

2021 • 2022

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

## Masterthesis

Droogtijdbeperking van gietdekvloeren gebonden met  
calciumsulfaat (anhydriet)

PROMOTOR :

Prof. dr. ir. Jose GOUVEIA HENRIQUES

PROMOTOR :

Dhr. Emiel VAN RUMST

COPROMOTOR :

Dhr. Thibaud VAN RUMST

Michaël Ramaekers

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Gezamenlijke opleiding UHasselt en KU Leuven



KU LEUVEN



KU LEUVEN

2021 • 2022

Faculteit Industriële Ingenieurswetenschappen  
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

## Masterthesis

Droogtijdbeperking van gietdekvloeren gebonden met  
calciumsulfaat (anhydriet)

**PROMOTOR :**

Prof. dr. ir. Jose GOUVEIA HENRIQUES

**PROMOTOR :**

Dhr. Emiel VAN RUMST

**COPROMOTOR :**

Dhr. Thibaud VAN RUMST

## Michaël Ramaekers

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: bouwkunde



**KU LEUVEN**



# Droogtijdbeperking van gietdekvloeren gebonden met calciumsulfaat (anhydriet)

*Literatuurstudie masterproef  
2020-2021*



*Interne promotor*

Prof. dr. ir. Jose GOUVEIA HENRIQUES

*Externe promotoren*

Lic. Emiel Van Rumst

Thibaud Van Rumst

Michaël Ramaekers

*Universiteit van Hasselt, KU Leuven, IIW bouwkunde*



**SEGHERS SETISOL**

CHAPE | PARKET | VLOERISOLATIES | VLOEIVLOEREN



**wtcb.be**

Onderzoekt • Ontwikkelt • Informeert

## Voorwoord

Het doel van deze masterproef is om een samenstelling te vinden die dienst kan doen als een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer waarbij de droogtijd uitermate gereduceerd is zonder in te boete aan de sterktevoordelen die anhydriet heeft. Het veld van gietdekvloeren op basis van calciumsulfaat is een interessante wereld. Er is veel geweten en veel niet. Calciumsulfaat of anhydriet is een materiaal wat niet zo gekend is als bijvoorbeeld cement of beton. Dat maakt een onderzoek enerzijds zeer interessant, maar ook zeker niet zo gemakkelijk. Informatie is vaak schaars of uiteenlopend.

Er is een diepgaande literatuurstudie uitgevoerd om zoveel mogelijk grip te krijgen op de mechanische en chemische processen die gepaard gaan met droging. De parameters die de droging beïnvloeden staan dikwijls niet op zichzelf. Verschillende factoren die op elkaar inwerken vormen de uitdaging van dit onderzoek. Door praktische proeven in een labo uit te voeren en effectief samenstellingen te maken is er getracht een samenstelling te vinden die beantwoordt aan deze onderzoeksvraag. Er is gekeken naar toevoegsels of een combinatie van toevoegsels die samen met de opbouw van de basisbestanddelen leiden tot een kortere droogtijd.

Het onderwerp van dit onderzoek is voorgesteld door het bedrijf Seghers-Setisol. Zij produceren anhydrietgebonden gietdekvloeren en hebben praktische kennis. Ik wil hierbij de gelegenheid nemen om mijn externe promotoren Emiel en Thibaud Van Rumst te bedanken voor hun bijdrage die zich vertaalde in kennis als in het fysiek aanleveren van producten. Het labo-onderzoek is uitgevoerd onder de deskundige begeleiding van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf. Daarom wil ik in het bijzonder Niels Hulsbosch bedanken voor zijn paraatheid en inzichten in de materie. Graag wens ik ook een dankwoord te richten aan Laurent Clabots voor de praktische uitvoering van de proeven. Er zijn eveneens heel wat begane mensen met het onderwerp die zelf onderzoek voeren, hen wil ik bedanken voor hun bijdrage aan het verrijken van mijn kennis en het richting geven van het onderzoek. Hierbij denk ik aan Diederik Bal, Jeroen Gravemaker en Geert Van Lokeren. Bijna laatst, maar niet van de minste, wil ik van de gelegenheid gebruik maken om mijn interne promotor uitvoerig te bedanken voor zijn geduld, prof. dr. ing. Jose Gouveia Henriques.

Tot slot wens ik ook mijn familie en vrienden te bedanken voor hun steun tijdens het opstellen van deze masterproef. Zonder de hulp van al deze mensen was dit onderzoek niet tot stand kunnen komen.

Michaël Ramaekers

21/01/2022, Hasselt



## Inhoud

I.	Inleiding.....	16
1	Situering.....	17
2	Probleemstelling.....	18
3	Doelstellingen.....	18
4	Materiaal en methode.....	19
II.	Literatuurstudie .....	21
5	Calciumsulfaat of anhydriet .....	23
5.1	Een rijke geschiedenis .....	23
5.2	Een geologische oorsprong.....	24
5.3	Een chemische verbinding .....	27
5.3.1	Natuurgips.....	27
5.3.2	RO-gips.....	29
5.3.3	Fluorgips .....	30
5.3.4	Fosforgips .....	30
5.3.5	Andere vormen.....	30
6	Gietdekvloer .....	31
6.1	Opbouw.....	31
6.2	Bindmiddel.....	32
6.3	Anhydrietgebonden t.o.v. cementgebonden gietdekvloer .....	32
6.4	Zand.....	32
6.5	Water .....	36
6.5.1	Oppervlaktewater .....	36
6.5.2	Capillair water .....	36
6.5.3	Gebonden water.....	36
6.5.4	Kristalwater .....	36
6.6	Hydratatieproces .....	37
6.6.1	Hydraulisch bindmiddel .....	37
6.6.2	Hydratatiereactie .....	37
6.7	Droogproces.....	37
6.7.1	Droogsnelheid.....	37
6.7.2	Porositeit.....	39
6.7.3	Droging door capillariteit.....	40
6.7.4	Droging door diffusie .....	44
6.8	Restvochtgehalte .....	46
6.9	Toevoegsels.....	46
6.10	Hydrofoob middel.....	48



6.11	Poreus middel .....	49
6.12	Dispersiemiddel.....	49
6.13	Kant-en-klare bindmiddelen.....	50
7	Meettechnieken en toestellen .....	50
7.1	Mixer .....	50
7.2	Mallen .....	51
7.3	Klimaatkamer .....	53
7.4	Gravimetrische weging .....	53
7.5	Calcium carbid methode.....	54
7.6	De vloeimaat .....	54
7.7	Driepuntsbuigproef.....	55
7.8	Drukproef .....	57
7.8.1	Factoren die de druksterkte beïnvloeden.....	59
III.	Proeven .....	61
8	Beschrijving.....	62
9	Gebruikte materialen .....	63
9.1	Gebruikt anhydriet.....	63
9.1.1	Gyvlon Classic 20 .....	63
9.1.2	Casea Raddiplus T.....	63
9.2	Gebruikt zand.....	64
9.2.1	Zand WTCB .....	64
9.2.2	Zand Seghers-Setisol.....	65
9.3	Gebruikte toevoegsels.....	66
9.3.1	Hydrofoob middel .....	66
9.3.2	Poreus middel .....	67
9.3.3	Dispersiemiddel.....	67
10	Bepaling hoeveelheid proefstukken .....	69
11	Bepaling van de samenstellingen.....	70
11.1	Aanzet tot de bepaling van de samenstellingen uit referenties .....	71
11.2	Bepaling van de samenstellingen zonder toevoegsels .....	75
11.2.1	EXP1.....	75
11.2.2	EXP2 en 3.....	76
11.2.3	REFG .....	77
11.2.4	EXPG2.....	77
11.2.5	EXPG1.....	78
11.2.6	REFC .....	78
11.2.7	EXPC1 .....	79

11.2.8	EXPC2 .....	79
11.3	Bepaling van de samenstellingen met toevoegsels .....	80
12	Planning van de proeven .....	81
13	Uitvoering .....	81
13.1	Afwegen van de hoeveelheden .....	81
13.2	Van mengen tot gieten van de samenstellingen .....	83
13.3	Waarnemingen en getrokken lessen .....	86
14	Resultaten .....	88
14.1	Resultaten CCM-meting .....	88
14.2	Resultaten gravimetrisch wegen.....	90
14.3	Resultaten vloeimaat-, buigtrek- en drukproef .....	94
15	Analyse.....	100
15.1	Analyse van de samenstellingen .....	100
15.1.1	Analyse van de bekomen vloeimaten .....	100
15.1.2	Effect van hydrofoob middel op de vloeimaat .....	101
15.2	Analyse resultaten CCM-meting .....	103
15.3	Analyse resultaten gravimetrisch wegen .....	108
15.4	Analyse resultaten buigtrek- en druksterkte.....	116
15.5	Keuze zandsoort en korrelgrootte.....	118
16	Conclusie.....	120
17	Bibliografie.....	121



## Figurenlijst

Figuur 1: Piramide van Cheops (links) en piramide van Chefren (rechts).	23
Figuur 2: Anhydriet [17]	24
Figuur 3: Ontgonnen gips [18].	24
Figuur 4: Evolutie in belangrijkste landen aangaande gipsontginning [20].	26
Figuur 5: Kristalstructuren die stabiel zijn bij kamertemperatuur. De modellen zijn gepresenteerd met behulp van VESTA (Visualisation for Electronic and Structural Analysis) [21].	28
Figuur 6: Orthorombische kristalstructuur [24].	29
Figuur 7: Hechtende dekvloer [36].	31
Figuur 8: Niet-hechtende dekvloer [36].	31
Figuur 9: Zwevende dekvloer [36].	31
Figuur 10: Dekvloer met vloerverwarming [36].	31
Figuur 11: Onderlaag [36].	31
Figuur 12: Voorbeeld van een korrelverdelingscurve.	34
Figuur 13: Hydratatiereactie van verschillende soorten anhydriet of hemi-hydraat [50].	37
Figuur 14: Grafiek van de droogsnelheid in functie van de droogtijd [50].	38
Figuur 15: Karakteristieke vochtparameters [51].	39
Figuur 16: Schematische voorstelling van capillaire werking in een buis en doorheen grove en fijne granulaten [55].	40
Figuur 17: Schematische voorstelling van gebonden water, capillair water en water in gasvorm rondom granulaten [51].	43
Figuur 18: Schematische voorstelling van capillaire werking met gasdruk $P_g$ , vloeistofdruk $P_l$ , drukspanning $\sigma_{ig}$ en hoek $\gamma$ [57].	43
Figuur 19: Diffusie van waterdamp van een hoge naar een lage concentratie [62].	44
Figuur 20: Het diagram van Mollier [63].	45
Figuur 21: Grafiek van het gepatenteerd onderzoek van Knauff tussen verschillende toevoegsels [67].	47
Figuur 22: Grafiek van het gepatenteerd onderzoek van Knauff ter bepaling van het ideaal massapercentage van het hydrofoob middel om snelle droging te bekomen met grenswaarden 0,5 en 1,0% CM [67].	47
Figuur 23: Grafiek van het gepatenteerd onderzoek van Knauff ter bepaling van het ideaal massapercentage van het hydrofoob middel om voldoende buigtrek- en druksterkte te bekomen [67].	48
Figuur 24: Kom (nr. 1) en schoep (nr. 2) van de mixer, maten in mm (NBN EN 196-1: 2016).	51
Figuur 25: Schematische voorstelling van een mal met afmetingen en toleranties, maten in mm. (NBN EN 196-1: 2016).	52
Figuur 26: Mal volgens NBN EN 196-1: 2016.	52
Figuur 27: Mal van geëxpandeerd polystyreen.	53
Figuur 28: Afgeknotte kegel uit messing om de vloeimaat te bepalen (NBN EN 1015-3:1999).	55
Figuur 29: Positionering en afmetingen van de steunpunten voor het bepalen van de buigtreksterkte, maten in mm. (NBN EN 196-1:2016)	56
Figuur 30: Foto van de driepuntsbuigproef in de praktijk.	56
Figuur 31: Toestel om de druksterkte te testen (NBN EN 196-1: 2016).	58
Figuur 32: Foto van de positionering voor de drukproef in de praktijk.	58
Figuur 33: Gyvlon Classic 16 & 20.	63
Figuur 34: Casea Raddiplus T.	64
Figuur 35: Het zand van het WTCB.	64
Figuur 36: Zeefkromme van gecumuleerde resten van het zand van het WTCB.	65

Figuur 37: Zand van Seghers-Setisol. ....	65
Figuur 38: Zeefkromme van gecumuleerde resten van het zand van Seghers-Setisol.....	66
Figuur 39: Hydrofoob middel Akemi Natura Impregnator. ....	67
Figuur 40: Poreus middel puimsteen. ....	67
Figuur 41: Dispersiemiddel Remix Multipol.....	68
Figuur 42: Segregatie of ontmenging van de anhydrietgebonden samenstelling. ....	70
Figuur 43: Afwegen van het hydrofoob middel met gebruik van pipet. ....	81
Figuur 44: Afwegen van het dispersiemiddel (a en b).....	82
Figuur 45: Afwegen van het calciumsulfaat bindmiddel, het zand en het poreus middel.....	82
Figuur 46: Afwegen van het toe te voegen water.....	83
Figuur 47: Mortelmenger van het WTCB [80]. ....	84
Figuur 48: Schoep die gebruikt is om te mengen.....	84
Figuur 49: Kegels van Hägermann.....	85
Figuur 50: Met mengsel gevulde kegel van Hägermann. ....	85
Figuur 51: Uitgevloeid mengsel waarvan de vloeimaat wordt genomen.....	85
Figuur 52: Volgieten van de mallen met het mengsel. ....	86
Figuur 53: Afdekken van mallen met plastic. ....	86
Figuur 54: Grafiek van droogtijd i.f.v. het waterpercentage bij CCM-meting van reeks 1. ...	104
Figuur 55: Grafiek van droogtijd i.f.v. het waterpercentage bij CCM-meting van reeks 2 en 3. .....	105
Figuur 56: Grafiek van droogtijd i.f.v. het waterpercentage bij CCM-meting van reeks 1, 2, 3. .....	106
Figuur 57: Grafiek van droogtijd i.f.v. het waterpercentage bij CCM-meting met kleiner bereik voor reeks 1, 2 en 3.....	107
Figuur 58: Grafiek van droogtijd i.f.v. het gewicht bij gravimetrische meting. ....	115
Figuur 59: Gecombineerde grafiek van de buigtrek- en druksterkte ten opzichte van de massadichtheid. ....	117

## Tabellenlijst

Tabel 1: Oplosbaarheid van vaste stoffen en vloeistoffen [19].	25
Tabel 2: Sets met zeefopeningen om de korrelverdeling te bekomen (NBN EN 13139:2013).	33
Tabel 3: Algemene vereisten voor gradatie (NBN EN 13139:2013).	34
Tabel 4: Fijnheidsmodulus (NBN EN 12620+A1:2008).	35
Tabel 5: Verband tussen de poriënstraal, capillaire zuigspanning, gegeneraliseerde vochtpotentiaal volgens Kießl [ $\Phi = 1,7 + 0,1 \cdot \log(r)$ ] en de relatieve vochtigheid in de porie (cilindrisch, $\theta = 0$ ) [50]	42
Tabel 6: Snelheden van de schoep van de mixer (NBN EN 196-1: 2016).	51
Tabel 7: Bewaartemperatuur en bewaarperiode van de proefstukken (NBN EN 1892-1:2002).	53
Tabel 8: Buigtreksterkteklassen voor dekvloeren (NBN EN 13813:2002).	57
Tabel 9: Druksterkteklassen voor dekvloeren (NBN EN 13813:2002).	59
Tabel 10: Bepaling korrelverdeling van het zand van het WTCB met zeefproef (NBN EN 13139:2013).	65
Tabel 11: Bepaling korrelverdeling van het zand van Seghers-Setisol met zeefproef (NBN EN 13139:2013).	66
Tabel 12: Afmetingen mal en aantal proefstukken nodig per test (NBN EN 13892: 2002).	69
Tabel 13: Recepturenlijst van Gyvlon.	72
Tabel 14: Minimale vloerdikte bepaald door buigtreksterkte (F-waarde) [78].	72
Tabel 15: Receptuur van Casea voor het maken van Raddiplus T.	73
Tabel 16: Receptuur van Grouttech voor het maken van PRONTOPP® XtraSpeed ST.	73
Tabel 17: Referentiesamenstelling van Gyvlon voor 1m <sup>3</sup> .	75
Tabel 18: Samenstelling van EXP1 zonder toevoegsel.	75
Tabel 19: Referentiesamenstelling van Grouttech.	76
Tabel 20: Samenstelling van EXP2 en 3 voor 1 m <sup>3</sup> .	76
Tabel 21: Samenstelling van EXP2 en 3.	76
Tabel 22: Samenstelling van REFG.	77
Tabel 23: Samenstelling van EXPG2.	77
Tabel 24: Samenstelling van EXPG1.	78
Tabel 25: Samenstelling van de referentie van Casea.	78
Tabel 26: Aangepaste samenstelling van de referentie van Casea voor 1 m <sup>3</sup> .	78
Tabel 27: Samenstelling van REFC.	79
Tabel 28: Samenstelling van EXPC1.	79
Tabel 29: Samenstelling van EXPC2.	79
Tabel 30: Berekening van de hoeveelheden van de toevoegsels uit de massapercentages.	80
Tabel 31: Gebruikte samenstellingen in dit onderzoek.	80
Tabel 32: Bepaling van het aantal proefstukken dat onderworpen wordt aan specifieke testen per dag.	81
Tabel 33: Oude sterkte-eisen (NEN 2741:2001) [82].	87
Tabel 34: Druksterkteklassen van proefstukken uit de dekvloer in het werk (NEN EN 13813).	87
Tabel 35: Buigtreksterkteklassen van proefstukken uit de dekvloer in het werk (NEN EN 13813).	87
Tabel 36: Gemeten parameters bij CCM-meting van reeks 1 (bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB).	88
Tabel 37: Gemeten parameters bij CCM-meting van reeks 2 (bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB).	89

Tabel 38: Gemeten parameters bij CCM-meting van reeks 3 (bindmiddel Casea en zand van Seghers-Setisol).....	89
Tabel 39: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXP1 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	90
Tabel 40: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXP2 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	91
Tabel 41: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXP3 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	91
Tabel 42: Resultaten na gravimetrisch wegen van REFG na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	91
Tabel 43: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXPG1 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	92
Tabel 44: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXPG2 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	92
Tabel 45: Resultaten na gravimetrisch wegen van REFC na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	92
Tabel 46: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXPC1 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	93
Tabel 47: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXPC2 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.....	93
Tabel 48: Gemeten vloeimaten, samen met hun gemiddelde en standaarddeviatie. ....	94
Tabel 49: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXP1. ....	96
Tabel 50: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXP2. ....	96
Tabel 51: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXP3. ....	96
Tabel 52: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van REFG. ....	97
Tabel 53: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXPG1. ....	97
Tabel 54: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXPG2. ....	97
Tabel 55: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van REFC.....	98
Tabel 56: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXPC1.....	98
Tabel 57: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXPC2.....	98
Tabel 58: Bepaling van de droogtijd in dagen tot 0,5% CM uit gegevens van de CCM-meting voor proefstukken die drogen langs 5 vlakken. ....	107
Tabel 59: Bepaling van de afgegeven massa water tot 0,5% CM van proefstukken die drogen langs 5 vlakken.....	108
Tabel 60: Bepaling van de droogtijd in dagen tot 0,5% CM uit gegevens van de gravimetrische meting voor proefstukken die drogen langs één vlak . ....	109
Tabel 61: Massadichtheid, buigtrek- en druksterkte van alle samenstellingen na 28 dagen drogen.....	116
Tabel 62: Algemene sorteringsvoorschriften (NBN EN 12620+A1:2008). ....	118
Tabel 63: Toetsing van het zand van het WTCB en Seghers-Setisol aan de algemene sorteringsvoorschriften voor fijn aggregaat. ....	118

## Abstract

Tussen de constructieve draagvloer en de vloerafwerking bevindt zich een dekvloer om oneffenheden en vloerverwarming te omhullen. Calciumsulfaat of anhydriet ( $\text{CaSO}_4$ ) is de gedehydrateerde variant van gips en zorgt in contact met water voor een hydratatiereactie die zand en eventuele toevoegsels bindt tot een uitgeharde en egale gietdekvloer. Beperkte krimp, hoge druk- en buigtreksterkte, goede warmtegeleiding en dunne uitvoering zijn de voordelen van dit type gietdekvloer. Deze masterproef onderzoekt, in opdracht van het bedrijf Seghers-Setisol en met de begeleiding van het WTCB, of het opspelend nadeel van de trage droging van 1 cm dikte per week gereduceerd kan worden zodat de calciumsulfaatgebonden gietdekvloer eerder afgewerkt kan worden.

Er werden 162 proefstukken van vier cm dikte gemaakt met bindmiddel Gyvlon of Casea, zand van het WTCB of Seghers-Setisol en toevoegsels zoals hydrofoob, poreus en dispersiemiddel. Zodat het capillaire en/of diffuse drogingsproces bevorderd wordt. Droging gebeurde in een klimaatkamer met een constante relatieve vochtigheid van 65% en temperatuur van 20°C. Vervolgens werden de proefstukken onderworpen aan een CCM-test, een druk- en driepuntsbuigproef en werden de vloeimaat en het gewicht gemeten.

De onderzoeksresultaten tonen aan dat één samenstelling met hydrofoob middel een verdubbeling kent van de druk- en buigtreksterkte. Een andere samenstelling met hydrofoob middel bekomt een droogtijd van 10,4 dagen zonder in te boeten aan druk- of buigtreksterkte. De opdracht is dus vervuld.





## **Abstract**

Between the load bearing floor and the floor finish, there is a screed to cover up unevenness and heating pipes. In contact with water, calcium sulphate or anhydrite ( $\text{CaSO}_4$ ) - the dehydrated variant of gypsum - causes a hydration reaction which binds sand and possibly additives to a hardened and even flow screed. Limited shrinkage, high compressive and flexural tensile strength, good thermal conductivity and thin execution are advantages of this flow screed. This master's thesis investigates, commissioned by Seghers-Setisol and with the guidance of the WTCB, if the occurring disadvantage of the slow drying rate of 1 cm a week can be reduced so the calcium sulphate flow screed can be finished sooner.

There were 162 samples of four cm thickness made of Gyvlon or Casea binders, sand from WTCB or Seghers-Setisol and additives like hydrophobic, porous or dispersion agent. So the capillary and/or diffusion drying process will be accelerated. Drying happened in a climate chamber with constant relative humidity of 65% and temperature of 20°C. To verify that the composition meets the requirements and advantages, tests were executed. These include a CCM-test, compressive and flexural tensile strength test, flow test and weight measuring.

The research results show that a composition with hydrophobic additive has doubled his usual compressive and flexural strength. Another composition with also hydrophobic additive dries within 10,4 days without losing compressive or flexural strength. The research question has therefore been fulfilled.

# I. Inleiding

# 1 Situering

Tussen de constructieve draagvloer en de vloerafwerking wordt een dekvloer geplaatst om oneffenheden van de draagvloer en eventuele leidingen weg te werken. Deze tussenvloer kan met de hand uitgesmeerd of gegoten worden. In België wordt hier vaak naar gerefereerd met de verzamelnaam 'chape'. De vloerafwerking kan bestaan uit tegels, parket of andere materialen. Alvorens de dekvloer droog is, kan deze niet afgewerkt worden. Dit resulteert in wachttijden. De opportuniteit om een samenstelling van een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer met een minimale droogtijd te bekomen en zo de wachttijd in te korten, zonder in te boeten aan de kwalitatieve voordelen van dit type gietdekvloer, wordt aangegrepen in dit onderzoek.

Calciumsulfaat ( $\text{CaSO}_4$ ), ook benoemd als anhydriet, is een chemisch bindmiddel dat door een hydratatiereactie verhardt en zo toeslagmaterialen verbindt. Aan water gebonden calciumsulfaat wordt in de volksmond 'gips' genoemd. Een gietdekvloer gebonden met calciumsulfaat heeft nagenoeg geen krimp, een hoge druk- en buigtreksterkte, goede warmtegeleiding, is zelfnivellerend, omhullend en arbeidsvriendelijk [1]. Bovendien kan het anhydriet synthetisch vervaardigd worden om zo tot een duurzame implicatie te komen [2].

Duitsland, Nederland en Frankrijk zijn de moderne voorlopers van gietdekvloeren met calciumsulfaat als bindmiddel. België heeft dit type gietvloer nog niet dezelfde geïntegreerde waarde gegeven, maar het product heeft ook hier een positief toekomstperspectief.

Seghers Setisol is een Belgisch bedrijf met meer dan 50 jaar ervaring in het plaatsen van vloeren. Het bedrijf is innovatief en duurzaam ingesteld [3]. Vorig jaar werd er reeds een studie uitgevoerd onder de expertise van het bedrijf en werden de kwaliteiten van calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren aangetoond. Dit jaar zijn er twee masterproeven die in samenwerking met Seghers-Setisol handelen over het concept van gietdekvloeren. Eén onderzoek dat het krimpgedrag van cementgebonden gietdekvloeren onder de loop neemt en dit onderzoek dat gaat over droogtijdbeperving van anhydrietgebonden gietdekvloeren.

Dankzij een studie aan de universiteit van Gent is aangetoond dat de droogtijd van een anhydrietgebonden gietdekvloer niet langer is dan die van een cementgebonden gietdekvloer [4]. Er werd in de studie een algemene vergelijking gemaakt tussen de gietvloeren met speciale aandacht voor de droogtijd om aan te sturen op een concrete Belgische norm. Deze is echter niet gevolgd, bijkomend onderzoek kan bijdragen aan deze wens.

## 2 Probleemstelling

Droogtijden van elementen leiden tot wachttijden en deze leiden tot verhoogde kosten voor aannemer en bouwheer. De droogtijd is moeilijk vast te leggen omdat er veel externe factoren meespelen, zoals omgevingstemperatuur, relatieve luchtvochtigheid, de luchtstroom, de dikte van gietdekvloer, invloed van de carbonaathuid, etc. [5]. Bovendien worden er vaak mechanische drogers gebruikt om de droogtijd in te korten [6].

Dit onderzoek is specifiek gebaseerd op het samenstellen en testen van calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren waarvan de nodige droogtijd zo laag mogelijk ligt en de kwalitatieve voordelen vergelijkbaar zijn met gangbare samenstellingen.

