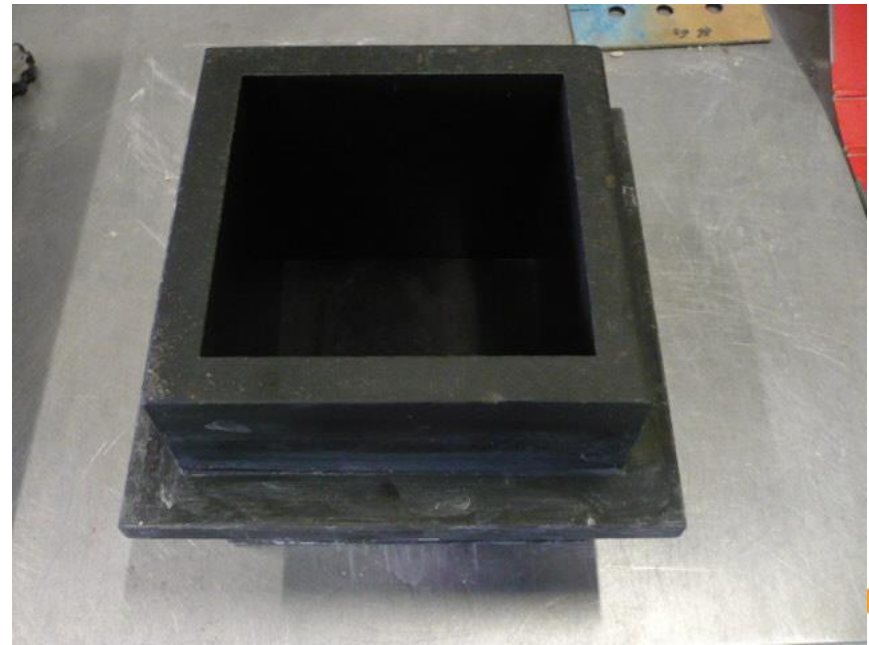


Volumieke massa betonspecie

Vat met vast volume:

- Luchtvat - 8 liter
- Kubusmal: 3,375 liter

Gewicht bepalen en delen door volume



Verhardend beton

1. Verhardingsproef
2. Verhardingsproef met temperatuurregeling
3. Methode gewogen rijpheid
4. Terugslaghamer

1. Verhardingsproef

Kubus(sen) aanmaken en deze bij de constructie plaatsen

Voordeel:

- eenvoudig

Nadeel:

- andere sterkte-ontwikkeling
- na drukken geen kubus meer



2. Verhardingsproef met ΔT -regeling

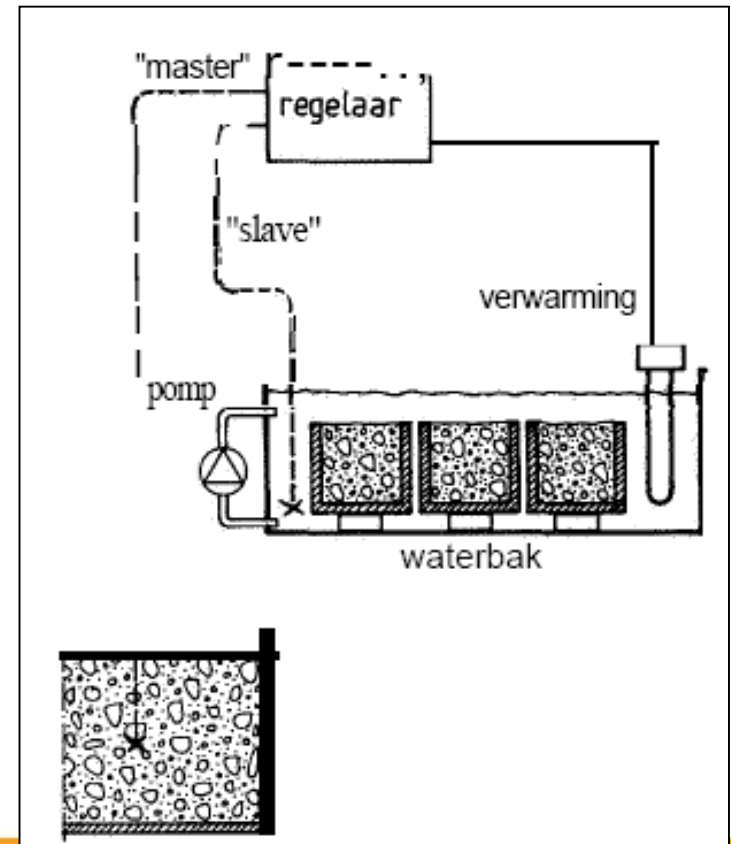
Kubus(sen) aanmaken en deze in een temperatuurgestuurde waterbak plaatsen