Er worden geen bouwdrogers toegepast maar onderzocht wat het effect is van droogversnellers en welke types er gebruikt kunnen worden. Om tot veelbelovende samenstellingen te komen, dient er zich een duidelijk beeld gevormd te worden van wat er op de markt gebruikt wordt en welk bereik van concentraties van de elementen aangeraden is.

Een punt van aandacht is om te achterhalen of de carbonaathuid die zich vormt op de anhydrietvloer bijdraagt aan het droogproces of het eerder vertraagt. Het reeds uitgevoerde digitaal onderzoek geeft een tegenstrijdig antwoord op deze vraag. Het is geweten dat er types van dekvloeren bestaan waar deze carbonaathuid zich niet vormt [7]. Dit is voordelig aangezien de carbonaathuid verwijderd moet worden alvorens de vloerafwerking geplaatst kan worden.

## 3 Doelstellingen

De opzet van dit onderzoek is om concreet een anhydrietgebonden gietdekvloer samen te stellen met een minimale droogtijd, zonder gebruik te maken van mechanische drogers.

De evolutie van het gebruik van anhydriet in kaart brengen om duidelijk een beeld te hebben van wat er reeds toegepast wordt en wat geïmplementeerd of gealterneerd kan worden om de droogtijd te verkorten zonder in te boeten aan de voordelen van calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren.

Marktonderzoek uitvoeren om een solide idee en beeldvorming te hebben van wat gangbaar is in de praktijk, achterhalen welke innovatieve stappen reeds zijn ondernomen om vervolgens hierop verder te bouwen.

Het bekomen van 3 samenstellingen die getest zullen worden op het behoud van de voordelen van dit type gietdekvloer. Gemiddeld droogt dit type gietdekvloer 10 mm per week tot een dikte van 40mm, om verder 5 mm per week te drogen [8]. Dit is een vuistregel en is eerder gangbaar bij ideale condities, nl. een temperatuur van 20°C en een relatieve luchtvochtigheidsgraad van boven 65%. Het vochtgehalte mag niet meer bedragen dan 0,5M% [9], alvorens er afwerkt kan worden. Er zal gekeken worden of de druksterkte ligt tussen 20 en 30 N/mm<sup>2</sup> en de buigtreksterkte tussen 4 en 8 N/mm<sup>2</sup> [7]. Het is mogelijk is om na 7 tot 12 dagen een anhydrietgebonden gietdekvloer voldoende gedroogd te hebben om de afwerking uit te voeren [10]. Dit is dan ook het streefdoel.

## 4 Materiaal en methode

De evolutie van anhydriet in gietdekvloeren zal in kaart gebracht worden door diepgaand literair onderzoek. Dit onderzoek omvat raadpleging van zowel fysieke als digitale bronnen.

Concreet marktonderzoek zal uitgevoerd worden om de gangbare implementatie van anhydriet bij gietdekvloeren en meer bepaald toegepaste wijzen om de droogtijd te verminderen kenbaar te maken. Deze informatie zal bekomen worden door bedrijven, fabrikanten en leveranciers te contacteren via mail of telefonisch. Het is de bedoeling om een zo breed mogelijk perspectief op te kunnen tekenen. Daarom zullen 4 markten verkend worden, nl. de Belgische, de Nederlandse, de Franse en de Duitse markt. Het internet, opzoekwerk op sites van ondernemingen en het raadplegen van technische fiches zullen onderwerpen van informatie zijn.

Wanneer er een breed spectrum aan informatie is gevormd, zullen er 3 samenstellingen voorgesteld worden. Deze samenstellingen worden onder de kundige leiding van Seghers Setisol en het WTCB geprepareerd. Van elke samenstelling zullen er 18 proefstukken gemaakt worden. Deze worden onderworpen aan proeven om ten eerste het vochtgehalte te bepalen. Het vochtgehalte mag niet meer dan 0,5M% bedragen en zal gemeten worden met een Calcium Carbide vochtmeter [6]. De druksterkte zal gemeten worden door een kubus te plaatsen in een drukbank en de buigtreksterkte met toepassing van de driepuntsbuigproef [11]. Beschrijvingen en normalisatie uit NBN EN 12390-5 zal voor beide proeven gevolgd worden.



## **II. Literatuurstudie**





## 5 Calciumsulfaat of anhydriet

### 5.1 Een rijke geschiedenis

Gips wordt aanzien als een 'wondermateriaal' in de bouwkunde. Deze reputatie heeft het te danken aan zijn belangrijkste karakteristieke eigenschap. Door het gips te verhitten bij een relatief lage temperatuur van 120 – 130 °C, zal het gips 3/4<sup>de</sup> van zijn water afgeven en hierbij omgevormd worden van een steen naar een fijn poeder. Wordt er aan dit poeder water toegevoegd dan ontstaat een kneedbare massa die na enige tijd uithardt. Deze ontdekking is verrijkt door de ingenieuze geest van de mens met een breed scala aan toepassingen doorheen de tijd.

De benaming 'gips' is ontleend aan het Latijnse woord 'gypsum', wat op zijn beurt ontleend is aan het Griekse 'γύψος' (gúpsos) [12]. De verdere herkomst is niet gekend. De benaming 'anhydriet' is eveneens afgeleid uit het Grieks, meer bepaald uit 'άνυδρος' (anhydros) [13]. Dit betekent 'zonder water' of 'watervrij'. Anhydriet is dan ook de watervrije vorm van gips.

Gips of zijn ongehydrateerde vorm anhydriet wordt al millennia lang gebruikt als bindingsmiddel in de bouwsector en voor het maken van decoraties. Er werd reeds gips teruggevonden in de vloerbekleding van gebouwen uit het oude Israël, omstreeks 7000 v. Chr [14]. Dit kan gezien worden als de eerste anhydrietgebonden gietdekvloer. Al bestaat ook de kans dat deze gips gebruikt werd als decoratief element op de vloer.

Sinds de late predynastische periode van het Oude Egypte, omstreeks 3200 v. Chr., kende men eveneens de techniek om natuurlijk gips te verhitten tot zijn ongehydrateerde vorm, om vervolgens met het toevoegen van water tot een vrij hard en vast materiaal te komen. Het materiaal werd gebruikt voor het dichten van scheuren en het wegwerken van onregelmatigheden in tempels en graftombes of voor het egaal bedekken van gehele oppervlakken [15]. De piramide van Cheops, de grootste van de piramides van Gizeh te Caïro in Egypte, had oorspronkelijk een egale bedekking van gips. Figuur 1 toont deze piramide. De trappen die nu zichtbaar zijn, waren toen aan het oog onttrokken.



Figuur 1: Piramide van Cheops (links) en piramide van Chephren (rechts).

Het is geweten dat gips gebruikt werd door de Perzen, de Grieken en de Romeinen. Doorheen de geschiedenis is gips toegepast voor verschillende doeleinden. Zo is er het gebruik van gipsalbast, niet helemaal uitgekristalliseerd gips, voor het vervaardigen van standbeelden tijdens de middeleeuwen (500 - 1500 na Chr.). Het gebruik van gips op grote schaal kreeg een gigantische boost tijdens de 17<sup>de</sup> eeuw. Door een allesverwoestende brand in Londen besliste de Franse koning dat alle houten huizen in Parijs bedekt moesten worden met gipspleister omdat deze brandbestendig is. Het gips werd gemijnd onder Parijs. Vandaar wordt er naar gips ook dikwijls gerefereerd als 'pleister van Parijs' [16].

Hedendaags wordt gips gebruikt in de geneeskunde, tandheelkunde, bouwkunde, etc. Voor de bouwkunde wordt gips vooral gebruikt bij de productie van gipsplaten en het vervaardigen van anhydrietgebonden gietdekvloeren.

## 5.2 Een geologische oorsprong

De ondergrond bestaat uit verschillende lagen. Indien zo'n grondlaag wateroplosbare zouten bevat, is de kans reëel dat de laag is gevormd na verdamping van zeewater. Welk zout eerst neerslaat is afhankelijk van hun oplosbaarheid in water en de concentratie van het zout. Zouten met een slechte oplosbaarheid in water slaan neer met een lagere concentratie van het zout dan zouten met een goede oplosbaarheid. Op die manier worden de grondlagen opgebouwd met in de onderste lagen slecht oplosbare zouten en in de bovenste lagen goed oplosbare zouten. Er zijn echter ook andere factoren die mee de opbouw van grondlagen bepalen, denk hierbij aan druk en temperatuur.

Het natuurkundig proces dat de concentratie van de stof met een hoog kookpunt laat toenemen door verdampen van de vloeistof, wordt 'indamping' genoemd. De gevormde gesteenten worden 'evaporieten' genoemd. Steenzout (NaCl), geologisch benoemd als 'haliet', en anhydriet ( $\text{CaSO}_4$ ) zijn zo'n evaporieten. Steenzout heeft een hogere oplosbaarheid en slaat pas neer als er 90% van het zeewater verdampt is, terwijl gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) reeds neerslaat bij een verdamping van 70% van het zeewater. Beide gesteenten zijn dus zouten en omdat ze op dezelfde manier gevormd worden, komen ze meestal naburig in de ondergrond voor. De oudste gipslagen zijn zo'n 100 tot 200 miljoen jaar oud. Figuur 2 toont het gesteente anhydriet en figuur 3 geeft een beeld van het uitzicht van ontgonnen gips.



Figuur 2: Anhydriet [17]



Figuur 3: Ontgonnen gips [18]

In Nederland zijn er ondergronden waar lagen steenzout afgewisseld worden met dunne lagen anhydriet met daarbovenop gipslagen die afgedekt zijn met kleigronden of andere gesteenten. Voor het neerslaan van steenzout zijn er hogere temperaturen nodig dan voor het neerslaan van gips, aangezien de concentratie van steenzout groter moet zijn dan deze van gips om neer te kunnen slaan. Door de druk van bovenliggende lagen wordt het

neergeslagen gips in de loop van de tijd omgevormd tot anhydriet, de ongehydrateerde variant van gips. De afwisseling steenzout-anhydriet met erboven gipslagen kan op deze manier verklaard worden.

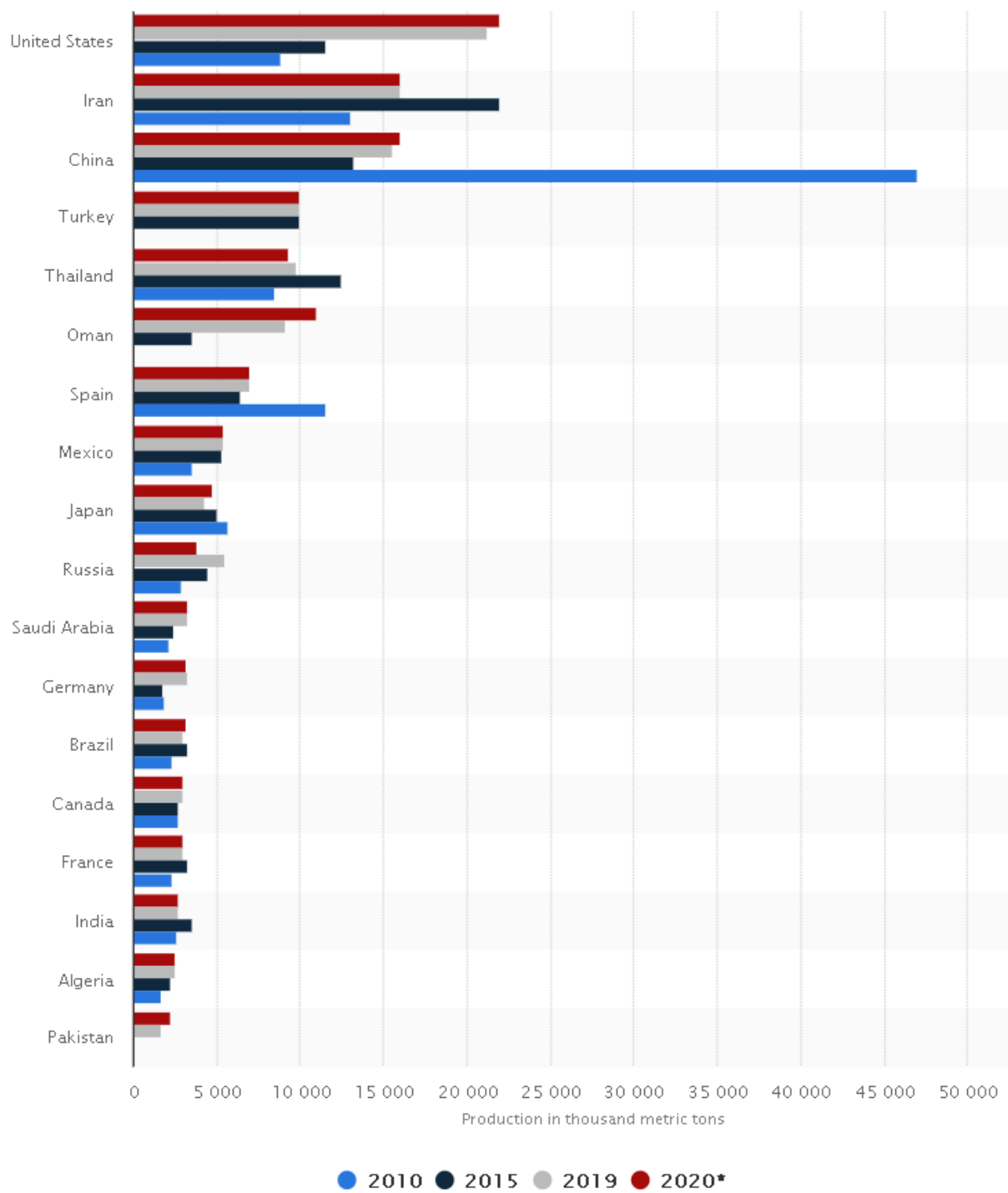
Tabel 1 toont de Binas tabel 45A, welke een overzicht geeft van de oplosbaarheid van zouten in water. Hier wordt het verschil in oplosbaarheid tussen steenzout (NaCl) en anhydriet (CaSO<sub>4</sub>) gestaafd met de aanduiding dat steenzout goed oplosbaar is en anhydriet matig oplosbaar is in water.

Tabel 1: Oplosbaarheid van vaste stoffen en vloeistoffen [19].

45 Oplosbaarheid van vaste stoffen en vloeistoffen													
A Zouten in water: schematisch overzicht													
bij kamertemperatuur													
positieve ionen	negatieve ionen												
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	F <sup>-</sup>	S <sup>2-</sup>	OH <sup>-</sup>	SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	O <sup>2-</sup>
Na <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	r
K <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	g	r
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	o		g	o	o	
Mg <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	s	m	s	m	m	s	s
Al <sup>3+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	r	s	r	r	s	s
Fe <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	m	s	s	s	s	s	s
Zn <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	g	g	s	s	s	s	s	s
Fe <sup>3+</sup>	g	g	g	g		g	m		s		r	s	s
Cu <sup>2+</sup>	g	g	g	g		g	g	s	s	s	s	s	s
Ca <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	m	s	m	m	s	s	s	r
Ba <sup>2+</sup>	g	g	g	g	g	s	m	m	g	s	s	s	r
Hg <sup>2+</sup>	g	g	g	m	s	r	r	s			s	s	s
Pb <sup>2+</sup>	g	g	m	m	s	s	m	s	s	s	s	s	s
Hg <sup>+</sup> (Hg <sub>2</sub> <sup>2+</sup> )	g	m	s	s	s	s	r	s		s	s	s	s
Ag <sup>+</sup>	g	m	s	s	s	m	g	s		s	s	s	s

■ De waterstofzouten zijn in het algemeen goed in water oplosbaar; de hydroxidezouten zijn vaak slecht oplosbaar.  
 ■ Betekenis der symbolen:  
 g = goed oplosbaar in water (meer dan ca. 0,1 molL<sup>-1</sup>)  
 m = matig oplosbaar in water (minder dan ca. 0,1 molL<sup>-1</sup> en meer dan ca. 0,01 molL<sup>-1</sup>)  
 s = slecht oplosbaar in water (minder dan ca. 0,01 molL<sup>-1</sup>)  
 o = ontleedt geheel of gedeeltelijk in water  
 r = reageert met water

In Nederland wordt het ontginnen van gips of anhydriet niet meer uitgevoerd. De ontginning neemt wel nog plaats in Duitsland en in Frankrijk, o.a. in de omgeving van Parijs. In onderstaande grafiek wordt de evolutie van gipsontginning van de belangrijkste landen getoond (zie grafiek 1).



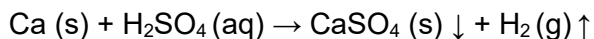
*Figuur 4: Evolutie in belangrijkste landen aangaande gipsontginning [20].*

### 5.3 Een chemische verbinding

Het is niet altijd even duidelijk wat er vanuit een chemisch en wetenschappelijk standpunt bedoeld wordt met de term 'kalk', 'gips' en 'anhydriet'. Vandaar volgt hieronder een poging om deze verwarrende terminologie uit te klaren.

Kalk is een verzamelnaam voor alle zouten die calcium bevatten. Enkele voorbeelden zijn calciumcarbonaat (grondkalksteen,  $\text{CaCO}_3$ ), calciumoxide (gebrande of ongebluste kalk,  $\text{CaO}$ ), calciumhydroxide (gebluste kalk,  $\text{Ca(OH)}_2$ ) en calciumsulfaat ( $\text{CaSO}_4$ ). Het calciumsulfaat dat gebonden is met kristalwater, dit wil zeggen water dat opgenomen is in het kristalrooster, wordt gips genoemd. De watervrije of waterarme vorm  $\text{CaSO}_4$  wordt anhydriet genoemd. De opname van water in een vast kristalrooster kan de hardheid van de vaste stof beïnvloeden. Dit is het geval bij de hydratatiereactie waarbij vloeibaar water opgenomen wordt in de kristalstructuur van poedervormig calciumsulfaat tot de vorming van een uitgeharde vaste stof die niet meer oplosbaar is in water.

$\text{CaSO}_4$  is een ternair zout. Een ternair zout is afkomstig van een ternair zuur, in dit geval van zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ). Ternaire zuren bevatten waterstof en zuurstof in combinatie met een ander element, vandaar de benaming ternair. Zwavelzuur heeft de mogelijkheid om twee waterstofatomen af te geven in een waterig medium. De waterstofatomen vormen waterstofgas dat opborrelt uit de oplossing. Wat overblijft is de zuurrest van zwavelzuur ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), het sulfaat. Dit negatief geladen sulfaat kan binden met het positief geladen aardalkalimetaal calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ter vorming van calciumsulfaat ( $\text{CaSO}_4$ ), wat op zijn beurt neerslaat uit de oplossing. Dit gebeurt via onderstaande reactie:



Deze reactie gaat in het begin snel op, maar nadien zal het gevormde calciumsulfaat ( $\text{CaSO}_4$ ) een beschermlaag vormen rondom het metaal (Ca) waardoor de reactie vertraagt en uiteindelijk stopt. Omdat de reactie stopt is het niet mogelijk om een evenwichtsreactie te schrijven, maar er mag toch uitgegaan worden van bovenstaande reactie.

Er zijn verschillende vormen van gips en anhydriet die kunnen dienen als bindmiddel voor het fabriceren van een anhydrietgebonden gietdekvloer. Zo bestaat er natuurlijk gips en synthetisch gips. Synthetisch gips is gevormd als bijproduct van industriële processen, waaronder RO-gips, fosforgips en fluorgips.

#### 5.3.1 Natuurgips

De vorming en ontginning van natuurgips is uitvoerig besproken in hoofdstuk 2 'Een geologische oorsprong'. Afhankelijk van de graad van hydratatie komt gips in verschillende vormen met een verschillende kristallografie in de natuur voor [21, 22].

- Gips en seleniet: Calciumsulfaat di-hydraat ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )
- Bassaniet: Calciumsulfaat hemi-hydraat of 'plaster of Paris' ( $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ )
- Anhydriet: Calciumsulfaat ( $\text{CaSO}_4$ )

Van het anhydriet bestaat dan nog een waterarme en een watervrije variant, afhankelijk van de temperatuur waarmee de molecule verhit wordt. Onderstaande reacties doen zich voor:

→ Omzetten van gips naar calciumsulfaat hemi-hydraat door verhitten boven  $150^\circ\text{C}$



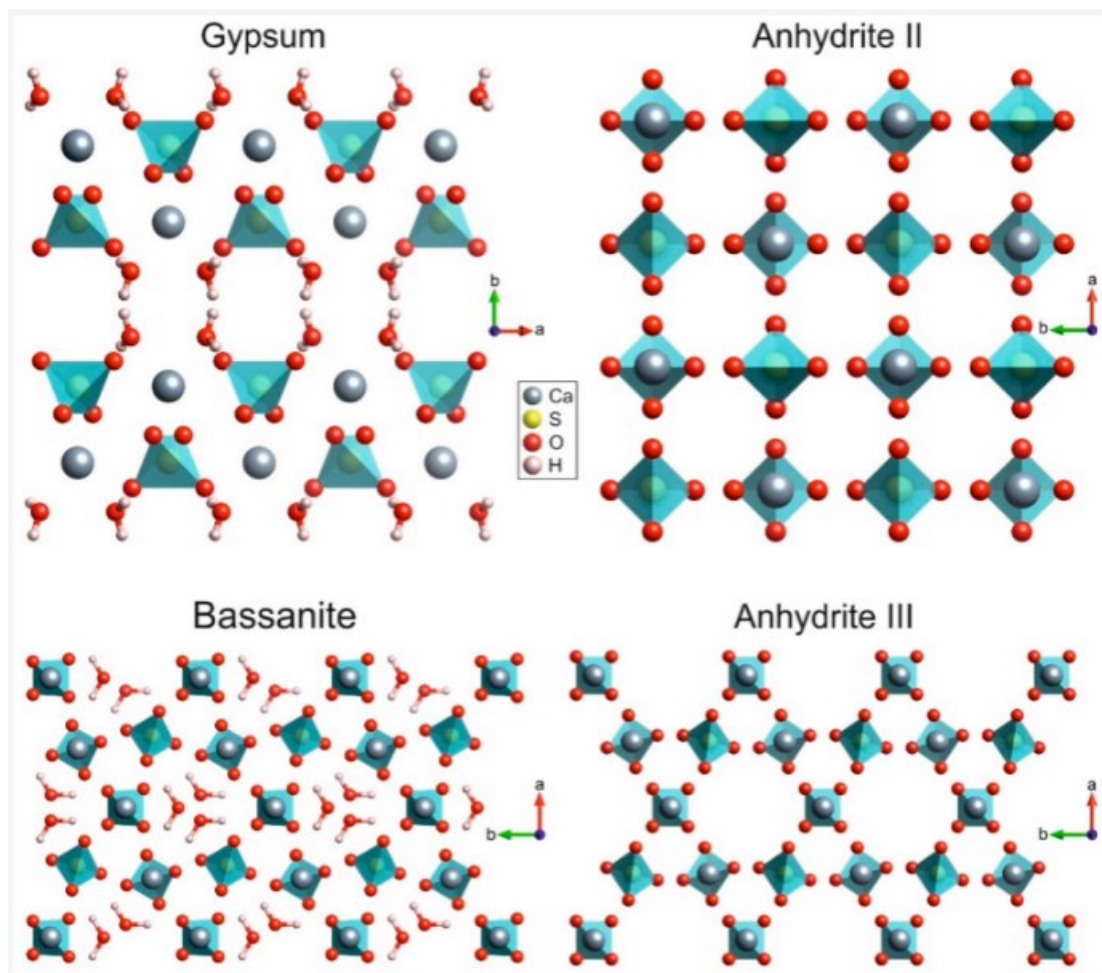
Afhankelijk van de condities waarin gips gedehydrateerd wordt ontstaan er twee varianten. Indien het water uit de kristalstructuur van het calciumsulfaat dihydraat verdwijnt in de vorm

van oververhitte stoom, ontstaat het  $\beta$ -hemi-hydraat. Dit bestaat uit fijne aggregaten. Verdwijnt het water langzaam en in vloeibare vorm uit het calciumsulfaat di-hydraat, dan ontstaat het  $\alpha$ -hemi-hydraat. Dit bestaat uit grove aggregaten [23].

Bij hogere temperaturen kunnen volgende varianten gevormd worden:

- Omzetten naar  $\gamma$ -anhydraat (waterarm) door verhitten tot  $180^{\circ}\text{C}$
- Omzetten naar  $\beta$ -anhydraat (watervrij) door verhitten boven  $250^{\circ}\text{C}$
- Omzetten naar  $\alpha$ -anhydraat door verhitten boven  $1180^{\circ}\text{C}$

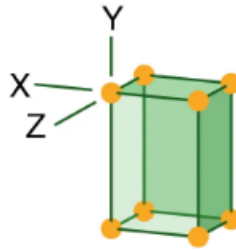
Al deze vormen kunnen bestaan bij kamertemperatuur, behalve het  $\alpha$ -anhydraat aangezien dit bij zeer hoge temperatuur gevormd wordt.  $\beta$ -anhydraat kan niet binden met water,  $\gamma$ -anhydraat doet dat wel. Figuur 5 toont een mogelijke oriëntatie van de moleculen in het vlak. Er is namelijk enige onduidelijkheid hierover en verschillende modellen worden gehanteerd in de literatuur. 'Anhydrite II' en 'anhydrite III' zijn respectievelijk de watervrije variant  $\beta$ -anhydraat en de waterarme variant  $\gamma$ -anhydraat.



Figuur 5: Kristalstructuren die stabiel zijn bij kamertemperatuur. De modellen zijn gepresenteerd met behulp van VESTA (Visualisation for Electronic and Structural Analysis) [21].

Figuur 5 toont dat het gips zich vormt door twee lagen die samengehouden worden met waterstofbruggen. Het bassaniet (calciumsulfaat hemi-hydraat) vertoont duidelijke structurele verschillen ten opzichte van het gips door het breken van de waterstofbruggen. De waterarme variant  $\gamma$ -anhydraat vertoont een orthorombische kristalstructuur die enige

symmetrie vertoont. De watervrije variant  $\beta$ -anhydraat is eveneens orthorombisch en vertoont nog meer symmetrie [21]. Een orthorombische cel heeft drie assen van verschillende lengte waarrond de cel  $180^\circ$  kan draaien zonder dat zijn uitzicht verandert. Om dit te bekomen dienen de assen loodrecht op elkaar te staan [24]. Dit wordt getoond in Figuur 6.



Figuur 6: Orthorombische kristalstructuur [24].

Symmetrie speelt een belangrijke rol in relatie tot de chemische en fysische eigenschappen van het materiaal [25, 26]. Zo is een materiaal met een orthorombische kristalstructuur anisotroop en heeft het dus verschillende eigenschappen in bepaalde richtingen [27]. Zoltai en Stout gaven hier een mooie definitie aan:

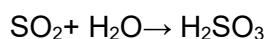
*“Symmetry is the order in arrangement and orientation of atoms in minerals, and the order in the consequent distribution of mineral properties.”* [28]

Voor gietdekvloeren worden vooral voor het  $\alpha$ -hemi-hydraat en het  $\gamma$ -anhydraat gebruikt. Met het aanleggen van water verharden ze tot Calciumsulfaat di-hydraat of gips.

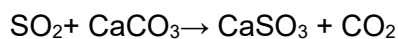
### 5.3.2 RO-gips

RO-gips (rookgasontzwavelingsgips) of REA-gips (Rauchgasentschwefelungsanlagen) [29] wordt in de markt ook wel eens bestempeld als thermisch anhydriet. Dit gips wordt gevormd als nevenproduct bij rookgasontzwaling van kolengestookte elektriciteitscentrales. Na het verwijderen van vliegashoudende rookgassen, draagt dit proces bij aan het zuiveren van de rookgassen alvorens ze in de atmosfeer terecht komen. Tot de vorming van RO-gips bij natte rookgasontzwaveling gaan een aantal chemische reacties vooraf [30].

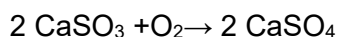
Door het gas op te vangen in een reactorruimte en erboven water te vernevelen, nemen de waterdruppels zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) op tot vorming van diwaterstofsulfiet ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ).



In een tweede vat wordt kalk ( $\text{CaCO}_3$ ) toegevoegd en reageert dit met zwaveldioxide ( $\text{SO}_2$ ) tot de vorming van calciumsulfiet ( $\text{CaSO}_3$ ).



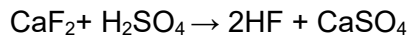
Het calciumsulfiet wordt tenslotte geoxideerd tot calciumsulfaat.





### 5.3.3 Fluorgips

Als bijproduct van de productie van waterstoffluoride ontstaat een gips, genaamd fluorgips. Het fluorgips wordt eveneens gevormd als een zeer vochtige drabachtige substantie. Na stollen en verdampen van het vocht, ontstaat een droog materiaal. Dit wordt vervolgens gemalen en gezeefd tot een sulfaatrijk materiaal dat gebruikt wordt als calciumsulfaat bindmiddel [31]. De vorming van het gips is te beschrijven in een enkele chemische reactie van het mineraal vloeispaat of fluoriet ( $\text{CaF}_2$ ) en zwavelzuur ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) tot vorming van waterstoffluoride (HF) en fluoranhydriet ( $\text{CaSO}_4$ ) [32].



Bayer-anhydrietbindmiddel AB20 is een bindmiddel dat fluoranhydriet als basis heeft [33].

### 5.3.4 Fosforgips

Fosforgips ontstaat als bijproduct in de zware chemische industrie, bijvoorbeeld bij het maken van kunstmest of fosforzuur. Het bevat veel radon, welk een radioactief materiaal is [34]. Om die reden wordt het nagenoeg niet meer toegepast.

### 5.3.5 Andere vormen

Gips wordt ook gevormd als bijproduct in andere industriële processen zoals bijvoorbeeld bij de productie van citroenzuur of titaniumdioxide [35].

## 6 Gietdekvloer

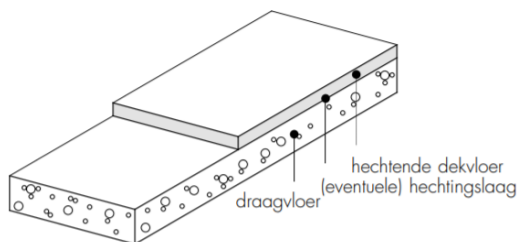
### 6.1 Opbouw

Een vloer bestaat in het algemeen uit drie hoofdonderdelen:

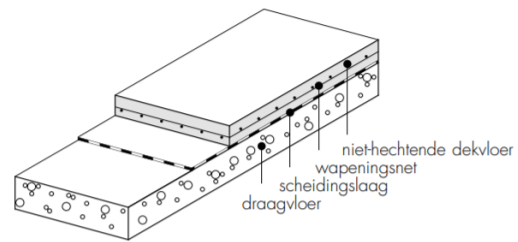
- Draagvloer: 'draagt' de belasting
- Dekvloer: werkt oneffenheden en eventuele vloerverwarming weg
- Afwerking: tegels, parket of ander materiaal waarop gewandeld wordt

Er zijn verschillende manieren om een vloer op te bouwen (TVN 189 [36]).

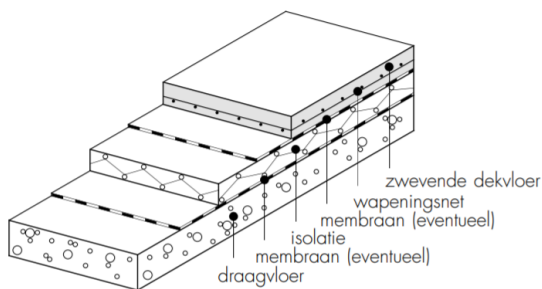
- **Hechtende dekvloer:** de dekvloer hecht aan de draagvloer, getoond in Figuur 7.
- **Niet-hechtende dekvloer:** er bevindt zich een scheidingslaag, bijvoorbeeld een dampremmende folie, tussen de dekvloer en de draagvloer, getoond in figuur 8.
- **Zwevende dekvloer:** de dekvloer ligt op een samendrukbare isolatielaag waardoor de dekvloer niet stijf verbonden is en enige beweging kan ondergaan, getoond in Figuur 9.
- **Dekvloer met vloerverwarming:** de dekvloer ligt op een isolatielaag en omhuld de vloerverwarming bij gietdekvloeren, getoond in figuur 10.
- **Onderlaag:** er bevindt zich een laag tussen dekvloer en draagvloer die afhankelijk van de aard en het beoogde doel een bepaalde dikte heeft, getoond in Figuur 11.



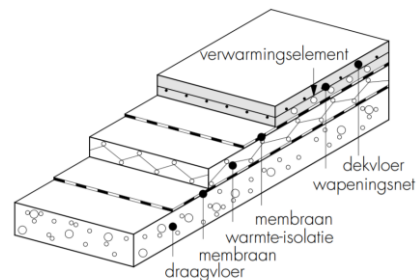
Figuur 7: Hechtende dekvloer [36].



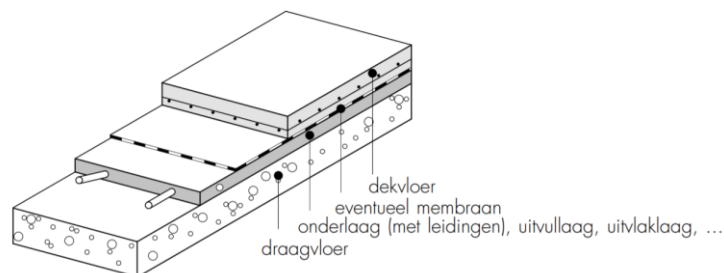
Figuur 8: Niet-hechtende dekvloer [36].



Figuur 9: Zwevende dekvloer [36].



Figuur 10: Dekvloer met vloerverwarming [36].



Figuur 11: Onderlaag [36].

## 6.2 Bindmiddel huid

Bindmiddel huid is een dunne laag calciumcarbonaat ( $\text{CaCO}_3$ ) die zich aan de oppervlakte van een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer kan vormen. Deze laag bevat een hoog gehalte aan bindmiddel en fijne deeltjes die niet vermengd zijn met de rest van de gietdekvloer. Alvorens de vloer afgewerkt kan worden, dient deze carbonaathuid afgeschuurd te worden. Anders wordt hechting van de afwerkingsmaterialen negatief beïnvloed [37].

## 6.3 Anhydrietgebonden t.o.v. cementgebonden gietdekvloer

Zowel een anhydrietgebonden als een cementgebonden gietdekvloer zijn goed dekkend en zelf nivellerend. Er zijn heel wat voordelen verbonden aan een anhydrietgebonden gietdekvloer ten opzichte van een cementgebonden gietdekvloer: een hoge druk- en buigtreksterkte, nagenoeg geen krimp en kan dunner uitgevoerd worden.

De druksterkte van een cementgebonden gietdekvloer ligt gemiddeld rond  $12 \text{ N/mm}^2$  en de buigtreksterkte rond  $2 \text{ N/mm}^2$ . Bij een anhydrietgebonden gietdekvloer is dat respectievelijk rond  $25 \text{ N/mm}^2$  en  $5 \text{ N/mm}^2$  [4]. Deze waarden worden bereikt na een droog- en verhardingsperiode van 28 dagen. Gemiddeld gezien is de anhydrietgebonden gietdekvloer dus dubbel zo sterk.

Anhydrietgebonden gietdekvloeren krimpen in mindere mate dan cementgebonden gietdekvloeren, maar er treedt nog steeds krimp op. Verder heeft anhydrietchape een goede thermische geleidbaarheid, waardoor het een ideale dekvloer is bij vloerverwarming.

Wat betreft de nadelen van calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren ten opzichte van de cementgebonden variant is dat anhydriet duurder is dan cement. Bijkomstig is anhydriet ook gevoeliger voor vocht en dus enkel beschikbaar voor toepassingen die binnen gelegen zijn [38].

## 6.4 Zand

De gradatie van zand is gebaseerd op de verdeling van de korreldiameters. Deze verdeling wordt bekomen door het zand te zeven. De gehanteerde zeven zijn vastgelegd in normen en hebben openingen van verschillende grootte. Er zijn verschillende soorten zeven, de zeven gebruikt in dit onderzoek hebben een doek van metalen draden om de vaste maat van openingen per zeef te bekomen. De codificatie van de granulaten, waaronder zand behoort, staat opgetekend in PTV 411 [39]. De normen die hier eveneens betrekking op hebben zijn:

- NBN EN 933-1: 2012  
Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen - Deel 1: Bepaling van de korrelverdeling - Zeefmethode
- NBN EN 933-2: 2020  
Beproevingmethoden voor geometrische eigenschappen van toeslagmaterialen - Deel 1: Bepaling van de korrelverdeling - Testzeven, nominale openingen
- NBN EN 12620+A1: 2008  
Granulaten voor beton
- NBN EN 13139: 2013  
Toeslagmaterialen voor mortel
- NBN EN 13242+A1: 2008

Granulaten voor ongebonden en hydraulisch gebonden materialen voor civieltechnische werken en wegenbouw

- NBN EN 13813: 2002  
Dekvloermortel en dekvloeren – Dekvloermortels – Eigenschappen en eisen
- ISO 565/3310-1: 2000  
Test sieves – Technical requirements and testing – Part 1: test sieves of metal wire cloth

De zeven worden gekozen a.d.h.v. de lagere en hogere limietwaarden voor de diameter van het granulaat, respectievelijk aangeduid met 'd' en 'D'. De representatie van deze aanduiding is d/D. Tussen deze twee waarden bevindt zich het grootste deel van de korrelverdeling. Dit betekent dus dat 'd' en 'D' geen minimum en maximum zijn, er kunnen korrels van het granulaat kleiner zijn dan 'd' en groter dan 'D'. Indien  $D \leq 4$  mm worden zeven met openingen van 0,250 en 0,063 mm toegevoegd. Dit type granulaat wordt bestempeld als 0/4.

In de norm NBN EN 13139:2013 zijn er een aantal basissets van de zeven opgenomen (zie Tabel 2).

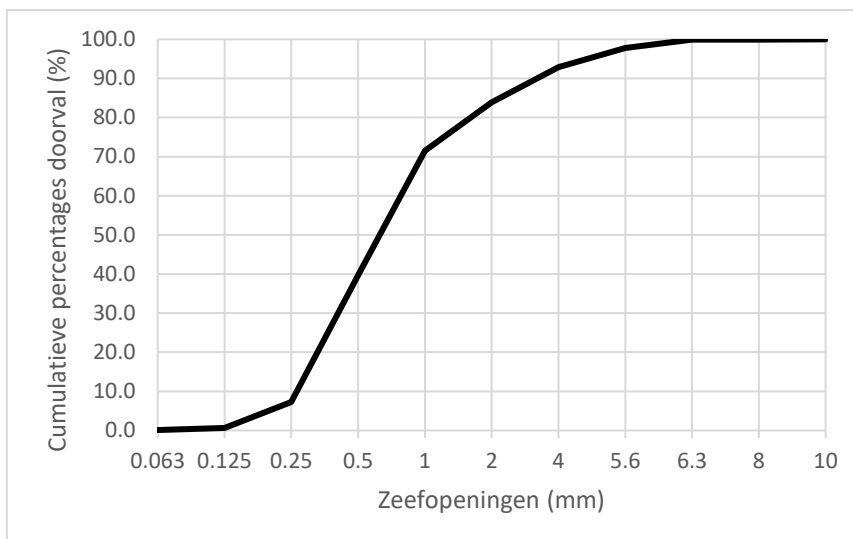
Tabel 2: Sets met zeefopeningen om de korrelverdeling te bekomen (NBN EN 13139:2013).

Basic set mm	Basic set plus set 1 mm	Basic set plus set 2 mm
<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
–	5,8 (5)	–
–	–	6,3 (6)
<b>8</b>	<b>8</b>	<b>8</b>
–	–	10
–	11,2 (11)	–
–	–	12,5 (12)
–	–	14
<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>
–	–	20
–	22,4 (22)	–
31,5 (32)	31,5 (32)	31,5 (32)
–	–	40
–	45	–
–	58	–
63	63	63
–	–	80
–	90	–

NOTE Rounded sizes shown in parentheses can be used as simplified descriptions of aggregate sizes.

De cumulatieve percentages van de massa's die door elke zeef valt worden uitgezet in een grafiek, deze toont de korrelverdelingscurve (zie Figuur 12). Onderstaande formule wordt gebruikt om de cumulatief percentages te berekenen:

$$\% = \frac{\text{massa doorval}}{\text{totale massa}} * 100$$



Figuur 12: Voorbeeld van een korrelverdelingscurve.

Om tot een gradatie te bekomen dienen deze percentages te vallen tussen minima en maximapercentages opgenomen in de norm (zie Tabel 3).

Tabel 3: Algemene vereisten voor gradatie (NBN EN 13139:2013).

Aggregate	Size [mm]	Percentage passing by mass					Category G
		2D <sup>a</sup>	1,4D	D <sup>b</sup>	d	d/2	
Coarse	D > 4 d ≥ 1	100	100	90 to 99	0 to 10	0 to 2	G <sub>c</sub> 90/10
		100	98 to 100	90 to 99	0 to 15	0 to 5	G <sub>c</sub> 90/15
		100	98 to 100	85 to 99 <sup>c</sup>	0 to 15	0 to 5	G <sub>c</sub> 85/15
		<b>100</b>	<b>98 to 100</b>	<b>85 to 99<sup>c</sup></b>	<b>0 to 20</b>	<b>0 to 5</b>	<b>G<sub>c</sub>85/20</b>
		100	98 to 100	80 to 99	0 to 20	0 to 5	G <sub>c</sub> 80/20
	100	98 to 100	85 to 99 <sup>c</sup>	0 to 15	0 to 2	G <sub>cA</sub> 85/15	
	D ≤ 4 d ≥ 1	100	95 to 100	85 to 99	0 to 15	--	G <sub>c</sub> 85/15
		<b>100</b>	<b>98 to 100</b>	<b>85 to 99</b>	<b>0 to 20</b>	<b>0 to 5</b>	<b>G<sub>c</sub>85/20</b>
Fine	D ≤ 4 d = 0	<b>100</b>	<b>95 to 100</b>	<b>85 to 99</b>	-	-	<b>G<sub>c</sub>85</b>
Natural graded 0/8 mm aggregate	D = 8 and d = 0	<b>100</b>	<b>98 to 100</b>	<b>90 to 99</b>	-	-	<b>G<sub>N</sub>90</b>
All-in	D > 4 d = 0	<b>100</b>	<b>98 to 100</b>	<b>90 to 99</b>	-	-	<b>G<sub>s</sub>90</b>
		100	98 to 100	85 to 99	-	-	G <sub>s</sub> 85
		100	98 to 100	80 to 99	-	-	G <sub>s</sub> 80
		100	-	75 to 99	-	-	G <sub>s</sub> 75

<sup>a</sup> For aggregate sizes where D is greater than 63 mm (e.g. 80 mm and 90 mm) only the oversize requirements related to the 1,4 D sieve apply since there is no ISO 565/R20 series sieve above 125 mm.

<sup>b</sup> If the percentage retained on D is < 1 % by mass the producer shall document and declare the typical grading including the sieves D, d, d/2 and sieves in the basic set plus set 1 or basic set plus 2 intermediate between d and D.

<sup>c</sup> For single size coarse aggregates d/D, where D/d < 2, of the categories G<sub>c</sub>85/15, G<sub>c</sub>85/20 and G<sub>cA</sub>85/15, the value of the percentage passing by mass at D may be lowered by 5 % according to the particular application or end use.

Op de technische fiche van een zand staan heel wat gegevens (**zie bijlage**). De codificatie van deze gegevens zijn opgesteld in PTV 411. De mechanische eigenschappen en andere codering wordt geverifieerd door het BENOR- en CE-keurmerk. Een aantal belangrijke kenmerken zijn hieronder opgesomd en kort uitgelegd:

- **Fijnheidsmodulus**: maat om de grofheid of fijnheid van een zand aan te tonen

Tabel 4 toont de categorieën waarmee de fijnheidsmodulus aangetoond wordt. De eerste letter van de code zijnde C, M en F staan respectievelijk voor Coarse (grof), Medium (gemiddeld) en Fine (fijn) zand. Deze letter duidt op een bereik waartussen de korreldiameters van het zand zich bevinden. Terwijl de tweede letter F staat voor fijnheidsmodulus Een grof materiaal heeft een hoge fijnheidsmodulus en een fijn materiaal een lage fijnheidsmodulus.

C: 0,3 – 2 mm

M: 0,15 – 0,3 mm

F: 0,063 – 0,15 mm

Tabel 4: Fijnheidsmodulus (NBN EN 12620+A1:2008).

<i>CF</i>	<i>MF</i>	<i>FF</i>
4,0 to 2,4	2,8 to 1,5	2,1 to 0,6

De formule om de fijnheidsmodulus FM te berekenen is de som van de cumulatieve percentages van de zeven in de formule:

$$FM = \frac{\sum\{(> 4) + (> 2) + (> 1) + (> 0,5) + (> 0,25) + (> 0,125)\}}{100}$$

- **Korrelverdeling**  $G_{F85}$ :
- **Gehalte aan fijne deeltjes (%)**:  
percentage dat door zeef met openingen van 0,063 mm valt (NBN EN 933-1)

Aggregate	0,063 mm sieve Percentage passing by mass	Category <i>f</i>
Coarse aggregate	≤ 1,5	$f_{1,5}$
	≤ 4	$f_4$
	> 4	$f_{\text{Declared}}$
	No requirement	$f_{\text{NR}}$
Natural graded 0/8 mm aggregate	≤ 3	$f_3$
	≤ 10	$f_{10}$
	≤ 16	$f_{16}$
	> 16	$f_{\text{Declared}}$
	No requirement	$f_{\text{NR}}$
All-in aggregate	≤ 3	$f_3$
	≤ 11	$f_{11}$
	> 11	$f_{\text{Declared}}$
	No requirement	$f_{\text{NR}}$
Fine aggregate	≤ 3	$f_3$
	≤ 10	$f_{10}$
	≤ 16	$f_{16}$
	≤ 22	$f_{22}$
	> 22	$f_{\text{Declared}}$
	No requirement	$f_{\text{NR}}$

- **Kwaliteit van de fijne deeltjes:**
- **Schelpgehalte**

Er zijn verschillende soorten zand. Een onderscheid kan gemaakt worden a.d.h.v. de vorm. Des te langer de weg die het zand aflegt, des te ronder de vorm als gevolg van slijtage. Algemeen gezien is 'zeezand' hetzelfde als 'rond zand'. Dit type zand wordt gewonnen in de Noordzee en wordt vooral gebruikt bij het vervaardigen van stortklaar beton [40]. 'Rivierzand', waaronder 'Rijnzand', legt een minder lange weg af en heeft als gevolg een hoekigere vorm. Hierdoor haakt het zand beter in elkaar [41]. Een derde zandsoort is 'betonzand'. Dit zand bevat geen schelpjes en heeft een lage fractie fijne deeltjes. De oppervlakken van de korrels zijn klein, grof en hoekig. Hierdoor is het zand minder plakkerig en kneedbaar [42]. Betonzand wordt meestal verkocht als maat 0/4.

Bolvormige granulaten bevorderen de verwerkbaarheid en zorgen voor een betere verdichting terwijl de waterbehoefte lager ligt dan bij afgeplatte granulaten. Hoe fijner en poreuzer de granulaten zijn, hoe meer water het inert skelet nodig heeft [43].

Het geadviseerde zand om te gebruiken bij het maken van chape is BENOR-gekeurd rivierzand [44].

## 6.5 Water

Het water dat wordt toegevoegd aan het mengsel om de hydratatiereactie op gang te brengen komt op verschillende posities terecht. In een eerder onderzoek van de Universiteit Gent [45] wordt een classificatie in relatie tot de positie van het water gegeven. Deze classificatie is gebaseerd op onderzoek uit de literatuur en telt drie soorten water. Aan deze classificatie wordt een vierde soort water toegevoegd, namelijk het oppervlaktewater [46]. Het capillair, gebonden en oppervlaktewater zijn afhankelijk van de relatieve vochtigheid van de omgevende lucht [45].

### 6.5.1 Oppervlaktewater

Het water dat als een film op het materiaal blijft staan. Dit is het water dat eerst zal verdampen. Echter is het belangrijk dat dit water in de eerste fasen van de hydratatiereactie niet te snel verdampt, want snelle uitdroging van het materiaal leidt tot scheurvorming.

### 6.5.2 Capillair water

Het capillair water is het water dat zich in de holtes of de poriën van het materiaal bevindt. Indien de relatieve vochtigheid van de externe lucht hoog is, zal er vocht in het materiaal trekken. Hoe lager de externe relatieve vochtigheid, hoe sneller het materiaal vocht aan de omliggende lucht afgeeft. Zo ontstaat een evenwicht tussen het vocht in het materiaal en dat van de externe lucht, dit wordt het evenwichtsvochtgehalte genoemd. Het evenwichtsvochtgehalte is afhankelijk van de relatieve vochtigheid en de materiaalsoort. De snelheid waarmee het evenwichtsvochtgehalte bereikt wordt is afhankelijk van de materiaalsoort, de relatieve luchtvochtigheid, de temperatuur en de porositeit van het materiaal [47].

### 6.5.3 Gebonden water

Het fysisch gebonden water of 'gelwater' is enerzijds het water dat geadsorbeerd wordt aan de oppervlakte van de granulaten in het materiaal.

### 6.5.4 Kristalwater

Het kristalwater is chemisch verbonden met de hydratatieproducten en wordt opgenomen in de kristalstructuur van het materiaal. Zo bevat gips twee moleculen water per molecule anhydriet in zijn kristalstructuur. De hoeveelheid chemisch gebonden water wordt na de '.' In de formule aangetoond. Bijvoorbeeld voor gips is dit  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . De hoeveelheid chemisch gebonden water wordt in de praktijk bepaald door het materiaal te verwarmen tot 1000 °C. De relatieve vochtigheid van de omgeving heeft dus geen invloed op het afgeven van dit soort water [45].

## 6.6 Hydratatieproces

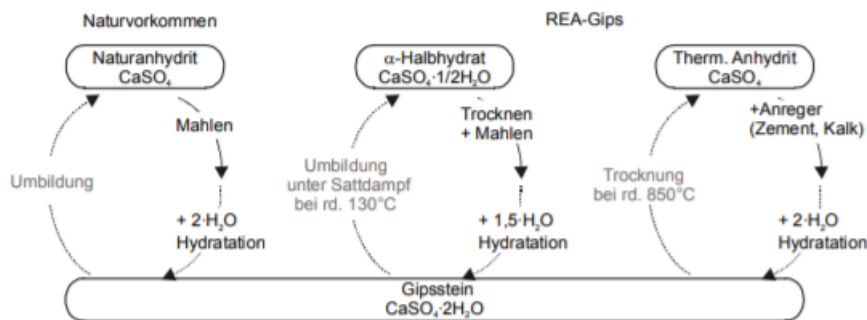
### 6.6.1 Hydraulisch bindmiddel

Cement en kalk zijn hydraulische bindmiddelen omdat ze na hydratatie niet meer oplossen in water [48]. Om die reden is anhydriet of calciumsulfaat dus geen hydraulisch bindmiddel. Een anhydrietgebonden gietdekvloer kan namelijk aangetast worden door stromend water omdat de reactieproducten oplossen [49].

### 6.6.2 Hydratatiereactie

De hydratatiereactie van anhydriet en het mechanisme erachter is niet zo gekend als bij beton of cement. Er is veel onderzoek naar gedaan, maar er zijn tot op heden geen sluitende modellen opgesteld. In deze onderzoeken worden er vaak toevoegsels gebruikt om de reactie in kaart te brengen. Het gebruik van verschillende benaderingen en methoden bepaalt mee de moeilijkheidsgraad om te achterhalen wat als afdoende bewijs aanvaard kan worden. Een paar van deze studies sprongen ertussenuit en worden daarom gebruikt om de hydratatiereactie uit te leggen.

Als bindmiddel wordt meestal het  $\alpha$ -hemihydraat of de waterarme variant  $\gamma$ -anhydriet genomen. De hoeveelheid water nodig om een goede hydratatiereactie te bekomen, verschilt per type anhydriet. Zo bindt de waterarme variant  $\gamma$ -anhydriet sneller met water dan de watervrije variant  $\beta$ -anhydriet. Bij hydratatie vormt het anhydriet gips. Een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer is dus in wezen een gipsvloer. Figuur 13 toont dat alle gipsvormen hydrateren tot gips.