Voordeel:

- dicht bij sterkte-ontwikkeling

Nadeel:

- Temperatuurregeling nodig
- na drukken geen kubus meer



3. Methode gewogen rijpheid

Temperatuurontwikkeling
meten in de constructie

Voordeel:

- werkelijke sterkte-ontwikkeling
- continu meten mogelijk

Nadeel:

- rijpheidsmeter nodig
- ijkgrafiek nodig



4. Terugslaghamer

Meten van oppervlaktehardheid (terugslagwaarde)

Voordeel:

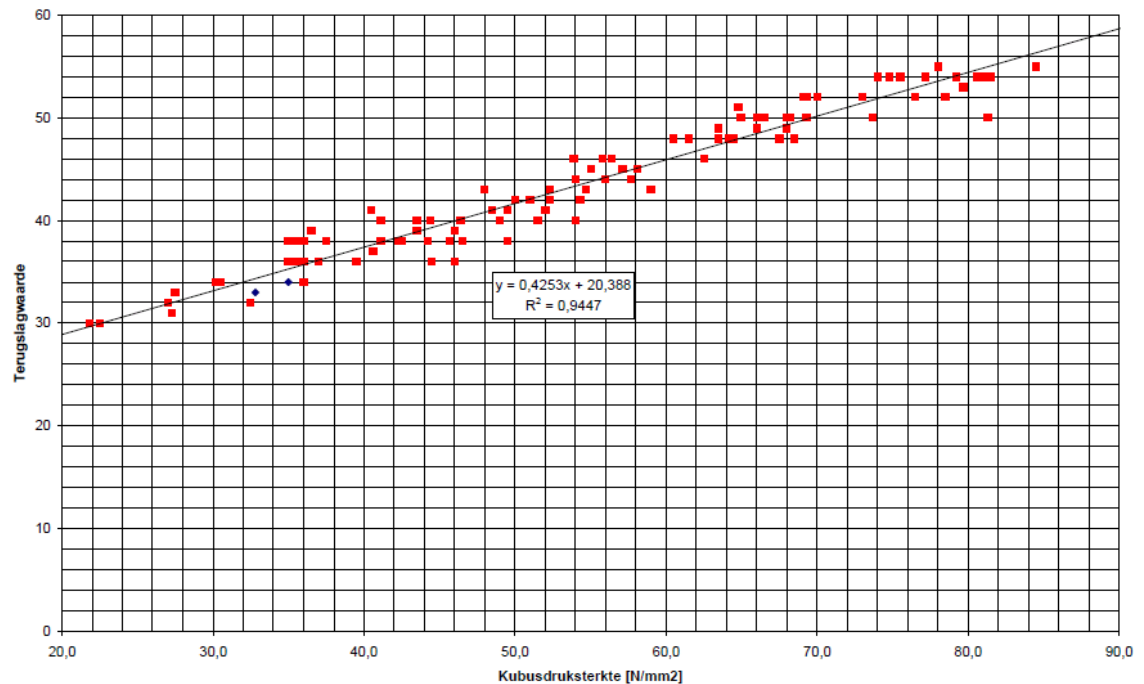
- niet-destructief
- op product

Nadeel:

- correlatiegrafiek nodig



Exterra B.V. (PDF-versie)
Correlatielijn terugslagwaarde - kubusdruksterkte
(terugslaghamer: Matest, serienummer: 2G0063)



Verhard beton

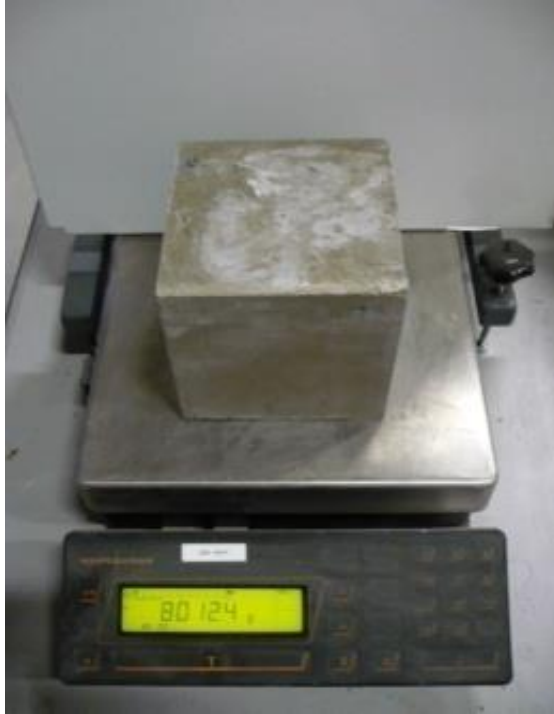
- Kubusdruksterkte
- Volumieke massa
- Buigtreksterkte
- Splijttreksterkte
- (Waterindringing)
- Elasticiteitsmodulus
- Versnelde chloride-indringing
- (Vorst-dooizout bestandheid)
- (carbonatatie)

Kubusdruksterkte



- Geijkte drukbank
- Bolscharnier vrij bewegen
- Vlakke platen
- Druksnelheid juist instellen ($0,6 \pm 0,2 \text{ Mpa / s}$)
- Juiste berekening druksterkte (correctie hoogte/diameter, riblengte, afmetingen)

Volumieke massa



- Massa bepalen en afmetingen of gewicht onder water.
- Bij lichtbeton kubus ovendroog maken

Buigtreksterkte



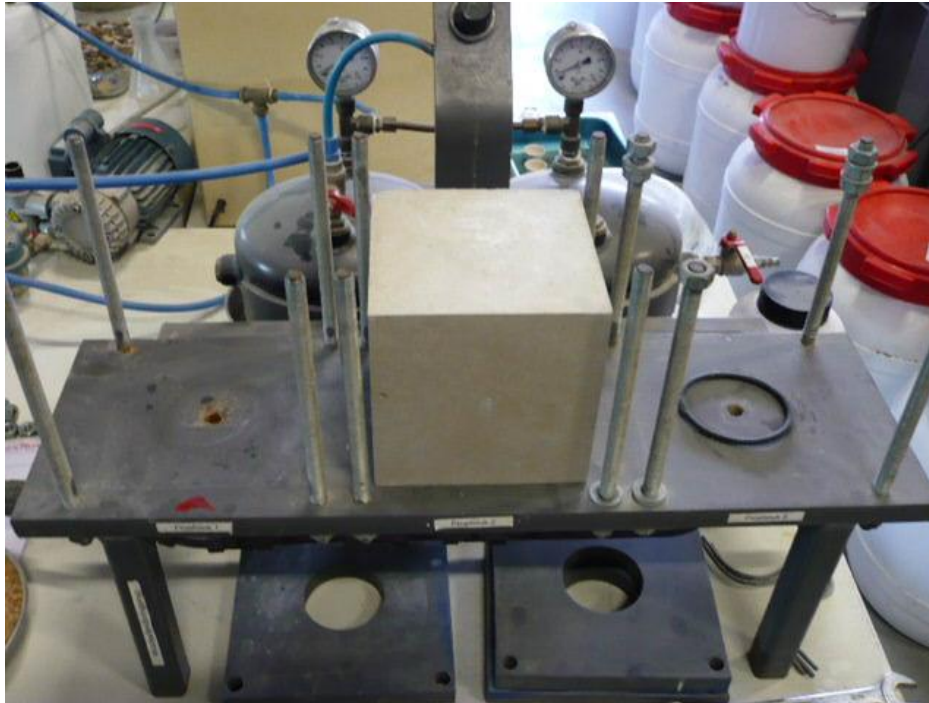
- Beproeven van balken
- Drie- of vierpuntsbuigproef
- Vezels: inclusief doorbuiging

Splijttreksterkte



- Gebruik van voorgeschreven hardboard latjes
- Hulpstuk met ronde of vierkante steunen
- Standaard op cilinders