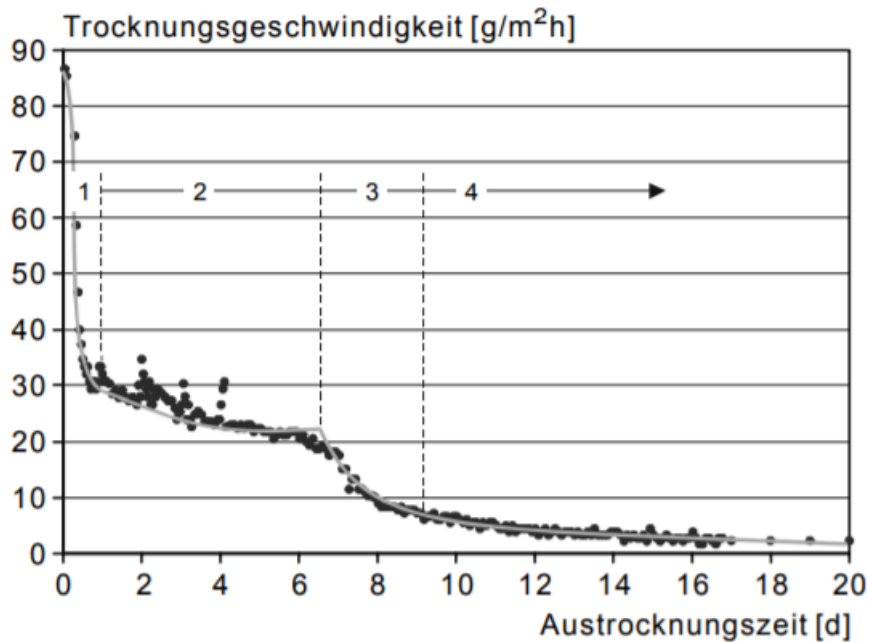
Figuur 13: Hydratatiereactie van verschillende soorten anhydriet of hemi-hydraat [50].

## 6.7 Droogproces

### 6.7.1 Droogsnelheid

Om het droogproces in kaart te brengen wordt er gekeken naar de droogsnelheid. Het droogproces is op te delen in 4 fases wanneer de snelheid van het afgeven van vocht aan de omgeving bekeken wordt in de tijd. Deze fases zijn weergegeven in Figuur 14. Om deze grafiek te bekomen zijn er proefstukken, met afmetingen 300 mm x 300 mm x 46 mm, gemaakt van een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer. Deze proefstukken zijn bewaard in een omgeving met een constante temperatuur van 20°C en een constante relatieve vochtigheid van 65% [50]. Figuur 14 toont dat er 4 fases zijn doorheen het droogproces.





Figuur 14: Grafiek van de droogsnelheid in functie van de droogtijd [50].

Bij de eerste fase wordt meer dan de helft van het vocht afgedreven. Dit is het water dat bovenaan het proefstuk komt te staan wanneer het proefstuk zich nog in een vloeibare toestand bevindt. Door de hydratatiereactie zal het proefstuk verharden, worden poriën gevormd en droogt het oppervlak uit. Binnen 12 uur zal meer dan 50% van het vocht om het evenwichtsvochtgehalte te bereiken aan de omgeving afgegeven worden. Het proefstuk droogt in deze periode dus het snelst en neemt eveneens snel af.

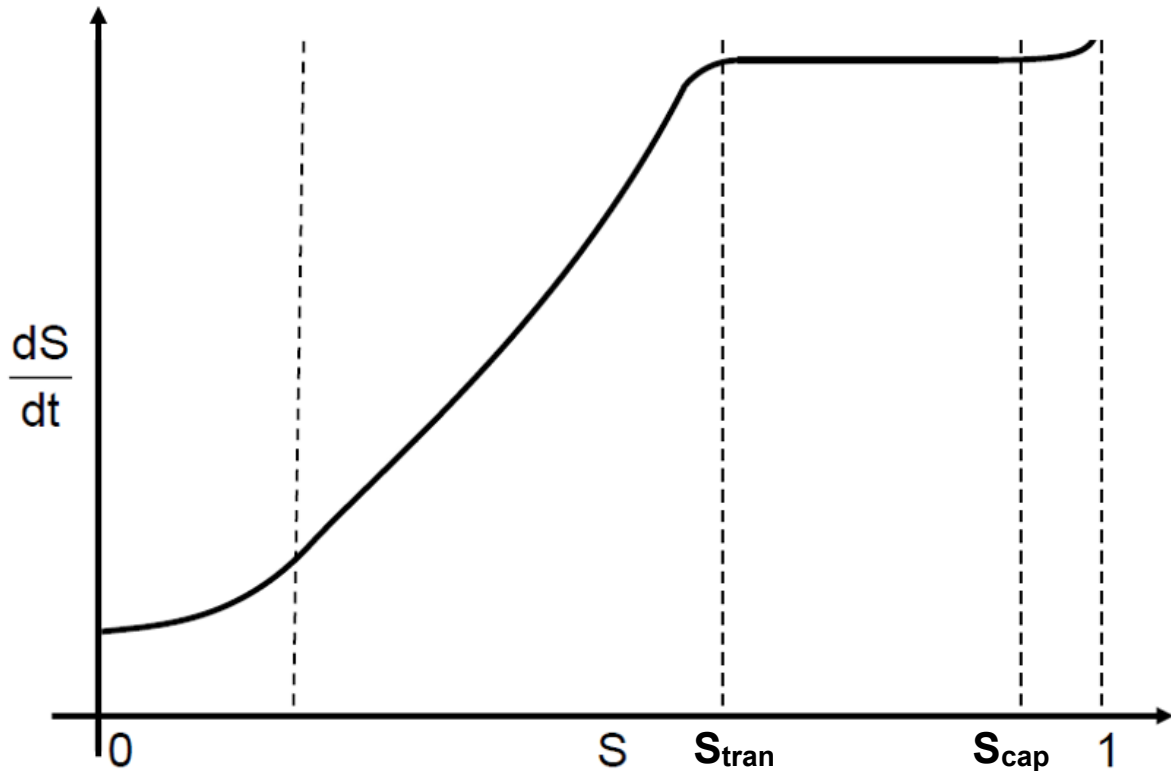
Tijdens de tweede fase is de droogsnelheid nagenoeg constant. Dit is een fase waarbij het water via capillair transport doormiddel van een vochtgradiënt aan het oppervlak wordt gebracht. In vloeibare toestand van het proefstuk is deze vochtgradiënt aan het oppervlak echter kleiner dan in het proefstuk zelf. De vochtige grenslaag aan het oppervlak belemmert het afgeven van vocht aan de buitenlucht waardoor de droogsnelheid nagenoeg constant blijft.

De derde fase is een overgangsfase. De capillairen geraken leeg waardoor er nog slechts gering capillair transport plaatsvindt. Het vochttransport aan de grenslaag is groter dan dit vanuit de binnenkant van het proefstuk, hierdoor droogt het oppervlak snel uit en vindt er tegen het einde van deze fase enkel nog droging plaats door diffusie. De droogsnelheid neemt snel af.

In de laatste en vierde fase domineert droging door diffusie omdat het oppervlak te droog is voor capillair vochttransport. Doordat de grenslaag nog maar een beperkte invloed heeft is de droogsnelheid nagenoeg constant. Deze fase loopt tot het evenwichtsvochtgehalte, dat in relatie staat tot de relatieve vochtigheid, bereikt wordt.

Wanneer dit droogproces vergeleken wordt met de sorptiecurve van poreuze materialen, wordt een gelijkaardig verloop aangetoond. Dit verloop is in Figuur 15 gekoppeld aan het percentage vocht in het materiaal, met andere woorden de verzadigingsgraad  $S$ . Om de tweede fase van het droogproces, namelijk capillaire droging, te initiëren is het nodig om het capillair vochtgehalte  $S_{cap}$  van de anhydrietgebonden gietdekvloer te bereiken. Capillaire droging vindt plaats aan een constant tempo vanaf het capillair vochtgehalte  $S_{cap}$  tot aan het transitievochtgehalte  $S_{tran}$ . Na het bereiken van het transitievochtgehalte neemt dampdiffusie geleidelijk aan over en zal droging aan een dalende snelheid plaatsvinden in de derde fase.

Dit gehele proces kan ook omgekeerd plaatsvinden. Wanneer de relatieve vochtigheid van de omgeving hoger is dan deze in het proefstuk, zal het proefstuk vocht aantrekken. Dit vocht wordt hygroscopisch vocht genoemd.



Figuur 15: Karakteristieke vochtparameters [51].

### 6.7.2 Porositeit

De porositeit is een maat om aan te duiden hoeveel holten er zich in een materiaal bevinden [52]. Deze holten of poriën vullen zich met lucht en water, zowel in gasvormige toestand als vloeibare toestand. Het gewicht van een met water verzadigd materiaal is hoger dan dat van het gedroogd materiaal. Tijdens het drogen wordt water, dat zich in de poriën nestelt, afgegeven aan de omgeving. Dit gebeurt via een netwerk van poriën die met elkaar in verbinding staan. Door de massa van het volledig verzadigd proefstuk te vergelijken met de massa van het proefstuk nadat het water uit de poriën verdwenen is, kan de massa van het absorptiewater bepaald worden [53]. Met behulp van de massadichtheid van water, wordt het volume absorptiewater bepaald. Dit volume is nagenoeg gelijk aan het poriënvolume van het materiaal. Een belangrijke opmerking is dat niet alle poriën een netwerk vormen. Alleenstaande poriën gevuld met lucht worden niet meegerekend in het bepalen van de porositeit  $n$ . De formule om de porositeit  $n$  te berekenen is [54]:

$$n = \frac{V_p}{V_t}$$

met

$V_p = \text{poriënvolume [m}^3\text{]}$

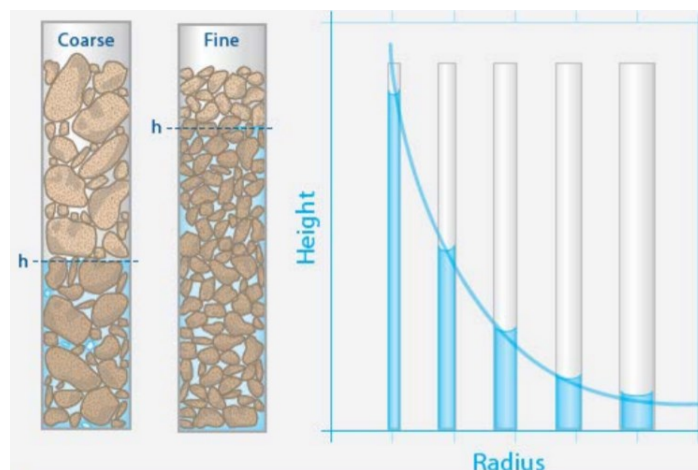
$V_t = \text{totaal volume materiaal [m}^3\text{]}$

De porositeit van een materiaal beïnvloedt de sterkte van dit materiaal. Een materiaal dat compact is, heeft hogere sterkte-eigenschappen. Hier spelen dus ook de poriën, die niet tot het netwerk behoren, een belangrijke rol. Zij beïnvloeden de sterkte van het materiaal mede op een negatieve wijze.

### 6.7.3 Droging door capillariteit

Door de hydratiereductie van het calciumsulfaat bindmiddel met water ontstaan er allerhande poriën in de gebonden gietdekvloer. Indien deze poriën onderling verbonden zijn en er een netwerk van kanalen gevormd wordt, zal het water doorheen deze kanalen uit de gietdekvloer migreren. Dit kan ook omgekeerd, zo kan water vanuit de omgeving via vochtige lucht in de gietdekvloer doordringen. Deze nauwe kanalen worden capillairen genoemd. Droging die plaatsvindt via deze capillairen wordt capillaire droging genoemd. Een anhydrietgebonden gietdekvloer droogt de eerste 10 dagen vooral via dit systeem.

Capillariteit is het natuurkundig verschijnsel waarbij een vloeistof stijgt in een fijne buis of nauw kanaal. Hoe fijner de buis of hoe nauwer het kanaal doorheen het granulaat, des te hoger zal de vloeistof stijgen. De meniscus is concaaf bij capillaire stijging. Dit wordt duidelijk aangetoond in de schematische voorstelling van Figuur 16.



Figuur 16: Schematische voorstelling van capillaire werking in een buis en doorheen grove en fijne granulaten [55].

Aangezien de vloeistof zich verplaatst tegen de richting van de zwaartekracht in, is er werking van een kracht. Deze capillaire kracht is de som van een aantal natuurkundige fenomenen. Zo zijn er twee types aantrekkingskrachten die meespelen: adhesiekrachten tussen de vloeistof en de wanden van het kanaal en cohesiekrachten tussen de vloeistof en de bovenliggende lucht. Verder wordt de capillaire kracht of de capillaire zuigspanning mede bepaald door de oppervlaktespanning van het water, de negatieve druk van de meniscus, de straal van het capillair en de hoek die de rand van het capillair maakt met de horizontale as. In feite neemt de capillaire kracht af bij een kleinere diameter van de porie, maar omdat de massa van het omhoog te stuwende water eveneens daalt en daarmee ook de tegenwerkende zwaartekracht, zal de vloeistof toch hoger stijgen in de porie [56]. Het capillair mechanisme kan beschreven worden met de combinatie van twee thermodynamische wetten, namelijk de wet van Kelvin en de wet van Laplace [57].

- **De wet van Kelvin**

$$P_c = P_w - P_g = \frac{\rho RT}{M} \ln(RV)$$

met

$P_c$  = de capillaire druk [ $N/m^2$ ]

$P_w$  = de druk van het water [ $N/m^2$ ]

$P_g$  = de druk van het gas [ $N/mm^2$ ]

$T$  = de temperatuur [ $K$ ]

$RV$  = Interne relatieve luchtvochtigheid [%]

$M$  = molaire massa van een watermolecule =  $18 \cdot 10^{-3} \frac{kg}{mol}$

$R$  = de universele gasconstante =  $8,314 \frac{J}{mol \cdot K}$

$\rho$  = massadichtheid van water =  $997 \frac{kg}{m^3}$

- **De wet van Laplace**

$$P_w - P_g = \frac{2t \cdot \cos(\vartheta)}{r}$$

met

$t$  = de oppervlaktespanning van het water [ $N/m$ ]

$r$  = de straal van de porie [ $m$ ]

$\vartheta$  = de hoek die de porie maakt met de horizontale as [ $^\circ$ ]

Met de wet van Kelvin en de wet van Laplace wordt duidelijk aangetoond dat de capillaire druk stijgt met een dalende straal van de porie. In Tabel 5 wordt het verband weergegeven tussen de interne relatieve luchtvochtigheid  $RV$  en de overeenkomstig gevulde poriënstraal.. Uit Tabel 5 valt af te leiden dat de capillaire zuigspanning stijgt met een afnemende poriënstraal.

Porenradius	Kapillare Saugspannung, Gl. (4)	Verallgemeinertes Feuchtepotential, Gl. (3)	Relative Luftfeuchte
[m]	[N/mm <sup>2</sup> ; MPa]	[ - ]	[%]
10 <sup>-4</sup>	0,0015	1,3	~100
10 <sup>-5</sup>	0,015	1,2	99,99
10 <sup>-6</sup>	0,15	1,1	99,9
10 <sup>-7</sup>	1,5	1,0	99
10 <sup>-8</sup>	15	0,9	90
5·10 <sup>-9</sup>	29,1	0,81	81
4·10 <sup>-9</sup>	36,4	0,76	76
2,5·10 <sup>-9</sup>	58,2	0,65	65
10 <sup>-9</sup>	145,5	0,34	34

Tabel 5: Verband tussen de poriënstraal, capillaire zuigspanning, gegeneraliseerde vochtpotential volgens Kiehl [ $\Phi = 1,7 + 0,1 \cdot \log(r)$ ] en de relatieve vochtigheid in de porie (cilindrisch,  $\theta = 0$ ) [50]

Bijkomstig speelt ook de stromingsweerstand tegen opzuiging mee. Bij een kleinere diameter van de porie, stijgt deze weerstand en leidt tot een drukval die afhankelijk is van de viscositeit van het water. Dit wordt aangetoond met de wet van Hagen-Poiseuille [58].

$$\Delta p = \frac{8\mu L Q}{\pi \cdot r^2}$$

met

$\Delta p$  = het drukverschil [N/m<sup>2</sup>]

$\mu$  = de dynamische viscositeit [N·s/m<sup>2</sup>]

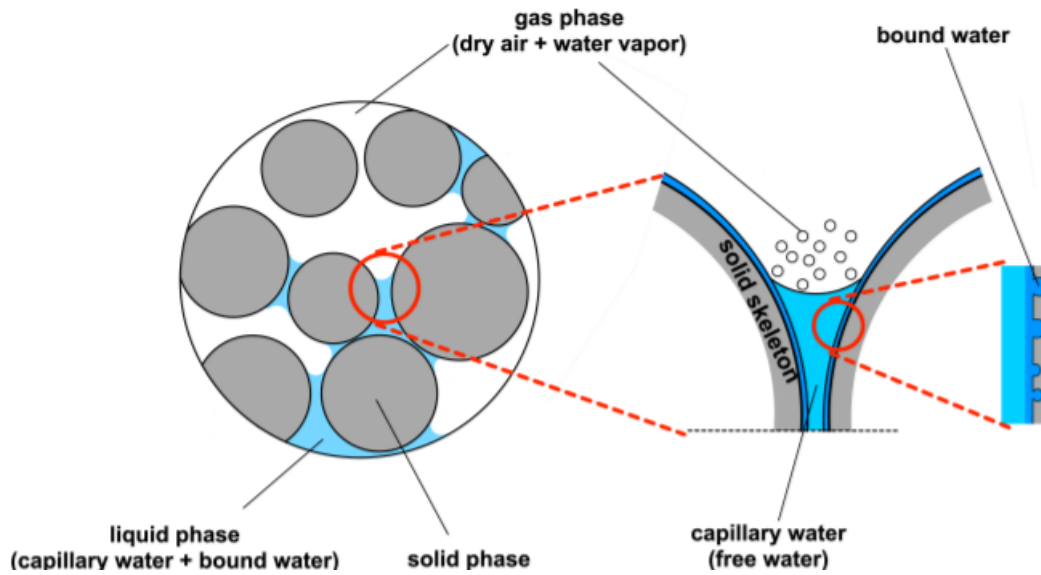
$L$  = de afgelegde weg [m]

$Q$  = het volumetrisch debiet [m<sup>3</sup>/s]

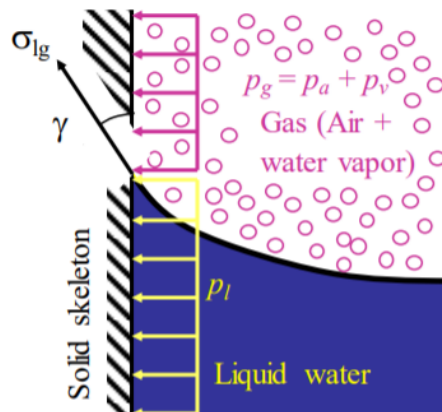
$r$  = de straal van de porie [m]

De capillaire zuigspanning en de stromingsweerstand, leidt ertoe dat de snelheid van capillair vochttransport vanuit het materiaal afneemt bij een afname van de diameter van de porie. Dit werkt in twee richtingen, een materiaal met grote poriën neemt sneller water op en transporteert water eveneens sneller naar het vrije oppervlak vanuit het materiaal [59].

In Figuur 17 en Figuur 18 wordt het mechanisme van de capillaire druk schematisch voorgesteld [51]. Het water vormt een laag rond de granulaten, dit wordt adsorptie genoemd. Door de hydratatiereactie ontstaan poriën die zich vullen met gas en water. Als gevolg van de oppervlaktespanning vormen zich menisci bij de grens tussen de vloeibare en de gasvormige fases. Gebeurt dit bij steeds kleiner wordende poriën dan zal de capillaire druk omhoog gaan volgens de wet van Laplace en daalt de relatieve vochtigheid volgens de wet van Kelvin. Als gevolg van de capillaire druk ontstaan er, onder een hoek  $\gamma$ , drukspanningen  $\sigma_{lg}$  in het materiaal.



Figuur 17: Schematische voorstelling van gebonden water, capillair water en water in gasvorm rondom granulaten [51].



Figuur 18: Schematische voorstelling van capillaire werking met gasdruk  $P_g$ , vloeistofdruk  $P_l$ , drukspanning  $\sigma_{lg}$  en hoek  $\gamma$  [57].

Door dus door de porositeit en dus de capaciteit aan capillairen te vergroten, zal de gietdekvloer sneller drogen. Dit kan bekomen worden door bijvoorbeeld meer water te gebruiken dan nodig voor de hydratatiereactie, welk zal leiden tot een toename van het capillair volume aan holtes.

#### 6.7.4 Droging door diffusie

Lucht bestaat uit droge lucht en waterdamp. Beiden zijn ideale gassen die respectievelijk een luchtdruk en dampdruk hebben als eigenschap. Via de ideale gaswet van Boyle en Gay-Lussac kunnen deze drukken berekend worden [60].

$$p.V = n.R.T$$

met

$p =$  de gasdruk [ $N/m^2$ ]

$V =$  het volume [ $m^3$ ]

$n =$  aantal mol

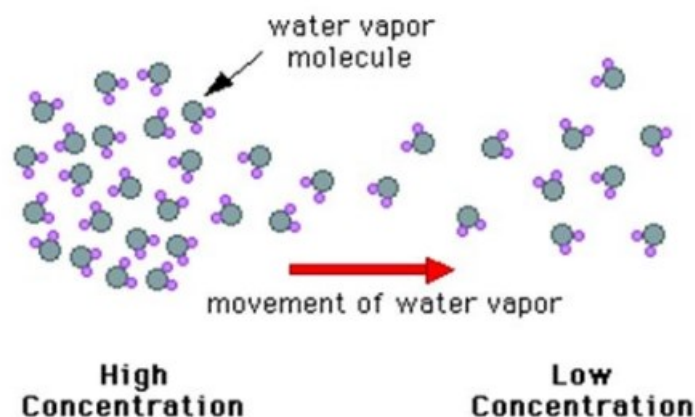
$R =$  de universele gasconstante 8.3144598 [ $J/(mol.K)$ ]

$T =$  de temperatuur [ $K$ ]

Volgens de wet van Dalton is de totale druk gelijk aan de som van de partiële drukken. Hieruit volgt dat de luchtdruk gelijk is aan de som van de droge lucht en de dampdruk [61].

$$p_{lucht} = p_{droge\ lucht} + p_{waterdamp}$$

Diffusie is het proces waarbij, door dampconcentratieverschillen in de lucht, waterdamp van een hoge concentratie naar een lage concentratie diffundeert tot een evenwicht bereikt wordt.

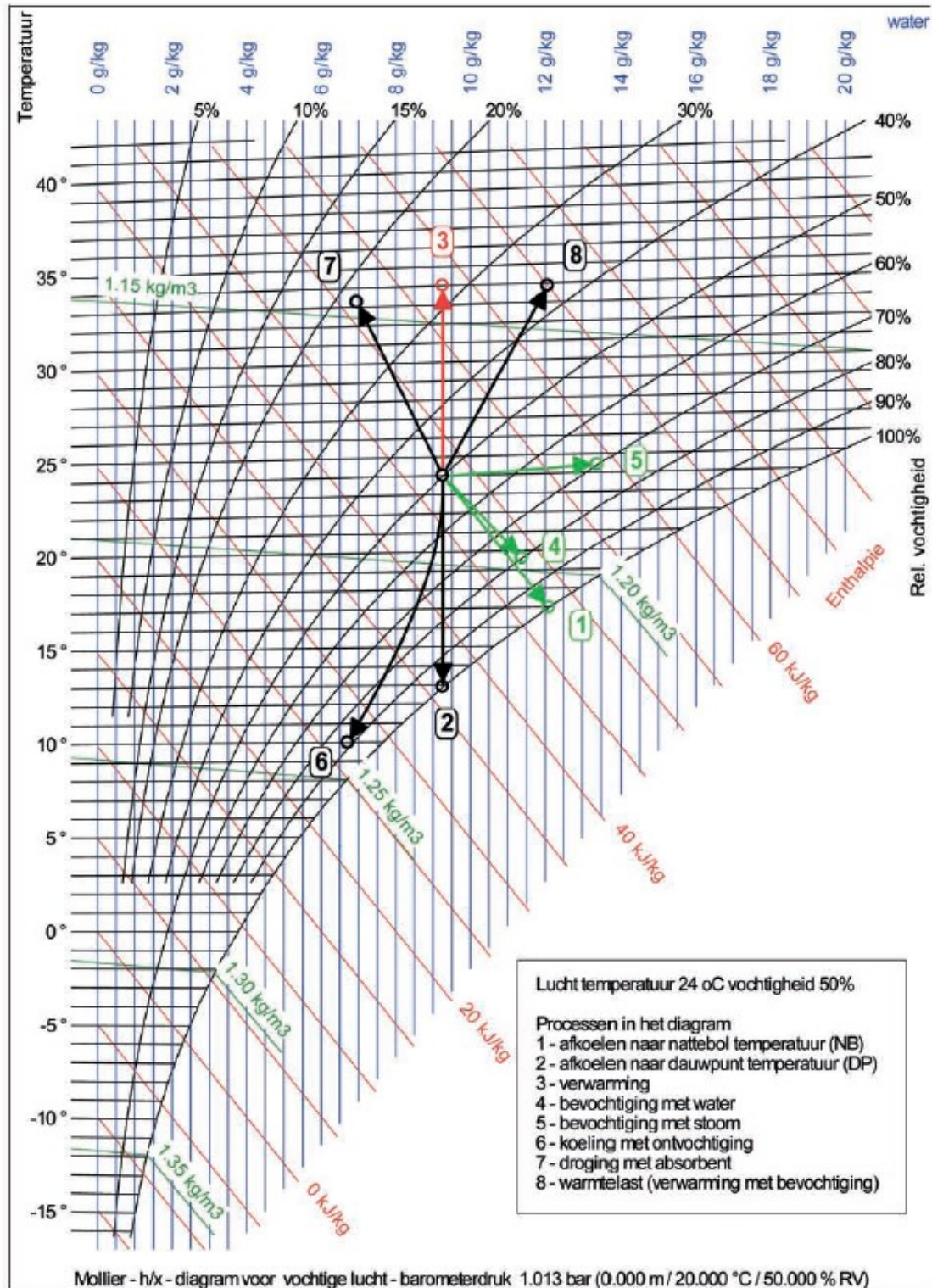


Figuur 19: Diffusie van waterdamp van een hoge naar een lage concentratie [62].

Dit transport vindt ook plaats bij de droging van een anhydrietgebonden gietdekvloer. Wanneer de capillaire kracht niet meer voldoende is om water aan het vrije oppervlak te brengen, ontstaat er een droge zone. De snelheid van het drogen neemt af, aangezien deze droge zone overbrugt dient te worden. Dit gebeurt aan de hand van diffusie van waterdamp [59]. Met het groter worden van deze droge zone, zal de snelheid van het watertransport afnemen tot bereik van het evenwichtsvochtgehalte. De natuur tracht altijd een evenwicht te bekomen. Zo ook wanneer er een verschil is in waterdampdruk tussen het te drogen materiaal en de omliggende lucht.

De hoeveelheid vocht die het materiaal kan afgeven hangt af van de relatieve luchtvochtigheid van de omgeving en van de temperatuur. Wanneer de lucht verzadigd is, d.w.z. een relatieve luchtvochtigheid heeft van 100%, kan de lucht geen water meer opnemen. De temperatuur van de lucht speelt eveneens een belangrijke rol. Bij een hoge

temperatuur kan er meer vocht opgenomen worden en omgekeerd. Wanneer vertrokken wordt van een relatieve vochtigheid (RV) van bijvoorbeeld 70% en de temperatuur daalt, zal uiteindelijk een RV bekomen worden van 100%. De temperatuur die hiermee gepaard gaat wordt de dauwpunttemperatuur genoemd. De toestand van vochtige lucht wordt bepaald a.d.h.v. het diagram van Mollier. Nr. 2 beschrijft deze toestandsverandering.



Figuur 20: Het diagram van Mollier [63].



De toestand van de vochtige lucht wordt bepaald d.m.v. vier parameters:

- 1) De temperatuur ( $\theta$ )
- 2) Het waterdampgehalte ( $x$ )
- 3) De enthalpie ( $h$ )
- 4) De relatieve vochtigheid ( $\varphi$ )

De relatieve vochtigheid geeft weer hoeveel waterdamp er zich in de lucht bevindt ten opzichte van de maximale waterdamp die er zich in de lucht kan bevinden [64].

$$\varphi = \frac{\text{werkelijke hoeveelheid waterdamp}}{\text{maximale hoeveelheid waterdamp}} * 100$$

Een andere manier om de relatieve vochtigheid uit te drukken is met behulp van de dampdrukken. RV is dan de werkelijke dampdruk  $P$  ten opzichte van de maximale dampdruk  $P'$  bij eenzelfde temperatuur [64].

$$\varphi = \frac{P}{P'}$$

Met een toenemende porositeit stijgt in het algemeen ook de snelheid van watertransport door diffusie.

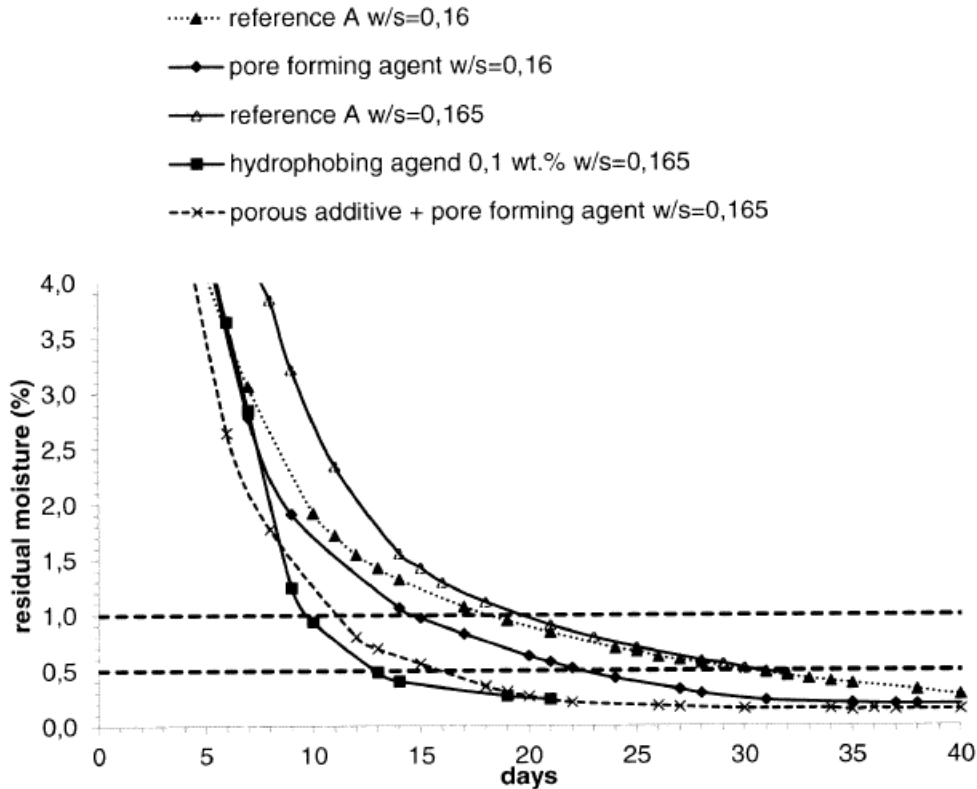
## 6.8 Restvochtgehalte

Een anhydrietgebonden gietdekvloer verkrijgt zijn sterkte door te drogen. De mate van droging die nodig is om beschouwd te worden als 'droog' is vastgelegd als een percentage dat bekomen wordt door het uitvoeren van een calcium carbide meting. Welk percentage behaald dient te worden is afhankelijk van welke vloerbedekking er op de chape gelegd zal worden.

1% CM	:	dampdoorlatende vloerbedekking
0,5% CM	:	dampwerende vloerbedekking
0,3% CM	:	indien vloerverwarming

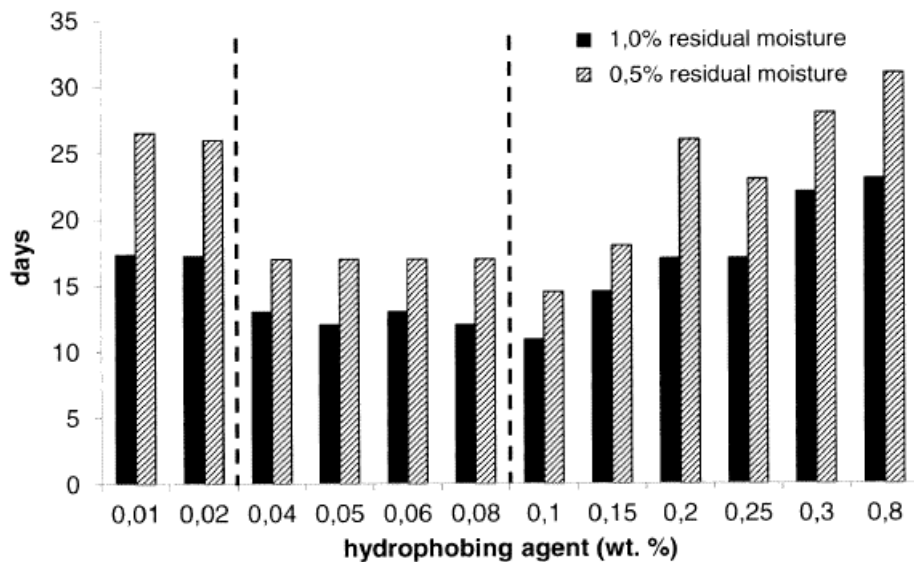
## 6.9 Toevoegsels

Het welgekende merk en globaal Duits bedrijf Knauff heeft aan de hand van een gepatenteerd onderzoek onderzocht welke toevoegsels in aanmerking komen om de droogtijd van een anhydrietgebonden gietdekvloer te verminderen [65]. Hun bevindingen dienen als basis op vlak van de keuze van toevoegsels voor dit onderzoek. Figuur 21 toont de samenstellingen die in dit onderzoek gebruikt zijn. De afkorting 'wt.%' staat voor 'weight percentage', dit is niet meer dan het massapercentage van het toevoegsel ten opzichte van het totale droge mengsel. Tot het totale droge mengsel behoren het bindmiddel anhydriet, zand en eventuele toevoegsel. Enkel het water dat de binding in stand brengt behoort dus niet tot het droge mengsel. De aanduiding 'w/s' staat voor 'water/solid-ratio'. Dit is de verhouding tussen de hoeveelheid toegevoegd water en het totale droge mengsel [66].



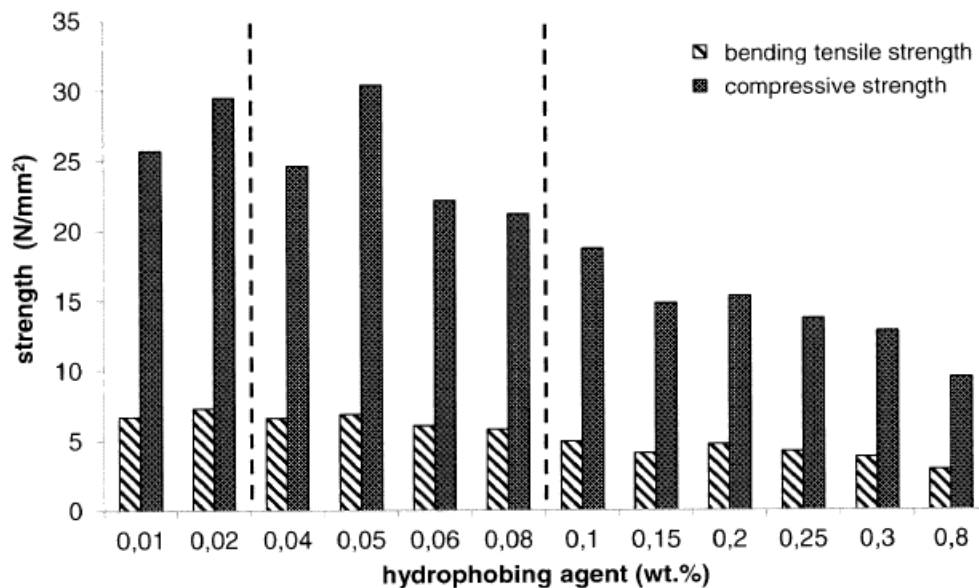
Figuur 21: Grafiek van het gepatenteerd onderzoek van Knauff tussen verschillende toevoegsels [67].

Uit de grafiek van figuur 22 kan afgeleid worden dat 0,1 M% de droogtijd van een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer het meest reduceert.



Figuur 22: Grafiek van het gepatenteerd onderzoek van Knauff ter bepaling van het ideaal massapercentage van het hydrofoob middel om snelle droging te bekomen met grenswaarden 0,5 en 1,0% CM [67].

Figuur 23 toont dat de druk- en buigtreksterkte afneemt met een toenemende concentratie aan hydrofoob middel.



Figuur 23: Grafiek van het gepatenteerd onderzoek van Knauff ter bepaling van het ideaal massapercentage van het hydrofoob middel om voldoende buigtrek- en druksterkte te bekomen [67].

Vliegassen werken als een katalysator. Dit proces is ook zichtbaar bij het vormen van gipslagen. Er bestaan verschillende toevoegsels die ofwel specifiek inwerken op een fase van het droogproces, ofwel inwerken op beide fasen. Sommige toevoegsels versnellen de capillaire droging, andere versnellen de droging door diffusie. Het is echter aangetoond door een gepatenteerde studie van Knauff dat een hydrofoob middel gebaseerd op silanen of siloxanen bijdraagt aan het versnellen van droging in beide fasen. Het is echter wel cruciaal om slechts 0,1 massaprocent aan het droge mengsel toe te voegen [67]. Het onderzoek van Knauff is zeer uitgebreid en ligt aan de basis van de keuze van de toevoegsels voor dit onderzoek.

De formule van massaprocent is:

$$M\% = \frac{\text{massa element}}{\text{totale massa}} * 100$$

## 6.10 Hydrofoob middel

De term 'hydrofoob' betekent 'waterafstotend'. Hydrofobe stoffen zijn waterafstotend of mengen zeer slecht met water. Dit middel wordt gebruikt om poreuze materialen te beschermen tegen het indringen van water en het oppervlak te vrijwaren van vuilophoping. Belangrijk om mee te nemen is dat het toevoegen van hydrofoob middel niet in dezelfde hoeveelheid gebeurt om de gehele gietdekvloer waterafstotend te maken. Het hydrofoob middel beschermt de gietdekvloer tegen indringing van vocht uit de omgeving, maar als de dosis te hoog is, zal het ook het afgeven van vocht aan de omgeving verhinderen. In een kleine dosis wordt er echter aangenomen dat het de oppervlakten van de poriën waterafstotend maakt en zo zowel de capillaire droging als droging door diffusie bevordert [65]. Uit de literatuur en via marktonderzoek is gebleken dat een hydrofoob middel op basis van silanen en siloxanen het beste werkt.

Volgens het onderzoek van Knauff is het toevoegen van 0,1 M% van deze stof aan het mengsel een ideale hoeveelheid [65]. Aangezien het middel moeilijk tot niet mengt met water is het logisch dat de toegevoegde hoeveelheid klein is. Deze massahoeveelheid hydrofoob middel toevoegen is echter geen baanbrekende ontdekking van Knauff. Spelers op de markt met kant-en-klare anhydrietgebonden gietdekvloermengsels zijn ook op de hoogte van deze hoeveelheid en de positieve werking ervan op het reduceren van de droogtijd.

## 6.11 Poreus middel

Puimsteen is een poreus middel dat ontstaat bij vulkaanuitbarstingen. Het is een chemisch inert en poreus mineraal [68]. Puimsteen is 100% natuurlijk, sterk en licht. Verder absorbeert het goed vocht, de waterabsorptie gaat tot 55% van het droog gewicht [69]. Dit komt door de hoge porositeit. Hierdoor geeft het dit vocht ook goed af.

Puimsteen werd al in de tijd van de Romeinen gebruikt voor de constructie van hun aquaducten en tempels. Het bevat een hoge concentratie aan aluminiumhoudende en siliciumhoudende materialen. Hiervan zijn aluminiumoxide ( $Al_2O_3$ ) en siliciumdioxide ( $SiO_2$ ), ook bekend als silica, de meest voorkomende. Bij de combinatie van portlandcement en kalk, dat vaak calciumhydroxide ( $Ca(OH)_2$ ) of ongebluste kalk ( $CaO$ ) bevat, vormt het namelijk calciumaluminahydraten (CAH) en calciumsilicahydraten (CSH) [70]. De hydraulische eigenschap van het hydraat betekent dat het niet meer oplost in water [71]. Dit hydraat is primair verantwoordelijk voor de sterkte van materialen die op cement zijn gebaseerd. Bij calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren worden geen CHS-hydraten gevormd door de afwezigheid van kalk. Bijkomstig is calciumsulfaat ook geen hydraulisch bindmiddel, wat reeds aangehaald werd in 9.1. De fijne korrel van de puimsteen zorgt er wel voor dat de porositeit en de porieverdeling van de gietdekvloer verhoogt.

Doordat de porositeit verhoogt ontstaan er meer dampdrukverschillen waardoor vochttransport door diffusie bevorderd wordt. Om de porositeit van het materiaal enigszins tegen te gaan, kan superplastificeerder toegevoegd worden.

## 6.12 Dispersiemiddel

Wanneer een stof fijn verdeeld is in een andere stof dan wordt dit in de fysische chemie benoemd als een dispersie. Het fijn verdelen van een poeder in een vloeistof wordt bestempeld als dispergeren. Door een dispersiemiddel toe te voegen aan een anhydrietgebonden mengsel wordt de dichtheid van het mengsel verhoogd en wordt de capillariteit dus verlaagd. Het mengsel zal beter verwerkbaar zijn omdat een dispersiemiddel een hoge plastificerende eigenschap heeft. Hierom dient er ook minder water toegevoegd te worden aan het mengsel bij de aanmaak. Boven vernoemde punten leiden ertoe dat het mengsel eventuele vloerverwarming beter zal omhullen. Doordat er zich minder poriën met lucht in het materiaal bevinden stijgt de thermische geleidbaarheid, aangezien lucht isolerende eigenschappen heeft. Een ander gevolg is dat de sterkte-eigenschappen van het materiaal eveneens stijgen en meer bepaald vooral de druksterkte.

De combinatie van het verhogen van de plasticiteit die leidt tot een nodige lagere waterfractie en de verlaging van de porositeit heeft als gevolg dat de droogtijd van de anhydrietgebonden gietdekvloer daalt. Dispersiemiddel in combinatie met een poreus middel versterkt het gunstige effect.

## 6.13 Kant-en-klare bindmiddelen

Bedrijven zoals Knauff en Grouttech hebben kant-en-klare bindmiddelen ontwikkeld. De exacte samenstelling van deze mengsels is zeer moeilijk te achterhalen. Fabrikanten staan namelijk niet te springen om hun fabrieksgeheimen prijs te geven. Het is dus best om onderzoek te doen naar de vooropgestelde prestaties die deze producten volgens de fabrikant kan vervullen. Wel is gekend dat synthetisch anhydriet gevormd als nevenstof bij het rookgasontzwavelingsproces (RO) en het toevoegen van 0,1 M% hydrofoob middel populair zijn bij deze samenstellingen.

Oorspronkelijk was het de bedoeling om het product van Grouttech, Knopp Prontopp Xtra Speed te produceren als referentie. Doordat de proeven echter een trial-error verloop kenden en de capaciteit van het WTCB beperkt was, zijn deze samenstellingen niet gemaakt.

## 7 Meettechnieken en toestellen

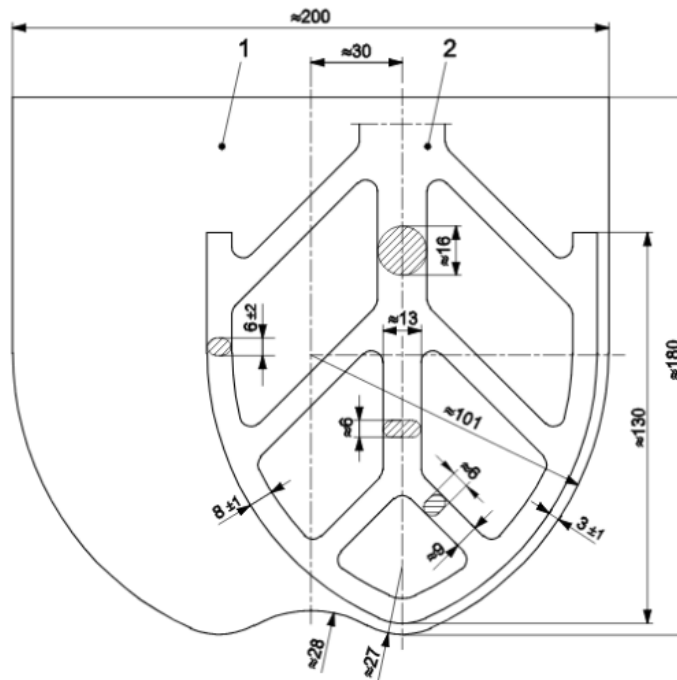
Er zijn verschillende technieken op de markt om het restvochtgehalte te bepalen. Deze technieken kunnen destructief zijn of geen enkele schade berokkenen. Sommige technieken worden toegepast in de praktijk, andere zijn louter weggelegd voor toepassing tijdens het onderzoeken van proefstukken. Tijdens dit onderzoek is er gebruik gemaakt van de 'gravimetrische weging' en de 'calcium carbid methode'.

Verder is het ook belangrijk om aan te tonen dat de samenstelling effectief bestempeld kan worden als een gietdekvloer. Dit gaat gepaard met de consistententieklassen van de samenstelling. Die wordt geverifieerd aan de hand van 'de vloeimaat'.

Tot slot is het noodzakelijk om te bewijzen dat de positieve eigenschappen van een anhydrietgebonden gietdekvloer niet overmatig negatief beïnvloed zijn door het reduceren van de droogtijd. De druksterkte en de buigtreksterkte zijn daarom respectievelijk getest door middel van een 'drukproef' en een 'driepuntsbuigproef'. Het verschijnsel dat dit type gietdekvloer nagenoeg geen krimp ondervindt, is niet geverifieerd voor de samenstellingen in dit onderzoek.

### 7.1 Mixer

Een mortelmixer voor het maken van proefstukken die vergelijkbaar met elkaar zijn, worden gemaakt door een gestandaardiseerde mixer. Zo'n mixer heeft een capaciteit van 5 liter. Figuur 24 toont de vorm van de kom en van de schoep van de mixer. Tabel 6 toont de twee genormeerde snelheden waaraan de mixer kan werken.



Figuur 24: Kom (nr. 1) en schoep (nr. 2) van de mixer, maten in mm (NBN EN 196-1: 2016).

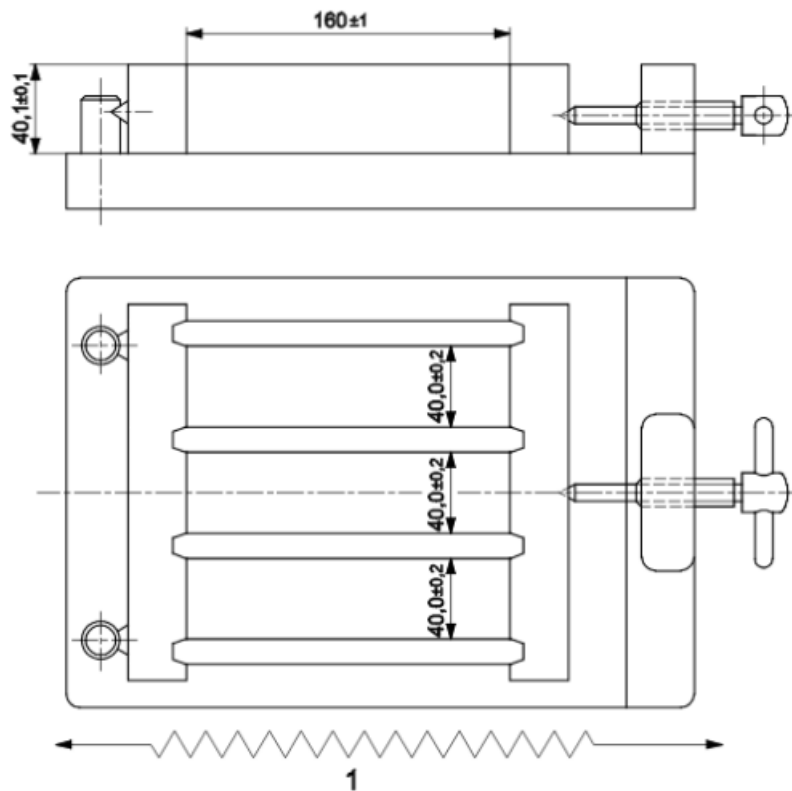
Tabel 6: Snelheden van de schoep van de mixer (NBN EN 196-1: 2016).

	Rotation min <sup>-1</sup>	Planetary movement min <sup>-1</sup>
Low speed	140 ± 5	62 ± 5
High speed	285 ± 10	125 ± 10

## 7.2 Mallen

De mallen die gebruikt worden om proefstukken te maken, welke onderworpen worden aan een buigtrek- en drukproef, zijn onderhevig aan strenge voorwaarden die beschreven staan in NBN EN 196-1: 2016 en NBN EN 13892-1: 2002.

Zo dient de mal te bestaan uit drie horizontale compartimenten met een lengte van 160 mm en een doorsnede van 40 mm x 40 mm. Op deze manier kunnen er drie proefstukken per mal gefabriceerd worden. De mal bestaat uit staal met een dikte van ongeveer 10 mm. De interne wanden dienen een Vickers hardheid (NBN EN 6507-1: 2018) te hebben van minimum HV 200, aangeraden wordt echter HV 400. De mal dient zo vervaardigd te worden dat de proefstukken er gemakkelijk uit verwijderd kunnen worden. Dit wordt bewerkstelligd doordat de wanden in lengterichting zich bevinden in de groeven van de wanden in dwarsrichting, dit wordt getoond in Figuur 25. Deze wanden worden samengehouden door ze aanschroevend tegen elkaar te duwen. Door de wanden eveneens vast te zetten op een bodemplaat kan er geen materiaal uitlekken. De loodrechte stand van de wanden t.o.v. de bodemplaat of t.o.v. een aansluitende wand mag niet groter zijn dan 0,2 mm. Verder dient het staal van de interne wanden ook uiterst vlak te zijn met een tolerantie van 0,03 mm. De mate van ruwheid is ook van belang. De interne wanden mogen niet ruwer zijn dan N8, wat overeenkomt met 3,2 µm [72].



Figuur 25: Schematische voorstelling van een mal met afmetingen en toleranties, maten in mm. (NBN EN 196-1: 2016).



Figuur 26: Mal volgens NBN EN 196-1: 2016.

De mallen worden schoongemaakt met een materiaal dat minder hard is dan de mal zelf. Om adhesie van het mengsel te voorkomen wordt de mal ingesmeerd met een ontkistingsolie zodat de proefstukken gemakkelijk uit de mal kunnen komen. De manier om de mallen te vullen is verschillend t.o.v. wat er beschreven staat voor cement in NBN EN 196-1:2016 7.2. Daar staat namelijk dat de mortel in twee lagen in de mal dient gegoten te worden en dat elke laag dient verdicht te worden door middel van vibratie. In de norm NBN EN 13892-1:2002 en NBN EN 13454-2:2019 staat echter beschreven dat de mallen in één keer mogen worden volgegoten bij een gietdekvloersamenstelling, zonder verdichting. Leg na het gieten een impermeabel materiaal, dat niet reageert met de samenstelling, van 6 mm dikte en een oppervlakte van 210 mm x 185 mm over de volgegote mal. Op die manier zullen de proefstukken niet te snel uitdrogen. Dit dient voorkomen te worden omdat het mengsel anders niet voldoende kan hydrateren en verharden, wat leidt tot een lagere sterkte met het risico op scheurvorming [73].

Geëxpandeerd polystyreen, beter gekend onder de merknaam isomo, wordt ook vaak als mal gebruikt wanneer de proefstukken niet onderworpen worden aan een druk- of buigtrekproef. Figuur 27 toont zo'n mal.



Figuur 27: Mal van geëxpandeerd polystyreen.

### 7.3 Klimaatkamer

NBN EN 13892-1:2002

Beproevingmethoden voor dekvloermortels – Deel 1: Monsterneming, vervaardiging en nabehandeling van proefstukken

NBN EN 13454-2:2019

De proefstukken worden gestockeerd in een klimaatkamer met in achtname van NBN EN 1892-1: 2002 (zie Tabel 7).