Waterindringing



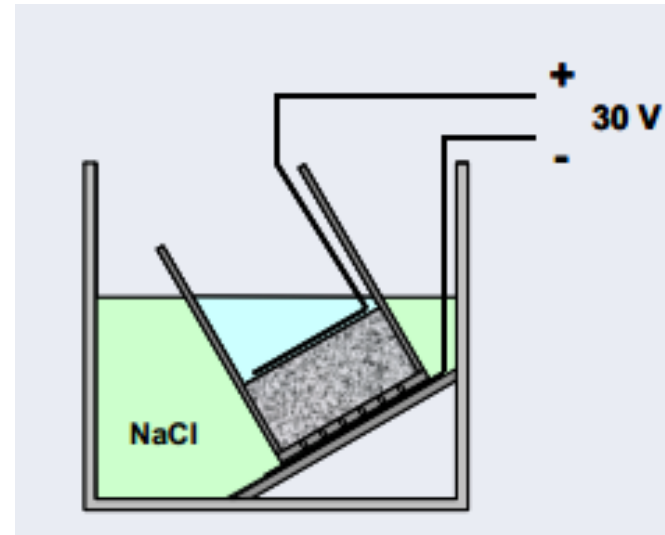
- Kubus 150x150x150 mm³
- 5 bar druk gedurende 72 uur
- Slijten en indringdiepte bepalen

Elasticiteitsmodulus



- Verschillende proefmethodes (bijvoorbeeld RILEM)
- Aantal keren belasten en langzaam ontlasten
- Kracht versus verkorting meten

Chloride indringing



- Scandinavische proef volgens NT-Build
- chloride-diffusie coëfficiënt wordt bepaald

Vorst/dooi-zout bestandheid



- Scandinavian slab test
- 28 of 56 cycli van +20 °C naar -20 °C in 1 dag
- Geen geharmoniseerde proef

Carbonatatie



- Proef op kubussen
- Bepaald klimaat met CO₂ belasting
- Geen geharmoniseerde proef

Betonstraatstenen

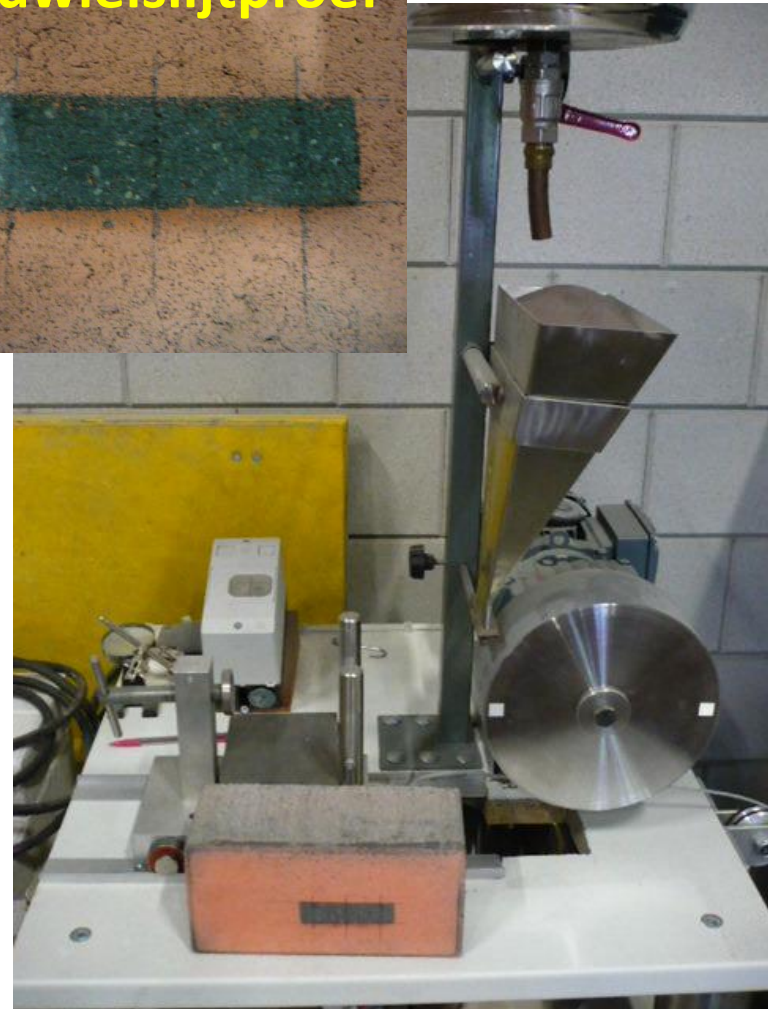
Splijttreksterkte



Breedwielslijtproef



Vorst/dooi-zout
bestandheid



Rioolbuizen

Kruindruksterkte

Druksterkte

Buigtreksterkte

Waterdichtheid



Kanaalplaatvloeren



Buigtreksterkte