Tabel 7: Bewaar temperatuur en bewaarperiode van de proefstukken (NBN EN 1892-1:2002).

screed materials based on	Storage temperature °C	Storage time (days)					
		In the mould			Out of the mould		
		Humidity chamber (95±5)% RH	(65±5)% RH	(50±5)% RH	(95±5)% RH	(65±5)% RH	(50±5)% RH
Cement <sup>a)</sup>	20 ± 2	2	-	-	5	21	-
Calcium Sulphate <sup>b)</sup>	20 ± 2	2	-	-	-	26	-
Magnesite	20 ± 2	-	1	-	-	27	-
Synthetic resin	23 ± 2	-	-	1 <sup>c)</sup>	-	-	27 <sup>c)</sup>

<sup>a)</sup> Cementitious screed materials, which are designated by the manufacturer as polymer modified, should be stored as for synthetic resin materials.  
<sup>b)</sup> Samples for the determination of shrinkage and swelling should be cured following the method given in prEN 13454-2.  
<sup>c)</sup> Or shorter period as designated by the manufacturer.

Bij 'calcium sulphate' staat er dat alle proefstukken bij een temperatuur van  $20 \pm 2$  °C bewaard dienen te worden. Ontkiste proefstukken blijven best bewaard bij een relatieve luchtvochtigheid (RV) van  $65 \pm 5$  %, terwijl proefstukken in de mal best bewaard worden bij een RV van  $95 \pm 5$  %. Buiten deze laatste zijn alle eisen ingewilligd. Tijdens dit onderzoek zijn de proefstukken in de mal namelijk eveneens gestockeerd bij een RV van  $65 \pm 5$  % omdat er een vergelijking gewenst is tussen de ontkiste proefstukken en de proefstukken gedroogd in een mal.

### 7.4 Gravimetrische weging

Gravimetrische analyse of gravimetrie is een term uit de analytische chemie waarbij getracht wordt om kwantitatieve uitspraken te doen over een stof die zich in een andere stof bevindt, door de massa te wegen van een vaste stof. De gravimetrische weging bij droging is gebaseerd op het dalen van het gewicht van een proefstuk doordat er water wordt afgegeven aan de omgeving. Een proefstuk dat vers gegoten is, houdt veel water vast en heeft een



hoge vochtigheidsgraad. Tijdens het hydratatieproces zal een hoeveelheid water gebonden worden in het proefstuk, terwijl het overtollige water afgegeven wordt aan de omgeving. Bij het drogen zal het proefstuk dus een massaverlies ondergaan. Dit massaverlies kan omgerekend worden naar een volume water dat uit het proefstuk is verwijderd:

$$\text{Volume water} = \frac{\text{massaverlies}}{\text{massadichtheid}} \leftrightarrow V = \frac{m}{\rho}$$

Door hetzelfde proefstuk te wegen op verschillende tijdstippen kan door het verlies van deze massa en het gebruik van andere methoden, zoals de calcium carbide methode, aangetoond worden wanneer het proefstuk als 'droog' bestempeld wordt en welke hoeveelheid water daarvoor afgegeven dient te worden.

## 7.5 Calcium carbide methode

Een Calcium Carbide Methode of CCM-meting van 0,5% CM stelt dat de dekvloer droog genoeg is om deze dampdicht af te werken. Door een afgeschraapt monster, 4 kogels en een calciumcarbide ampul in een drukfles te stoppen en te schudden, zal na 15 minuten het vocht uit het monster reageren met de calciumcarbide tot vorming van gas. Op de manometer staan schalen per gewicht van het monster met aanduiding van het massapercentage water gelinkt aan de gasdruk.



## 7.6 De vloeimaat

NBN EN 13454-2:2019

Bindmiddelen voor gietdekvloeren gebaseerd op calciumsulfaat – Deel 2: Testmethoden

NBN EN 1015-3:1999

Proeven voor metselmortel – Deel 3: Bepalen van consistentie van verse mortel (met de schoktafel)

In de norm NBN EN 13454-2:2019 staat dat vloeimaat, voor het vervaardigen van proefstukken met een bindmiddel op basis van calciumsulfaat, groter of gelijk dient te zijn aan 220 mm. Bij dit onderzoek wordt er getracht om een vloeimaat te hebben tussen 230 en 280 mm. Bij Seghers-Setisol gebruiken ze, op de werf omwille van de verwerkbaarheid, soms een vloeimaat die hoger ligt dan 280 mm, maar dit is niet van toepassing in een labo.

Om de vloeimaat te bepalen van een gietdekvloer wordt er een conisch afgeknotte kegel gebruikt als mal. Die wordt beschreven in de norm NBN EN 1015-3:1999 en is gemaakt uit roestvrij staal of messing. De kegel heeft onderaan een diameter van  $100 \pm 0,5$  mm en bovenaan een diameter van  $70 \pm 0,5$  mm. De hoogte bedraagt  $60 \pm 0,5$  mm. De vlakken met

de boven- en onderrand staan loodrecht op de as van de kegel. De mal is glad aan de binnenkant en op de randen. De minimumdikte van de mal bedraagt 2 mm.

NBN EN 13454-2:2019 stelt dat de vloeiplaat en de mal schoongeveegd dienen te worden alvorens een test aangevat wordt. Vul daarna de mal in één keer met het mengsel zonder te verdichten of te vibreren. Het overtollige materiaal dient afgeveegd te worden zodat de mal aan de bovenkant een vlak oppervlak aan materiaal toont. Het bovenste kegelvormig deel, getoond op Figuur 28, wordt afgenomen nadat het materiaal gevuld is tot de rand waarna het bovenste kegelvormig deel breder wordt. Neem de afgeknotte kegel binnen 10 seconden verticaal omhoog en laat de samenstelling vloeien over de plaat. Meet de diameter in twee richtingen loodrecht op elkaar. Het gemiddelde van deze diameters is de vloeimaat. Deze dient bepaald te worden op 1 mm nauwkeurigheid.



*Figuur 28: Afgeknotte kegel uit messing om de vloeimaat te bepalen (NBN EN 1015-3:1999).*

## 7.7 Driepuntsbuigproef

De normen van toepassing zijn:

NBN EN 13892-2: 2002

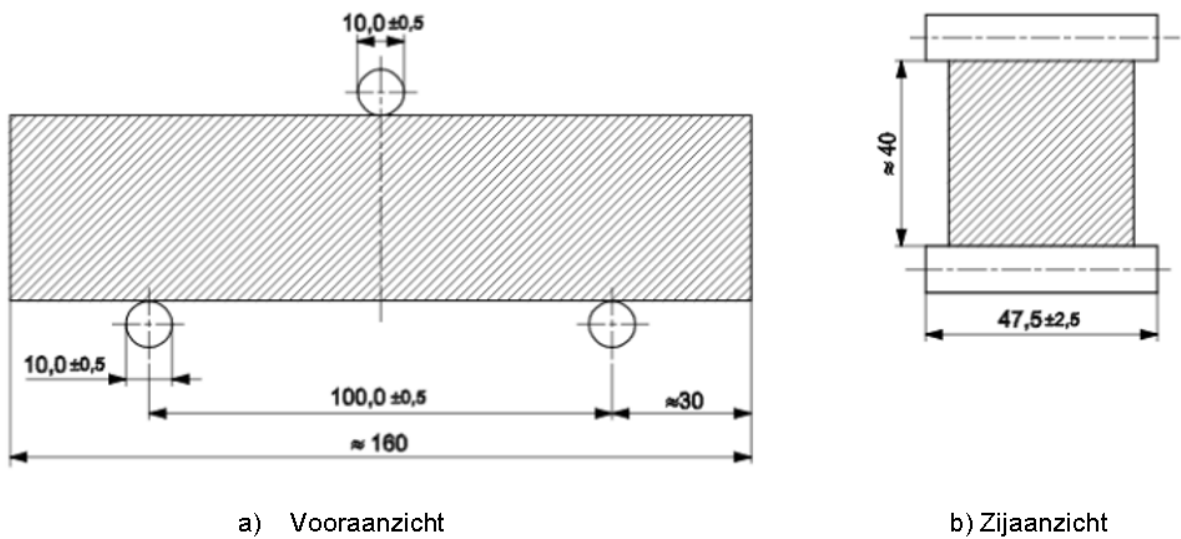
Beproevingmethoden voor dekvloermortels – Deel 2: Bepaling van de buigtrek- en druksterkte

NBN EN 196-1: 2016

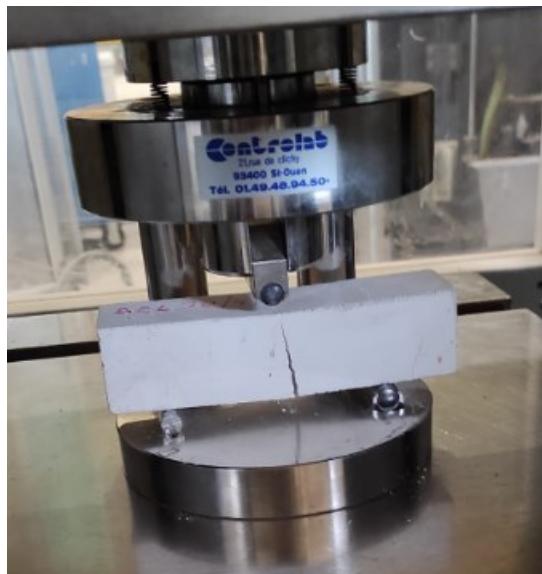
Beproevingmethoden voor cement – Deel 1: Bepaling van de sterkte

De driepuntsbuigproef wordt uitgevoerd alvorens de drukproef wordt aangevat. Losse delen worden van de proefstukken geveegd indien voldoende droging dit toelaat. Daarna wordt het proefstuk gewogen en worden de afmetingen genoteerd. De breedte en hoogte van het proefstuk worden gemeten in het midden van de lengte van het proefstuk. Daar waar de lading zal aangrijpen. Met deze waarden kan de massadichtheid van het proefstuk bepaald worden en in een later stadium kan de buigtreksterkte berekend worden met onderstaande formule. Het proefstuk wordt in de lengterichting ondersteund op twee cilindervormige stalen rolpleggingen met een diameter van  $10 \pm 0,5$  mm en lengte die ligt tussen 45 en 50 mm. De stalen rollen zijn dus langer dan de breedte van het proefstuk dat 40 mm bedraagt. Het centerpunt van de rolpleggingen bevindt zich op  $100,0 \pm 0,5$  mm van elkaar en op ongeveer 30 mm van de kop van het proefstuk. In het midden bovenop het proefstuk wordt eveneens een cilindervormige stalen rol aangebracht, met dezelfde afmetingen als de rolpleggingen. Op deze rol werkt een lading die zonder te schokken verhoogt aan een snelheid van  $50 \pm 10$

N/s. Figuur 29 toont de positionering en de afmetingen van de rollen om de buigtreksterkte te bepalen.



Figuur 29: Positionering en afmetingen van de steunpunten voor het bepalen van de buigtreksterkte, maten in mm. (NBN EN 196-1:2016)



Figuur 30: Foto van de driepuntsbuigproef in de praktijk.

De drie verticale vlakken, die door de rollen lopen, dienen parallel te blijven ten opzichte van elkaar en op dezelfde afstand gelegen en loodrecht ten opzichte van de richting van het proefstuk. Om een uniforme verdeling van de lading over de breedte van het proefstuk te krijgen, zonder het opwekken van torsiespanningen, is het toegestaan dat de bovenste rol en één van de ondersteunende rollen licht kantelen.

De kracht  $F_f$ , die nodig is om het proefstuk doormidden te laten breken, wordt genoteerd. Met onderstaande formule wordt de buigtreksterkte berekend:

$$R_f = \frac{1,5 * F_f * l}{b * d^2} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

met

$F_f$  = buigtrekkracht die leidt tot falen van het proefstuk

$l$  = lengte van de afstand tussen de steunpunten =  $100 \pm 0,5$  mm

$b$  = breedte van het proefstuk, in het midden van de lengte gemeten

$d$  = hoogte van het proefstuk, in het midden van de lengte gemeten

De buigtreksterkte wordt voor elk proefstuk individueel genoteerd met een nauwkeurigheid van  $0,05 \text{ N/mm}^2$  en voor het gemiddelde van de drie proefstukken met een nauwkeurigheid van  $0,1 \text{ N/mm}^2$ .

De klassen, waaronder de gemeten gemiddelde druksterkte kan vallen, is terug te vinden in de norm NBN EN 13813:2002 5.2.1 (zie Tabel 8).

Tabel 8: Buigtreksterkteklassen voor dekvloeren (NBN EN 13813:2002).

Class	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F10	F15	F20	F30	F40	F50
Flexural strength in $\text{N/mm}^2$	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50

**Dwarskrachten- en momentendiagram toevoegen.**

## 7.8 Drukproef

De normen van toepassing zijn:

- NBN EN 13892-2:2002

Beproevingmethoden voor dekvloermortels – Deel 2: Bepaling van de buigtrek- en druksterkte

- NBN EN 196-1:2016

Beproevingmethoden voor cement – Deel 1: Bepaling van de sterkte

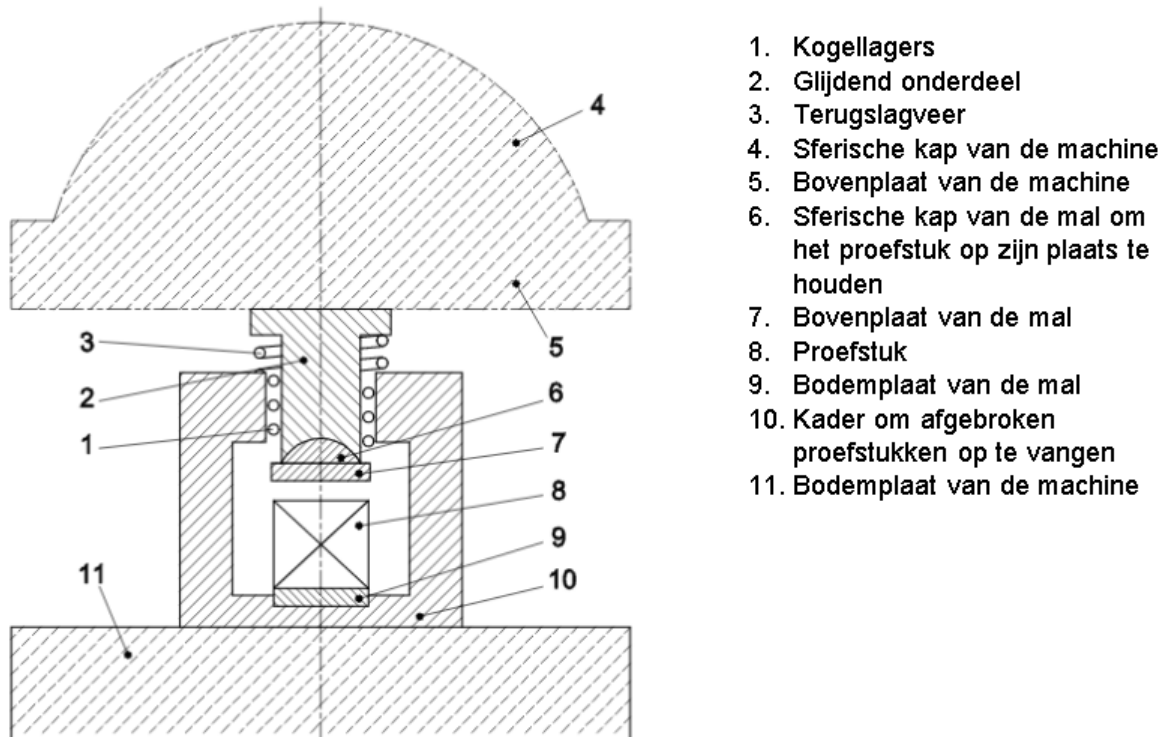
- NBN EN 13813:2002

Dekvloermortel en dekvloeren – Dekvloermortels – Eigenschappen en eisen

De zes bekomen helften, na het doormidden breken van de proefstukken bij uitvoering van de buigtrekproef, worden gebruikt bij de uitvoering van de drukproef.

Losse delen worden verwijderd van de bekomen helften van het proefstuk indien voldoende droging dit toelaat. Daarna dient zo'n helft zo gepositioneerd te worden dat de gegoten zijde 16 mm verder uitsteekt dan het uiteinde van de bovenplaat waarmee het proefstuk op zijn plaats wordt gehouden (zie Figuur 31 nr. 7 Bovenplaat van de mal). Tussen de bovenplaat en de onderplaat dient er zich een kubus van vast materiaal te bevinden, anders is die helft van het proefstuk niet goedgekeurd om de test te ondergaan en dient dit weggegooid te

worden. De lading wordt overgebracht via de bovenplaat en dient over de hele breedte van het proefstuk aan te grijpen. De volledige oppervlakte van deze platen dient zich dus in contact te bevinden met het proefstuk (zie Figuur 32). De aangebrachte lading neemt zonder schokken toe aan een snelheid van  $(2400 \pm 0,5 \text{ N/s})$ . Het geheel van de opstelling zal voorzichtig centraal gepositioneerd worden op de bodemplaat van de machine. Figuur 31 toont de opstelling van het toestel dat gebruikt wordt om de drukproef uit te voeren.



*Figuur 31: Toestel om de druksterkte te testen (NBN EN 196-1: 2016).*



*Figuur 32: Foto van de positionering voor de drukproef in de praktijk.*

Het toestel dient voorzien te zijn om de kracht, die leidt tot het falen van het proefstuk, op te slaan en zichtbaar te houden nadat de machine ontladen is. Dit kan bereikt worden met een digitaal scherm. De toestellen van het WTCB zijn voorzien van zo'n digitaal scherm. Verder is het toestel, nodig om de drukproef uit te voeren, onderhevig aan heel wat strenge eisen. Deze zijn terug te vinden in NBN EN 196-1: 2016, hoofdstuk 4.8 en 4.9.

De kracht  $F_c$ , die nodig is om het proefstuk te laten bezwijken en breuk te laten optreden, wordt genoteerd. Met onderstaande formule wordt de buigtreksterkte berekend:

$$R_c = \frac{F_c}{A} \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

met

$F_c =$  drukkracht die leidt tot falen van het proefstuk

$$A = 40 \text{ mm} * 40 \text{ mm}$$

De druksterkte wordt voor elk proefstuk individueel genoteerd met een nauwkeurigheid van 0,05 N/mm<sup>2</sup> en voor het gemiddelde van de zes proefstukken met een nauwkeurigheid van 0,1 N/mm<sup>2</sup>.

De klassen, waaronder de gemeten gemiddelde druksterkte kan vallen, is terug te vinden in de norm NBN EN 13813:2002 5.2.1 (zie Tabel 9: Druksterkteklassen voor dekvloeren (NBN EN 13813:2002)).

Tabel 9: Druksterkteklassen voor dekvloeren (NBN EN 13813:2002).

Class	C5	C7	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C50	C60	C70	C80
Compressive strength in N/mm <sup>2</sup>	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80

### 7.8.1 Factoren die de druksterkte beïnvloeden

De druksterkte van een anhydrietgebonden gietdekvloer worden door heel wat factoren beïnvloed en zijn gelijkaardig aan deze voor een cementgebonden gietdekvloer, waaronder:

- De porositeit van het materiaal

De porositeit is gekoppeld aan de densiteit. Wanneer de porositeit van het materiaal daalt, stijgt de druksterkte.

- De dikte: Hoe dikker een materiaal, hoe hoger de last die het kan opvangen.
- De W/B-ratio

De capillaire porositeit is mede bepaald door de W/B-ratio. Indien er meer water wordt toegevoegd, gaat er tijdens de hydratatiereactie ook meer water gevangen worden in het materiaal wat poriën creëert. De porositeit verhoogt en dus daalt de druksterkte. Het teveel aan toegevoegd water leidt ook tot segregatie. Bij segregatie gaan de zwaardere elementen in het mengsel zinken, waardoor een niet-homogeen mengsel ontstaat. Hierdoor kunnen grindnesten ontstaan omdat de granulaten niet volledig omringd zijn met bindmiddel.



# III. Proeven



## 8 Beschrijving

Om het doel te bereiken en tot een samenstelling te komen die snel droogt zonder in te boeten aan de sterkte-eigenschappen is er gewerkt rond drie verschillende toevoegsels en de hoeveelheid water die aan het mengsel wordt toegevoegd.

Er worden enkel proefstukken gemaakt van 160 mm x 40 mm x 40 mm. Dit echter wel met metalen mallen van het WTCB als met mallen uit polystyreen (isomo). Proefstukken uit de metalen mallen worden gebruikt om de buigtrek- en drukproeven op uit te voeren. De andere mallen worden gebruikt om met een gravimetrische meting de massa water die afgegeven is aan de omgeving te bepalen of de droogtijd vast te stellen door een Calcium Carbide Method meting uit te voeren.

Zo worden de meeste mallen 2 dagen na het gieten ontkist en zullen deze een droging ondergaan langs 5 oppervlakken. Voor elke samenstelling worden 3 proefstukken in de mal gelaten die op deze manier enkel vocht kunnen afgeven langs het bovenzvlak van het proefstuk. Dit om droging in de praktijk te simuleren.

Er zijn driemaal proefstukken gegoten. Dit was nodig omdat het gieten van proefstukken een trial-error verloop kende. Bij de start van de proeven was het niet geheel duidelijk welke vloeimaat gehanteerd diende te worden om te garanderen dat het mengsel een viscositeit had, zonder segregatie, die in de praktijk als toepasbaar aanzien wordt.

Buiten de referentie worden er drie samenstellingen gemaakt: Om eenvoudig het onderscheid te kunnen maken tussen de samenstellingen wordt er een code meegegeven en verwezen naar de toegevoegde producten ten opzichte van de referentiesamenstelling.

- Referentiesamenstelling = REF
- Experimentele samenstelling = EXP
  - EXP1 (hydrofoob middel)
  - EXP2 (hydrofoob + poreus middel)
  - EXP3 (hydrofoob + poreus + dispersiemiddel)

Om de proeven goed te laten verlopen en relevante resultaten te behalen is het cruciaal om te weten waar de focus gelegd wordt. In dit onderzoek wordt de focus gelegd op het reduceren van de droogtijd van een anhydrietgebonden gietdekvloer. Door de proefstukken te onderwerpen aan een constante relatieve luchtvochtigheid van 60% en een constante temperatuur van 20°C in een klimaatkamer, is de afgifte van water aan die omgeving vergelijkbaar tussen de verschillende samenstellingen.

## 9 Gebruikte materialen

### 9.1 Gebruikt anhydriet

Er zijn twee soorten anhydriet gebruikt tijdens dit onderzoek. Beiden zijn wit van kleur. Om vergissing te voorkomen werd Gyvlon geleverd in rode emmers en Casea in groene emmers.

#### 9.1.1 Gyvlon Classic 20

Het classic 20 product van Gyvlon is een standaardproduct dat gebaseerd is op zuiver thermisch anhydriet of RO-anhydriet. De '20' staat voor het verkrijgen van een druksterkte van 20 N/mm<sup>2</sup>. Het product bevat geen hemi-hydraten. Het bindmiddel bevat eveneens geen portlandcement. Wel bevat het componenten zoals:

- Superplastificeerder (melamine) → maakt het mengsel vloeibaarder
- Starterszouten (kaliumsulfaat) → om de reactie op gang te brengen

Een belangrijke eigenschap van dit bindmiddel is dat er geen bindmiddel huid gevormd wordt. De vloer zal dus niet geschuurd moeten worden en droging wordt dus ook niet belemmerd door de vorming van deze laag. Om dit resultaat te boeken bevat het bindmiddel additieven die de fabrikant geheim wenste te houden.

Er is bij de leverancier gespecificeerd dat het bindmiddel 'Gyvlon Classic 16 & 20' geen van de toevoegsels bevat die gebruikt zijn in dit onderzoek.

Figuur 33: Gyvlon Classic 16 & 20.



Figuur 33: Gyvlon Classic 16 & 20.

#### 9.1.2 Casea Raddiplus T

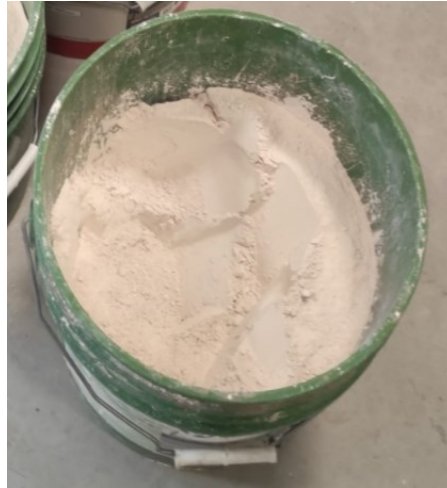
Raddiplus T van Casea wordt het meest gebruikt in de Benelux. Het bindmiddel bestaat uit zuiver thermisch anhydriet. Dit is anhydriet dat via het ontzwavelingsproces van rookgassen als bijproduct geproduceerd wordt. Aan dit bindmiddel worden nog een aantal componenten toegevoegd, zoals:

- 3-5% portlandcement → zorgt voor hydraulische eigenschap
- Superplastificeerder → maakt het mengsel vloeibaarder
- Starterszouten (kaliumsulfaat) → om de reactie op gang te brengen

Net zoals bij het bindmiddel van Gyvlon is het bindmiddel 'Casea Raddiplus T' zo ontworpen dat er zich geen bindmiddel huid vormt.

Er is bij de leverancier gespecificeerd dat het bindmiddel Casea Raddiplus geen van de toevoegsels bevat die gebruikt zijn in dit onderzoek.

Figuur 34 toont het uitzicht van het product.



*Figuur 34: Casea Raddiplus T.*

## 9.2 Gebruikt zand

Er zijn twee types zand gebruikt voor dit onderzoek. Zand van het WTCB en zand dat aangeleverd werd door Seghers-Setisol.

### 9.2.1 Zand WTCB

Het WTCB had zelf zand ter beschikking dat reeds gedroogd was. Figuur 35 toont dit zand.

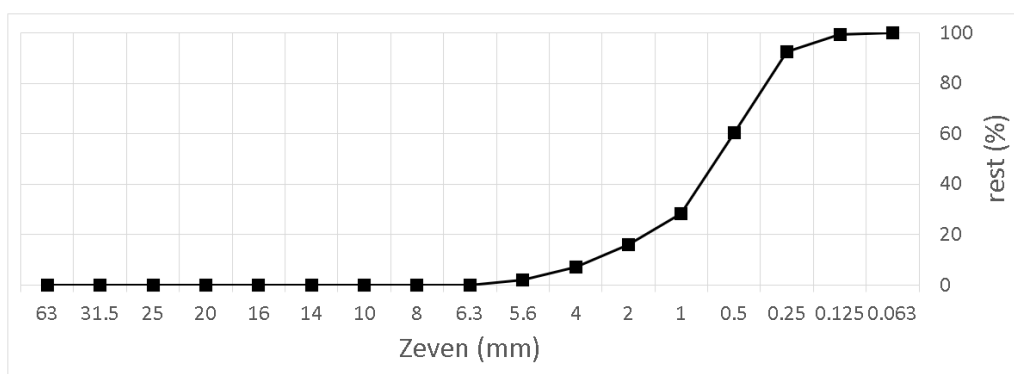


*Figuur 35: Het zand van het WTCB.*

Tabel 10 toont de korrelverdeling en Figuur 36 toont de zeefkromme van de gecumuleerde resten van het WTCB zand.

Tabel 10: Bepaling korrelverdeling van het zand van het WTCB met zeefproef (NBN EN 13139:2013).

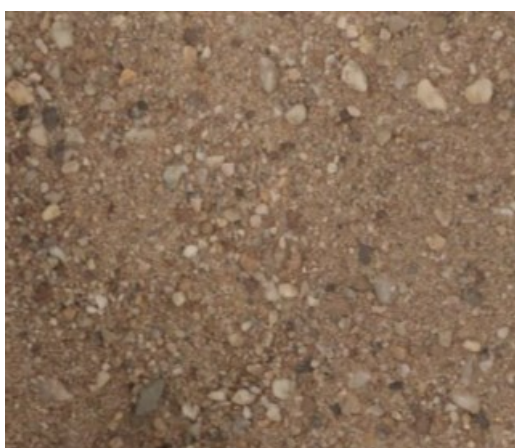
Zeef [mm]	Gecumul. resten [%]	doorval [%]
0.063	99.9	0.1
0.125	99.4	0.6
0.25	92.7	7.3
0.5	60.3	39.7
1	28.5	71.5
2	16.1	83.9
4	7.1	92.9
5.6	2.2	97.8
6.3	0.1	99.9
8	0.1	99.9
10	0	100.0



Figuur 36: Zeefkromme van gecumuleerde resten van het zand van het WTCB.

### 9.2.2 Zand Seghers-Setisol

Het zand van Seghers-Setisol werd nat geleverd, maar om de waterhoeveelheid nauwkeurig te bepalen is dit zand eveneens gedroogd. Figuur 37 toont dit zand.

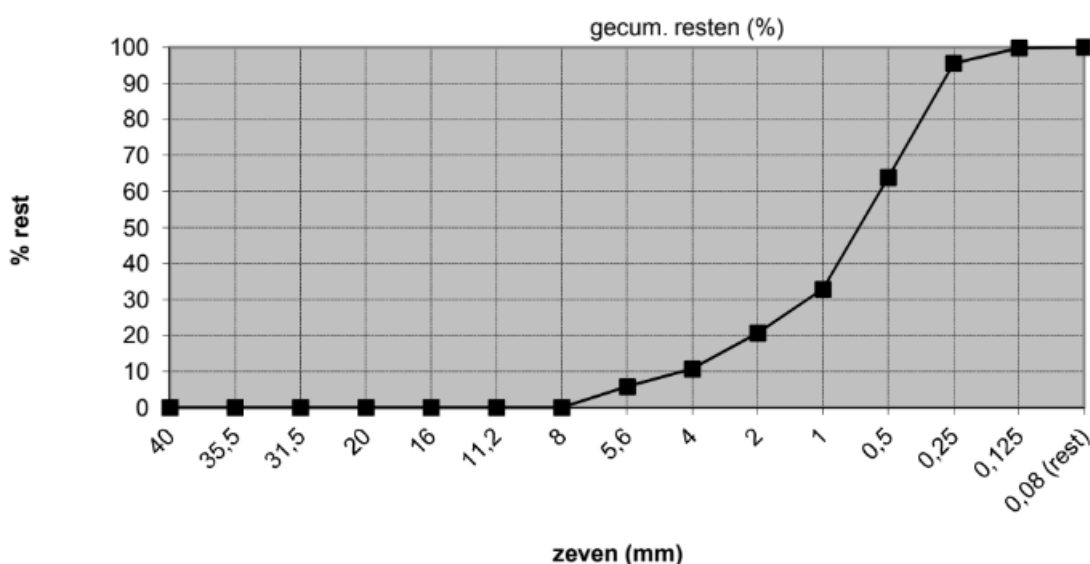


Figuur 37: Zand van Seghers-Setisol.

Tabel 11 toont de korrelverdeling en Figuur 38 toont de zeefkromme van de gecumuleerde resten van het Seghers-Setisol zand.

Tabel 11: Bepaling korrelverdeling van het zand van Seghers-Setisol met zeefproef (NBN EN 13139:2013).

zeef mm	zeefanalyse		doorval	
	g	%	g	%
40		0	967	100
35,5		0	967	100
31,5		0	967	100
22,4		0	967	100
16		0	967	100
11,2		0	967	100
8		0	967	100
5,6	56	6	911	94
4	104	11	863	89
2	200	21	767	79
1	318	33	649	67
0,5	618	64	349	36
0,25	924	96	43	4
0,125	965	100	2	0
0,08 (rest)	967	100	0	0



Figuur 38: Zeefkromme van gecumuleerde resten van het zand van Seghers-Setisol.

## 9.3 Gebruikte toevoegsels

Voor het onderzoek zijn drie toevoegsels gebruikt, al dan niet in combinatie met elkaar. Er is gebruik gemaakt van een hydrofoob, poreus en dispersiemiddel.

### 9.3.1 Hydrofoob middel

Dit toevoegsel kwam als winnaar uit de bus na afronding van het onderzoek van Knauff. Het is dus logisch dat dit toevoegsel meegenomen wordt in het onderzoek. Het hydrofobe middel dat gebruikt wordt in dit onderzoek is van het merk Akemi en wordt benoemd als AKEMI® Natura Impregnator. Dit product is een oplosmiddelvrije impregnering op basis van in water geëmulgeerde silan/siloxan-vermenging. AKEMI® Natura Impregnator dient om poreuze materialen te beschermen tegen het indringen van water en de daarmee gepaard gaande verontreinigende stoffen. Figuur 39 toont dit product.



Figuur 39: Hydrofoob middel Akemi Natura Impregnator.

### 9.3.2 Poreus middel

Het tweede beste mengsel dat uit het onderzoek van Knauff naar voren kwam is een mengsel met 0,1 M% hydrofoob middel en poreus middel. Van het poreus middel mag er een hoeveelheid tussen 0,001 en 10 M% toegevoegd worden aan het mengsel. Er is gekozen om 5 M% van het poreus middel toe te voegen aan de mengsels van het onderzoek van deze masterproef. Eveneens is het belangrijk dat de massadichtheid van het poreus middel zich situeert rond 1,5 kg/l. Omdat het middel anders zal drijven op het water en er geen goede menging tot stand komt. Figuur 40 toont dit product.



Figuur 40: Poreus middel puimsteen.

### 9.3.3 Dispersiemiddel

Het dispersiemiddel gebruikt in dit onderzoek is Multipol van het merk Remix. Het is een universele polymeer/kunststofdispersie waarvan niet gespecificeerd wordt welke polymeren het bevat. Wel wordt vermeld dat het mengsel 5-chloor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on en 2-methyl-2H-isothiazool-3-on [74]. Dit zijn sterk werkende conserveermiddelen die beschermen tegen bacteriën en schimmels [75]. Deze componenten kunnen schadelijk zijn in geval van contact en. Het is dus aangeraden om handschoenen te dragen bij het behandelen van dit product.

Remix Multipol wordt gebruikt als toevoegsel bij calciumsulfaatgebonden mortels en verbetert een aantal eigenschappen.

- Sterkte
- Hechting
- Plasticiteit
- Waterdichting

Figuur 41 toont dit product.



*Figuur 41: Dispersiemiddel Remix Multipol.*

## 10 Bepaling hoeveelheid proefstukken

Van elke samenstelling worden hetzelfde aantal proefstukken gemaakt, dewelke onderworpen worden aan dezelfde testen. Op aanraden van het WTCB zijn er genormeerde metalen mallen (NBN EN 196-1: 2016 en NBN EN 13892-1: 2002) gebruikt voor de proefstukken die onderworpen worden aan een driepuntsbuigproef met daaropvolgend een drukproef. Het aantal mallen van het WTCB was beperkt, daarom zijn er mallen vervaardigd uit geëxtrudeerd polystyreen aangeleverd door Seghers-Setisol. Hiermee werden de overige proefstukken gegoten.

Om te weten hoeveel proefstukken er gemaakt dienen te worden, is het van belang om te bepalen hoeveel testen er uitgevoerd zullen worden en hoeveel proefstukken er volgens de norm nodig zijn per test om relevante resultaten te boeken. In onderstaande norm is terug te vinden welke afmetingen de proefstukken dienen te hebben en hoeveel er gebruikt moeten worden per test (zie Tabel 12). Bij 'flexural and compressive strength', wat betekent 'buigtrek- en druksterkte', staat dat een proefstuk 160 mm x 40 mm x 40 mm dient te zijn en dat er drie proefstukken nodig zijn bij deze testen.

NBN EN 13892-1: 2002

Beproevingmethoden voor dekvloermortels – Deel 1: Monsterneming, vervaardiging en nabehandeling van proefstukken

Tabel 12: Afmetingen mal en aantal proefstukken nodig per test (NBN EN 13892: 2002).

Test	Specimen/Mould size l w d <sup>a</sup>	Number of specimens Required
Flexural and Compressive Strength EN 13892-2 EN ISO 178	160 mm x 40 mm x 40 mm 80 mm x 10 mm x 4 mm	3
Wear resistance Böhme EN 13892-3	71 mm x 71 mm x d <sup>a</sup>	3
Wear resistance BCA EN 13892-4	500 mm x 500 mm x d <sup>a</sup>	1
Wear resistance to rolling wheel prEN 13892-5	500 mm x 500 mm x d <sup>a</sup>	1+1
Surface hardness EN 13892-6	160 mm x 40 mm x 40 mm	3
Shrinkage/Swelling EN 13454-2	160 mm x 40 mm x 40 mm	3
Resistance to rolling wheel with floor covering prEN 13892-7	350 mm x 350 mm x d <sup>a</sup>	3+3
Bond strength EN 13892-8	300 mm x 300 mm x d <sup>a</sup>	2
Modulus of elasticity EN ISO 178	80 mm x 10 mm x 4 mm(preferred)	3
Impact resistance EN ISO 6272	300 mm x 300 mm x d <sup>a</sup>	1

<sup>a</sup> For some products, the thickness d may be the intended applied thickness only or the intended applied thickness onto a support slab

Met behulp van Tabel 12 is de keuze gevallen op:

- 3 meetpunten om drie proefstukken te onderwerpen aan een driepuntsbuigproef met daaropvolgend een drukproef op elke helft (9 proefstukken)



- 6 meetpunten om een CCM uit te voeren, waarvan 3 metingen met overblijfsel van de drukproeven (3 proefstukken)
- 6 meetpunten om 3 proefstukken met droging langs 5 vlakken telkens opnieuw gravimetrisch te wegen (3 proefstukken)
- 6 meetpunten om 3 proefstukken in mal met droging langs bovenvlak telkens opnieuw gravimetrisch te wegen (3 proefstukken)

Per samenstelling werden er 18 proefstukken gegoten, waarvan 9 proefstukken in de metalen mallen van het WTCB en 9 proefstukken in overblijvende metalen mallen of mallen uit geëxpandeerd polystyreen. In totaal werden er dus 162 proefstukken gemaakt voor dit onderzoek.

## 11 Bepaling van de samenstellingen

De uiteindelijke samenstellingen zijn mede gevormd uit het verloop van de uitvoering van de proeven. In eerste instantie was er geopteerd om 2 referentiesamenstellingen (REF) te gebruiken waaronder deze met het bindmiddel Gyvlon en de samenstelling van Prontopp Knopp van Grouttech, die specifiek ontworpen is om de droogtijd van de gietdekvloer te beperken. Hier werden dan 3 experimentele samenstellingen (EXP) met Gyvlon als bindmiddel en zand van het WTCB aan toegevoegd.

- REF Gyvlon
- REF Grouttech
- EXP1 (hydrofoob middel)
- EXP2 (hydrofoob + poreus middel)
- EXP3 (hydrofoob + poreus + dispersiemiddel)

Doordat er echter segregatie ontstond met het zand van het WTCB, is er zand aangeleverd van Seghers-Setisol. Segregatie of ontmenging is het scheiden van bestanddelen die in principe mooi met elkaar dienen te mengen tot een gietdekvloermengsel [76], in dit geval.



*Figuur 42: Segregatie of ontmenging van de anhydrietgebonden samenstelling.*

Daarboven was Seghers-Setisol overgestapt van het bindmiddel Gyvlon naar Casea. Dit in combinatie met de beperkte capaciteit van het WTCB en de hoeveelheid mallen ter beschikking heeft ertoe geleid om de referentiesamenstelling Grouttech te laten vallen,

samen met EXP3. Na het gieten van een eerste reeks samenstellingen met EXP1, 2 en 3 en een droogtijd van 7 dagen kwam EXP3 namelijk qua droogtijd het minst goed uit de verf. Eveneens werd er in een gepatenteerd onderzoek van Knauff reeds vastgesteld dat het toevoegen van 0,1 M% hydrofoob middel betere resultaten oplevert dan het toevoegen van dispersiemiddel in combinatie met een poreus middel zoals puimsteen [67]. De combinatie van EXP2 toonde wel veelbelovende resultaten en was in het onderzoek van Knauff niet onderzocht. Additioneel werden er 2 referentiesamenstellingen gemaakt met Gyvlon en Casea als bindmiddel en respectievelijk zand van het WTCB en van Seghers-Setisol. Deze worden vergeleken met telkens 2 experimentele samenstellingen. Omdat de vloeimaat van de samenstellingen van de eerste reeks niet lag tussen 23 en 28 cm werden EXP1 en EXP3 opnieuw gemaakt en vernoemd als EXPG1 en EXPG2.

In totaal werden er dus 9 samenstellingen geproduceerd.

#### Gyvlon + zand WTCB (eerste reeks)

- EXP1 (hydrofoob middel)
- EXP2 (hydrofoob + poreus + dispersiemiddel)
- EXP3 (poreus + dispersiemiddel)

#### Gyvlon + zand WTCB (tweede reeks)

- REFG
- EXPG1 (hydrofoob middel)
- EXPG2 (hydrofoob + poreus + dispersiemiddel)

#### Casea + zand Seghers-Setisol (derde reeks)

- REFC
- EXPC1 (hydrofoob middel)
- EXPC2 (hydrofoob + poreus + dispersiemiddel)

## **11.1 Aanzet tot de bepaling van de samenstellingen uit referenties**

Om de hoeveelheden van de materialen te bepalen voor iedere samenstelling is er in eerste instantie gekeken naar de hoeveelheden toegepast bij de referentiesamenstellingen. Achteraf zijn er wijzigingen gemaakt die voortvloeien uit de experimenten. Voor de aanvang van de eerste reeks proeven waren de referentiesamenstellingen deze van Gyvlon en Grouttech.

Als referentiesamenstelling van Gyvlon werd gekozen voor een receptuur uit de recepturenlijst van Gyvlon die gegeven werd door Seghers-Setisol. Die samenstelling is in het geel aangeduid op onderstaande recepturenlijst in Tabel 13. Op aanraden van Seghers-Setisol is er een receptuur gekozen van korrel 0-8 mm. Het zand van Seghers-Setisol zou van deze klasse zijn. De hoeveelheid anhydriet, zand en water werd overgenomen voor REFG en EXP1. Deze beogen dus een druksterkte C25, buigtreksterkte F6 en een W/B-ratio van 0,46.

Tabel 13: Recepturenlijst van Gyvlon.

Recepturenlijst specieproductie conform BRL 4308/ CUR-107/ NEN-EN 13813: 2002

10 mei 2007



Korrel 0-4 mm

Type	Classificatie sterkte		Aanduiding	Anhydriet kg/m <sup>3</sup>	Droog zand kg/m <sup>3</sup>	Totaal water max. kg/m <sup>3</sup>	VM nat kg/m <sup>3</sup>	Max. w/g-factor	Max. vloeimaat mm
	Druk	Buigtrek							
CA	C12	F3	CA-C12-F3, K 0-4	550	1330	310	2190	0,57	240
CA	C16	F4	CA-C16-F4, K 0-4	600	1280	310	2190	0,52	250
CA	C20	F5	CA-C20-F5, K 0-4	650	1230	315	2195	0,49	260
CA	C25	F6	CA-C25-F6, K 0-4	700	1150	325	2175	0,47	260
CA	C30	F7	CA-C30-F7, K 0-4	750	1090	330	2170	0,44	260
CA	C35	F7	CA-C35-F7, K 0-4	825	1030	335	2190	0,42	260

Korrel 0-8 mm

Type	Classificatie sterkte		Aanduiding	Anhydriet kg/m <sup>3</sup>	Droog zand kg/m <sup>3</sup>	Totaal water max. kg/m <sup>3</sup>	VM nat kg/m <sup>3</sup>	Max. w/g-factor	Max. vloeimaat mm
	Druk	Buigtrek							
CA	C16	F4	CA-C16-F4, K 0-8	550	1400	280	2230	0,51	230
CA	C20	F5	CA-C20-F5, K 0-8	575	1380	280	2235	0,49	230
CA	C25	F6	CA-C25-F6, K 0-8	625	1310	290	2225	0,46	230
CA	C30	F7	CA-C30-F7, K 0-8	675	1240	300	2215	0,44	220
CA	C35	F7	CA-C35-F7, K 0-8	750	1140	310	2200	0,41	220

Door te kiezen voor een samenstelling met een sterkteklasse F6 wordt tevens de dikte van een zwevende dekvloer bepaald volgens de CUR-Aanbeveling 107. CROW-CUR Aanbevelingen zijn publicaties van afspraken die in de bouw zijn vastgelegd tussen verschillende partijen. Een CUR-aanbeveling is technisch advies afkomstig van het Nederlands kennisplatform CROW, welk vergelijkbaar is met het Belgische WTCB [77]. Tabel 14 toont dat voor een puntbelasting van 3,0 kN of een lijnlast van 10 kN/m, de keuze van buigtreksterkteklasse F6 leidt tot een dikte van 40 mm. De keuze voor dit receptuur is onderbouwd omdat de gemaakte proefstukken eveneens 40 mm hoogte kennen of m.a.w. dik zijn.

Tabel 14: Minimale vloerdikte bepaald door buigtreksterkte (F-waarde) [78].

Buigtreksterkte (N/mm <sup>2</sup> )	Klasse volgens CUR-Aanbeveling 107	Minimale dekvloerdikte (mm)	
		Puntbelasting 1,5 kN (woongebouw) of lijnlast 5 kN/m	Puntbelasting 3,0 kN (kantoorgebouw) of lijnlast 10 kN/m
1,0	F1	70	95
2,0	F2	50	70
3,0	F3	40	55
4,0	F4	35	50
5,0	F5	30	45
6,0	F6	30	40
7,0	F7	25	35

Voor het bepalen van de referentiesamenstelling van Casea, werd er gekeken naar het receptuur getoond in Tabel 15. Dit receptuur werd eveneens geleverd door Seghers-Setisol. Samenstellingen met Casea zijn gemaakt met zand van Seghers-Setisol. Dit werd nat aangeleverd. Het is echter van belang om de juiste hoeveelheid toegevoegd water te bepalen. Daarom werd het zand gedroogd door het WTCB en wordt het recept met droog zand genomen als receptuur. Omdat het absorptiewater van het zand al verrekend is, werd geen extra water toegevoegd bij de referentiesamenstelling.

Tabel 15: Receptuur van Casea voor het maken van Raddiplus T.

C45 - F8 ????????	per charge Mixmobiel			naar 1 m3		
	Kg	Kg	Liters	Liters	Kg	Kg
Bindmiddel	190	190	65	237	695	695
Zand	320	309	117	429	1170	1129
Water	80	91	91	334	293	334
	nat zand vocht 3,50%	droog zand vocht verrekend	273 volume charge	1000 droog zand	2158 RECEPT nat zand	2158 RECEPT droog zand
<b>hoge sterkte &gt;&gt; vloeimaat 27 cm</b>			WBF=water/bindmiddelfactor	WBF	BZF	
			BZF =bindmiddel/zandfactor	0,48	1,6	

Als referentiesamenstelling van Grouttech is er gekeken naar een samenstelling die ontworpen is om de droogtijd van de anhydrietgebonden gietdekvloer te verlagen. Zo is er uitgekomen op PRONTOPP® XtraSpeed ST. Deze samenstelling zou volgens onderstaand deel van de technisch fiche een droogtijd hebben tussen 14 en 21 dagen. De klassen voor druk- en buigtreksterkte zijn respectievelijk C35 en F6. De korrelgrootte van het zand ligt tussen 0 en 4 mm.

Tabel 16: Receptuur van Grouttech voor het maken van PRONTOPP® XtraSpeed ST.

Mischungsmodell	Rezeptur pro m <sup>3</sup>	PRONTOPP®	Einheit
<sup>1)</sup> entspricht 1,0 M-% des Bindemittelgewichtes.	Zuschlag 0/4	700	kg
	PRONTOPP® Compound Anhydritbindemittel	1100	kg
	PRONTOPP® XTRASPEED ST	11	kg <sup>1)</sup>
	Wasser/Bindemittel-Wert	0,32	
Festigkeiten	Kriterium	PRONTOPP®	Einheit
	Biegezugfestigkeit (28 Tage)	F6	N/mm <sup>2</sup>
	Druckfestigkeit (28 Tage)	C35	N/mm <sup>2</sup>
Belegereife	Kriterium	PRONTOPP®	Einheit
	Begehbarkeit	24	Stunden
	Belegereife	14 - 21	Tage

Dieser ideale Estrichmörtel kann nur unter Einhaltung der unten aufgeführten Verarbeitungshinweise hergestellt werden. Die Angaben beziehen sich auf 40 mm bei unbeheizten Estrichen und 60 mm bei beheizten Estrichen, normale klimatische Bedingungen bei + 20° C un einer relativen Luftfeuchte von 65 %.

Het receptuur van Grouttech is enkel gebruikt als referentie om de samenstellingen zo aan te passen. Uitgegaan van de redenering dat het toevoegen van minder water ervoor zorgt dat minder water aan de omgeving dient afgegeven te worden en zo dus de droogtijd verminderd wordt, is voor EXP2 en EXP3 de W/B-ratio van 0,32 overgenomen. In tegenstelling tot de verhouding zand-bindmiddel van het product van Grouttech is er gekozen voor een meer economische benadering waarbij er nog steeds meer zand dan bindmiddel gebruikt wordt bij de experimentele samenstellingen.

Om een goede analyse te maken is het belangrijk om te weten hoe de samenstellingen zijn opgesteld. Het is van belang om te weten welke achterliggende gedachtegang en handelingen geleid hebben tot het bekomen van een specifieke samenstelling.

## 11.2 Bepaling van de samenstellingen zonder toevoegsels

De samenstellingen worden overlopen in de volgorde waarin ze gemaakt zijn omdat het van belang is om de evolutie van beslissingen aan te tonen die mee de volgende samenstelling bepaald. Bij elke samenstelling is de W/B-ratio meegegeven. Voor het omrekenen van liter naar kg bij de W/B-ratio is er voor het water een dichtheid van 1000 kg/m<sup>3</sup> gehanteerd.

### 11.2.1 EXP1

Bij EXP1 is het receptuur van de referentie van Gyvlon aangehouden, getoond in Tabel 17.

Tabel 17: Referentiesamenstelling van Gyvlon voor 1m<sup>3</sup>.

Referentie Gyvlon
625 kg Gyvlon
1310 kg zand
290 l water
0,46 = W/B-ratio

De referentie produceert 1 m<sup>3</sup> anhydrietgebonden gietdekvloer. Deze hoeveelheden worden omgezet naar het volume nodig om 18 proefstukken te maken.

$$18 * V_{proefstuk} = 18 * 0,160 * 0,040 * 0,040 = 0,004608 m^3 = 4,608 l$$

Omdat het zand van Seghers-Setisol nat geleverd werd en dat van het WTCB droog was, werd er een absorptiefactor van 4% voor het zand van het WTCB geteld. De samenstelling van EXP1 zonder toevoegsels wordt getoond in Tabel 18.

$$0,004608 * 625 \text{ kg Gyvlon} = 2,880 \text{ kg Gyvlon}$$

$$0,004608 * 1310 \text{ kg zand} = 6,036 \text{ kg zand}$$

$$0,004608 * 290 \text{ l water} + 0,04 * 6,036 \text{ kg zand} = 1,578 \text{ l water}$$

Tabel 18: Samenstelling van EXP1 zonder toevoegsel.

EXP1
2,880 kg Gyvlon
6,036 kg zand WTCB
1,578 l water
0,55 = W/B-ratio

### 11.2.2 EXP2 en 3

Voor EXP2 en EXP3 is het receptuur van Grouttech gebruikt als referentie om de samenstelling aan te passen naar een sneldrogende samenstelling. Deze samenstelling wordt getoond in Tabel 19.

Tabel 19: Referentiesamenstelling van Grouttech.

Kant-en-klaar mengsel van Grouttech
700 kg zand
1100 kg bindmiddel Prontopp Grouttech (anhydrietmengsel)
11 kg toevoegsel Prontopp Grouttech XTRASPEED ST
352 l water
0,32 = W/B-ratio

Hierbij is er wel economisch geredeneerd. Het kant-en-klaar mengsel van Grouttech gebruikt een grote hoeveelheid anhydriet. Dit is duurder dan wanneer er meer zand gebruikt wordt. Tabel 20 toont de samenstelling van EXP2 en 3 voor productie van 1 m<sup>3</sup>.

Tabel 20: Samenstelling van EXP2 en 3 voor 1 m<sup>3</sup>.

EXP2 en 3 voor 1 m <sup>3</sup>
800 kg Gyvlon
1100 kg zand WTCB
256 l water
0,32 = W/B-ratio

Omgerekend voor 18 proefstukken werd er rekening gehouden met de waterabsorptie van 4% voor het zand, echter werd er geen rekening gehouden met de waterabsorptie van de puimsteen als poreus middel, die tussen 52 [79] en 55% [69] ligt. Het volume van 18 proefstukken bedraagt 0,004608 m<sup>3</sup>.

Tabel 21 toont de samenstelling van EXP2 en 3.

$$0,004608 * 800 \text{ kg Gyvlon} = 6,686 \text{ kg Gyvlon}$$

$$0,004608 * 1100 \text{ kg zand} = 5,069 \text{ kg zand}$$

$$0,004608 * 256 \text{ l water} + 0,04 * 5,069 \text{ kg zand} = 1,382 \text{ l water}$$

Tabel 21: Samenstelling van EXP2 en 3.

EXP2 en 3
3,686 kg Gyvlon
5,069 kg zand WTCB
1,382 l water
0,37 = W/B-ratio

### 11.2.3 REFG

Voor REFG werd de referentie van Gyvlon gebruikt, maar ditmaal zonder toevoegen van 4% van het gewicht van het zand als absorptiefactor omdat EXP1 een te grote vloeimaat van 288 mm bereikte. Tabel 22 toont de samenstelling van REFG.

$$0,004608 * 625 \text{ kg Gyvlon} = 2,880 \text{ kg Gyvlon}$$

$$0,004608 * 1310 \text{ kg zand} = 6,036 \text{ kg zand}$$

$$0,004608 * 290 \text{ l water} = 1,336 \text{ l water}$$

Tabel 22: Samenstelling van REFG.

REFG
2,880 kg Gyvlon
6,036 kg zand WTCB
1,336 l water
0,46 = W/B-ratio

### 11.2.4 EXPG2

Vervolgens is eerst EXPG2 gegoten. Bij EXP2 en 3 was er geen rekening gehouden met de waterabsorptie van het puimsteengehalte. Als absorptiefactor voor puimsteen werd 53% genomen. Echter bestaat er het gevaar dat zo te veel water wordt toegevoegd. Daarom is er geopteerd om te beginnen met de samenstelling van EXP2 en 3, om dan stelselmatig water toe te voegen tot een aanvaardbare vloeimaat bereikt wordt. Er werd dus vertrokken van 1,382 l water. In totaal werd er driemaal water extra toegevoegd tot een vloeimaat van 229 mm bereikt werd. Tabel 23 toont de samenstelling van EXPG2.

$$1,382 \text{ l} \rightarrow \text{vloeimaat} = 178 \text{ mm}$$

$$+ 0,100 \text{ l} \rightarrow \text{vloeimaat} = 222 \text{ mm}$$

$$+ (0,20 + 0,30) \text{ l} \rightarrow \text{vloeimaat} = 229 \text{ mm}$$

$$\text{Totaal toegevoegd water} = 1,532 \text{ l}$$

Tabel 23: Samenstelling van EXPG2.

EXPG2
3,686 kg Gyvlon
5,069 kg zand
1,532 l water
0,42 = W/B-ratio



### 11.2.5 EXPG1

Voor EXPG1 werd de opgedane kennis bij EXPG2 genomen om met terugtellen tot een goede waterhoeveelheid te komen. Zo werd er gestart van 1,532 liter water, hiervan werd de hoeveelheid water voor de puimsteen afgetrokken aangezien EXPG1 geen puimsteen bevat. Tabel 24 toont de samenstelling van EXPG1.

$$1,532 \text{ l water} - 0,53 * 0,463 \text{ kg puimsteen} = 1,287 \text{ l water}$$

Tabel 24: Samenstelling van EXPG1.

EXPG1
3.686 kg Gyvlon
5.069 kg zand WTCB
1.287 l water
0,35 = W/B-ratio

### 11.2.6 REFC

Voor REFC is het receptuur van de referentie van Casea aangehouden. Het receptuur van droog zand is gekozen zodat er reeds rekening gehouden wordt met de absorptiefactor van het zand van Seghers-Setisol. In het receptuur staat dat hiervoor 3,5% wordt genomen. Verder wordt er bij het receptuur van Casea een W/B-ratio van 0,48 vooropgesteld. Voor REFC is er gekozen om minder water te gebruiken en een W/B-ratio aan te houden van 0,43. De vloeimaat kwam op 282 mm. Dit is 2 mm boven de grens van 280 mm, maar gelijklopend met de vloeimaat van REFG die net 280 mm was. Daarom werd de samenstelling voor REFC zo behouden.

Tabel 25 toont de originele samenstelling van de referentie van Casea.

Tabel 25: Samenstelling van de referentie van Casea..

Referentie Casea
695 kg Casea
1129 kg zand
334 l water
0,48 = W/B-ratio

Tabel 26 toont de gebruikte samenstelling als referentie met aangepast W/B-ratio naar 0,43.

Tabel 26: Aangepaste samenstelling van de referentie van Casea voor 1 m<sup>3</sup>.

Aangepaste referentie Casea
695 kg Casea
1129 kg zand
297 l water
0,43 = W/B-ratio

De referentie produceert 1 m<sup>3</sup> anhydrietgebonden gietdekvloer. Deze hoeveelheden worden omgezet naar het volume nodig om 18 proefstukken te maken, welk 0,004608 m<sup>3</sup> bedraagt. Tabel 27 toont de samenstelling van REFC.

$$0,004608 * 695 \text{ kg Gylvon} = 3,203 \text{ kg Gylvon}$$

$$0,004608 * 1129 \text{ kg zand} = 5,202 \text{ kg zand}$$

$$0,004608 * 297 \text{ l water} = 1,368 \text{ l water}$$

Tabel 27: Samenstelling van REFC.

REFC
3,203 kg Casea
5,202 kg zand (zand Seghers)
1,368 l water
0,43 = W/B-ratio

### 11.2.7 EXPC1

Voor EXPC1 is dezelfde samenstelling aangehouden als voor REFC, aangezien enkel een zeer kleine hoeveelheid hydrofoob middel hieraan wordt toegevoegd. Tabel 28 toont de samenstelling van EXPC1.

Tabel 28: Samenstelling van EXPC1.

EXPC1
3,203 kg Casea
5,202 kg zand (zand Seghers)
1,368 l water
0,43 = W/B-ratio

### 11.2.8 EXPC2

Voor EXPC2 is dezelfde samenstelling aangehouden als voor REFC en EXPC1, met toevoeging van 53% absorptie voor het puimsteengehalte. Tabel 29 toont de samenstelling van EXPC2.

$$0,004608 * 297 \text{ l water} + 0,53 * 0,444 \text{ kg puimsteen} = 1,603 \text{ l water}$$

Tabel 29: Samenstelling van EXPC2.

EXPC2
3,203 kg Casea
5,202 kg zand (zand Seghers)
1,603 l water
0,50 = W/B-ratio

### 11.3 Bepaling van de samenstellingen met toevoegsels

Om de hoeveelheden van de toevoegsels te bepalen is er gekeken naar het gepatenteerd onderzoek van Knauff en de grenzen van de massapercentages die in dat onderzoek voorgesteld worden. Van deze grenzen is telkens het gemiddelde genomen. Met uitzondering voor het hydrofoob middel, daar is het massapercentage gekozen dat uit het onderzoek van Knauff als meest gunstig naar voren kwam [65]. De formule van het massapercentage werd reeds vermeld in **hoofdstuk 13**.

- Hydrofoob middel: 0,1 M% → grenzen: 0 – 10 M%
- Poreus middel: 5 M% → grenzen: 0 – 10 M%
- Dispersiemiddel: 0,25 M% → grenzen: 0 – 0,5 M%

Om te tonen hoe deze massapercentages omgezet worden naar hoeveelheden wordt EXPC2 genomen als voorbeeld. Dit wordt getoond in Tabel 30.

Tabel 30: Berekening van de hoeveelheden van de toevoegsels uit de massapercentages.

Proefstuk	Bestanddeel	Cumulatieve hoeveelheden [kg]	M%	Hoeveelheid [kg]
EXPC2	Casea + zand	1824	94.65	1824
	hydrofoob	1825.93	0.10	1.93
	poreus	1920.35	5.00	96.35
	dispersie	1828.82	0.25	4.82

Deze bekomen hoeveelheden werden dan opnieuw omgezet met de factor 0,004608 om de hoeveelheden te bekomen die nodig zijn om 18 proefstukken te maken.

Tabel 31 toont de samenstellingen met de hoeveelheden die gebruikt zijn ter fabricatie van de proefstukken.

Tabel 31: Gebruikte samenstellingen in dit onderzoek.

Proefstukken	Water in mengsel [ml]	Zand WTCB [g]	Zand Seghers-Setisol [g]	Bindmiddel Anhydriet Gylvon [g]	Bindmiddel Anhydriet Casea [g]	Hydrofoob middel [g]	Dispersiemiddel [g]	Poreus middel [g]
EXP1	1578	6036	/	2880	/	8.90	/	/
EXP2	1382	5069	/	3686	/	8.33	23.12	463
EXP3	1382	5069	/	3686	/	/	23.11	462
REFG	1336	6036	/	2880	/	/	/	/
EXPG1	1287	5069	/	3686	/	7.90	/	/
EXPG2	1532	5069	/	3686	/	8.33	23.16	463
REFC	1368	/	5202	/	3203	/	/	/
EXPC1	1368	/	5202	/	3203	7.60	/	/
EXPC2	1603	/	5202	/	3203	8.05	22.30	444

## 12 Planning van de proeven

Tabel 32 toont hoeveel proefstukken er van een specifieke soort (droging langs 5 vlakken of droging langs één vlak) onderworpen dienen te worden aan welke test op welk moment. Dit verloop is voor alle samenstellingen hetzelfde.

Tabel 32: Bepaling van het aantal proefstukken dat onderworpen wordt aan specifieke testen per dag.

dag	0	2	4	8	15	21	28	
# proefst.	18 (=12+6) gieten	3 (testen sterkte + CCM) Gravimetrisch [3+3]	1 (CCM)	1 (CCM)	3 (testen sterkte + CCM) Gravimetr isch [3+3]	1 (CCM)	3 (testen sterkte + CCM) Gravimetr isch [3+3]	Totaal = 3*3+3 +[3+3 ]= 12+6= 18

Voor elk meetpunt worden [3] proefstukken gravimetrisch gemeten (droging langs 5 kanten, uit mal WTCB)

Voor elk meetpunt worden [3] proefstukken gravimetrisch gemeten (droging langs 1 kant, mal Seghers)

## 13 Uitvoering

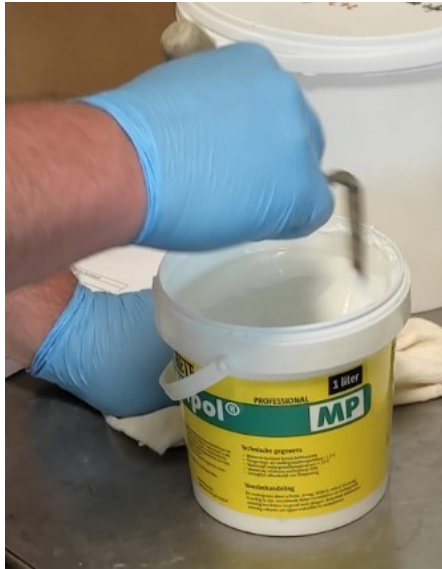
Alle proeven zijn uitgevoerd onder de deskundige begeleiding van het Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, beter gekend als het WTCB. De proeven namen plaats in het proefstation te Limelette.

### 13.1 Afwegen van de hoeveelheden

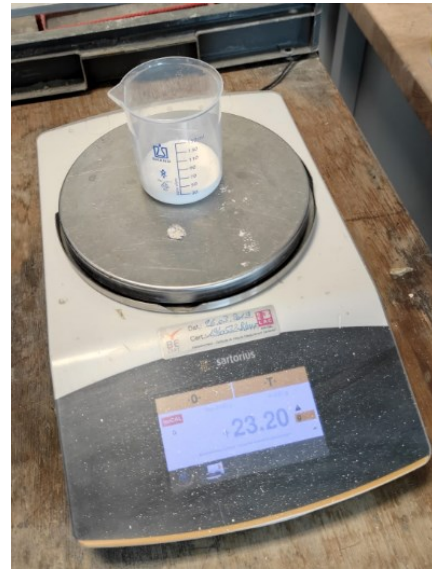
De hoeveelheden zijn omgezet naar een massa, ook die van vloeibare producten. Als massadichtheid voor het water is  $1000 \text{ kg/m}^3$  genomen. Het anhydriet, het zand en de toevoegsels dienen allemaal nauwkeurig afgewogen te worden. Dit gebeurt met tarreren op een weegschaal met een nauwkeurigheid tot twee decimalen. Door gebruik te maken van een pipet kan de massa van kleine hoeveelheden uiterst nauwkeurig bepaald worden. Figuur 43 Figuur 46 tonen hoe de hoeveelheden worden afgewogen.



Figuur 43: Afwegen van het hydrofoob middel met gebruik van pipet.



a) Roeren van het dispersiemiddel



b) Wegen van het dispersiemiddel

*Figuur 44: Afwegen van het dispersiemiddel (a en b)*



*Figuur 45: Afwegen van het calciumsulfaat bindmiddel, het zand en het poreus middel*



*Figuur 46: Afwegen van het toe te voegen water.*

## 13.2 Van mengen tot gieten van de samenstellingen

Voor een gietdekvloer is het belangrijk dat de mallen in één maal volgegoten worden. Het is dus niet de bedoeling om te werken in lagen.

NBN EN 13892-1:2002 en NBN EN 13454-2:2019

De mixer en de schoep zijn niet conform zoals beschreven bij NBN EN 196-1: 2016. Dit kan een invloed hebben op de samenstellingen. De mixer die gebruikt is om de samenstellingen te mengen is denkkelijk een mortelmenger A200 van het merk Hobart [80]. Echter heeft de kom een capaciteit van 15 liter. Dit is bevestigd door het WTCB. Terwijl de mortelmenger A200 een capaciteit heeft van 10 of 20 liter. De snelheid van mengen kon het WTCB niet bevestigen. Wel is geweten dat het de laagste snelheid van het toestel was, want anders spatte het mengsel uit de kom. Mogelijke drie snelheden van het toestel zijn:

- 107 omwentelingen per minuut
- 198 omwentelingen per minuut
- 361 omwentelingen per minuut

Deze komen dus niet overeen met de genormeerde snelheden getoond in Tabel 6. Figuur 47 toont de mortelmenger van Hobart die gebruikt wordt door het WTCB. Figuur 48 toont de schoep die gebruikt is om te mengen.

Eerst wordt de droge substantie gemengd, daarna wordt een beetje water toegevoegd, om vervolgens de bindmiddelen toe te voegen. Tot slot wordt de rest van het water toegevoegd en mengt het toestel de samenstelling voor 2-3 minuten.

Vervolgens dient de vloeimaat bepaald te worden. Dit gebeurt met de kegel of trechter van Hägermann [81], welke genormeerd is. Figuur 49 toont zo'n kegel. Deze wordt gevuld met mengsel en vervolgens recht omhoog getrokken zodat het mengsel vanonder uitvloeit. Hierna wordt de vloeimaat in twee richtingen loodrecht op elkaar gemeten. Het gemiddelde hiervan is de vloeimaat van de samenstelling. Figuur 50Figuur 51 tonen hoe dit in zijn werk gaat. Tot slot wordt het mengsel verdeeld over de mallen in Figuur 52 en afgedekt met plastic totdat ze ontkist mogen worden in Figuur 53, welk normaal gezien plaatsvindt na 24

uur. Dit wordt gedaan zodat het water goed de hydratatiereactie kan verzorgen. Hierna worden de proefstukken in een klimaatkamer geplaatst en volgens de respectievelijke normen beschreven in de literatuurstudie onderworpen aan gravimetrische weging, calcium carbide methode, buigtrek- en drukproef.



*Figuur 47: Mortelmenger van het WTCB [80].*



*Figuur 48: Schoep die gebruikt is om te mengen.*



*Figuur 49: Kegel van Hägermann.*



*Figuur 50: Met mengsel gevulde kegel van Hägermann.*



*Figuur 51: Uitgevoerd mengsel waarvan de vloeimaat wordt genomen.*





*Figuur 52: Volgieten van de mallen met het mengsel.*



*Figuur 53: Afdekken van mallen met plastic.*

### **13.3 Waarnemingen en conclusies**

De sterkte van een proefstuk, dat in een labo wordt gemaakt, verschilt van de sterkte die in het werk wordt geleverd. De sterkte is namelijk afhankelijk van de verdichting die bij de praktische uitvoering komt kijken. Voor de opdrachtgever is de sterkte in het werk van belang. Omwille van dit verschil tussen sterkte van een proefstuk en de sterkte in het werk, was er in de Nederlandse norm NEN 2741:2001 een toevoeging gedaan waarin staat dat de

sterkte van een proefstuk uit de dekvloer in het werk lager mag zijn dan de sterkte van het proefstuk uit het labo. Dit had als gevolg dat wanneer de opdrachtgever bijvoorbeeld vroeg voor een uitvoer met sterkte D20, de gietdekvloer in de praktijk slechts een druksterkte had van minimum 12 N/mm<sup>2</sup> in plaats van minimum 20 N/mm<sup>2</sup>. De eisen waren opgenomen in een tabel (zie Tabel 33).

Tabel 33: Oude sterkte-eisen (NEN 2741:2001) [82].

Sterkteklasse	D15	D20	D30	D40	D50
Gemiddelde druksterkte mortelbalkjes (N/mm <sup>2</sup> )	15	20	30	40	50
Druksterkte proefstuk uit werk tenminste (N/mm <sup>2</sup> )	6	12	18	24	30

Om deze onduidelijkheid tussen aannemer en opdrachtgever uit de wereld te helpen is er in NEN EN 13813 een nieuwe regelgeving uitgewerkt. De druksterkte en buigtreksterkte met symbool C en F duiden op de sterkte van proefstukken die in het labo gemaakt zijn. De druk- en buigtreksterkte van proefstukken uit de dekvloer krijgen een indices 'w' aangemeten. Dit is de 'w' van 'werk'. De opdrachtgever kan dus een druksterkte C<sub>w</sub> aanvragen die de aannemer in de praktijk moet leveren door de juiste keuze van mortel met druksterkte C te bestellen. Tabellen 9 en 10 tonen deze sterkteklassen in het werk voor de druk- en buigtreksterkte.

Tabel 34: Druksterkteklassen van proefstukken uit de dekvloer in het werk (NEN EN 13813).

Sterkte-aanduiding dekvloer	C <sub>w</sub> 5	C <sub>w</sub> 7	C <sub>w</sub> 12	C <sub>w</sub> 16	C <sub>w</sub> 20	C <sub>w</sub> 25	C <sub>w</sub> 30	C <sub>w</sub> 35	C <sub>w</sub> 40	C <sub>w</sub> 50	C <sub>w</sub> 60	C <sub>w</sub> 70	C <sub>w</sub> 80
Druksterkte proefstukken gemiddeld in N/mm <sup>2</sup> tenminste	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80
Elke individuele meetwaarde moet tenminste 85% bedragen van de opgegeven gemiddelde waarde													

Tabel 35: Buigtreksterkteklassen van proefstukken uit de dekvloer in het werk (NEN EN 13813).

Sterkte-aanduiding dekvloer	F <sub>w</sub> 1	F <sub>w</sub> 2	F <sub>w</sub> 3	F <sub>w</sub> 4	F <sub>w</sub> 5	F <sub>w</sub> 6	F <sub>w</sub> 7	F <sub>w</sub> 10	F <sub>w</sub> 15	F <sub>w</sub> 20	F <sub>w</sub> 30	F <sub>w</sub> 40	F <sub>w</sub> 50
Buigtreksterkte proefstukken in N/mm <sup>2</sup> gemiddeld tenminste	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50
Elke individuele meetwaarde moet tenminste 85% bedragen van de opgegeven gemiddelde waarde													

Dit gegeven is belangrijk om aan te tonen dat proefstukken uit het labo niet volledig representatief zijn voor proefstukken uit het werk. Tevens worden normen regelmatig aangepast en daarmee ook de visie op de praktijk.

Verder is het nuttig om eerst water toe te voegen in meerdere stappen om te zien hoe de vloeimaat evolueert. Hieruit kan empirisch bepaald worden hoeveel water nodig is om, voor een bepaalde hoeveelheid van een samenstelling, een bepaalde vloeimaat te bekomen.

*Bouwkunde is een dynamisch veld waaraan dit onderzoek in de positieve zin tracht aan bij te dragen.*

## 14 Resultaten

De proeven zijn uitgevoerd en de verkregen resultaten zijn gedocumenteerd door het WTCB. Om de resultaten representatief voor te stellen zal onderstaande volgorde gehanteerd worden:

- Resultaten CCM-meting
- Resultaten gravimetrisch wegen
- Resultaten vloeimaat, buigtrek- en druksterkteproef

### 14.1 Resultaten CCM-meting

Bij de CCM-meting is het gewicht van het monster, de omgevingstemperatuur, de druk en het overeenstemmend waterpercentage genoteerd. Het is belangrijk om de temperatuur van de omgeving te monitoren, aangezien deze de druk in de drukfles kan beïnvloeden. De opname van deze parameters is bij uitvoering van de CCM-meting na 2, 4, 7, 14, 21 en 28 dagen droogtijd opgemeten. Al de proefstukken waren ontkist tijdens deze metingen. Bij de metingen op dag 2, 14 en 28 werd er een buigtrek- en druksterkteproef uitgevoerd alvorens het % CM werd vastgelegd. Bij elk meetpunt wordt voor elke samenstelling slechts één monster genomen van een proefstuk om onderworpen te worden aan een CCM-meting. Er kan dus geen gemiddelde berekend worden van het % CM van meerdere proefstukken per samenstelling per meetpunt.

De presentatie van de resultaten is onderverdeeld in drie delen:

- Reeks 1: Proefstukken met bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB  
maar met te hoge (> 28 cm) of te lage vloeimaat (< 23 cm)
- Reeks 2: Proefstukken met bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB
- Reeks 3: Proefstukken met bindmiddel Casea en zand van Seghers-Setisol

Tabel 36: Gemeten parameters bij CCM-meting van reeks 1 (bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB).

Proefstukken	Droogtijd [dagen]	Monster [g]	Temperatuur [°C]	Druk P [bar]	Water [%]
EXP1	2	5.01	23-26	0.325	6.3
	4	100.21	26	0.45	0.45
	7	99.95	26	0	0
	14	100.15	26	0.05	0.05
	21	/	/	/	/
	28	/	/	/	/
EXP2	2	10.03	26	0.35	6.8
	4	100.22	26	0.9	0.85
	7	99.98	26	0.25	0.25
	14	100.26	26	0.05	0.05
	21	/	/	/	/
	28	/	/	/	/
EXP3	2	10.02	26	0.45	8.8
	4	100.01	26	1.35	1.28
	7	100.06	26	0.25	0.25
	14	100.19	23	0.05	0.05
	21	/	/	/	/
	28	/	/	/	/

Tabel 37: Gemeten parameters bij CCM-meting van reeks 2 (bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB).

Proefstukken	Droogtijd [dagen]	Monster [g]	Temperatuur [°C]	Druk P [bar]	Water [%]
REFG	2	19.96	23	0.75	4
	4	100.17	26	/	0
	7	100.22	23	0	0
	14	100.13	23	0	0
	21	/	/	/	/
	28	/	/	/	/
EXPG1	2	20.08	23	0.4	2
	4	100.16	26	/	0.20
	7	101.01	23	0	0
	14	100.24	23	0	0
	21	/	/	/	/
	28	/	/	/	/
EXPG2	2	100	23-26	2.05	1.95
	4	100.15	0	0.500	0.5
	7	100	0	0.25	0.25
	14	100.00	26.00	0.10	0.10
	21	100.17	26	< 0.05	0
	28	/	/	/	/

Tabel 38: Gemeten parameters bij CCM-meting van reeks 3 (bindmiddel Casea en zand van Seghers-Setisol).

Proefstukken	Droogtijd [dagen]	Monster [g]	Temperatuur [°C]	Druk P [bar]	Water [%]
REFC	2	19.99	23	0.85	4.5
	4	100.11	26	/	0.65
	7	100.19	23	0.1	0.1
	14	100.2	23	0	0
	21	/	/	/	/
	28	/	/	/	/
EXPC1	2	19.98	23	0.85	4.5
	4	100.14	26	/	0.625
	7	100.07	23	0.2	0.2
	14	100.17	23	0	0
	21	/	/	/	/
	28	/	/	/	/
EXPC2	2	20.16	23	0.77	4
	4	99.77	26	/	0.9
	7	99.94	23	0.25	0.25
	14	100.11	23	0	0
	21	/	/	/	/
	28	/	/	/	/

## 14.2 Resultaten gravimetrisch wegen

Droogtijd is gemonitord door gravimetrisch proefstukken of een mal met drie proefstukken te wegen op vastgelegde tijdstippen. De proefstukken die ontkist zijn, drogen langs 5 vlakken. Er kan enkel geen droging gebeuren via het grondvlak aangezien dit rust op een schap. De proefstukken die in de polystyreen mal van Seghers-Setisol blijven zitten, ondervinden enkel droging via het bovenzvlak.

Buiten de proefstukken van EXP1 zijn alle proefstukken ontkist na één dag drogen. Voor elk tijdstip waarop de gravimetrische weging van de ontkiste proefstukken plaatsvindt, werden er drie proefstukken gewogen. Hierna wordt het gemiddelde  $\mu$  en de standaarddeviatie  $\sigma$  weergegeven van deze drie gewogen proefstukken.

Eveneens worden er proefstukken gravimetrisch gewogen die in een mal vervaardigd uit polystyreen blijven zitten. Elke mal bevat drie proefstukken. In de tabel is het gewicht van de mal weergegeven, samen met het gewicht opgetekend vlak na het storten van de proefstukken in de mal. Eveneens is er dan op vastgelegde tijdstippen een gravimetrische weging uitgevoerd van de mal met de drie proefstukken.

Om de tabel overzichtelijk te maken en nadien ook de grafieken, is er een naamgeving gehanteerd om de proefstukken en de afgeleide kolommen te bestempelen.

- EXP1\_1, EXP1\_2 en EXP1\_3 : Proefstukken 1, 2 en 3 met droging langs 5 vlakken
- EXP1\_μ : Gemiddelde van proefstukken 1, 2 en 3 met droging langs 5 vlakken
- EXP1\_σ : Standaarddeviatie van proefstukken 1, 2 en 3 met droging langs 5 vlakken
- EXP1\_Mal+ : Gewicht van de mal en de drie proefstukken die de mal bevat
- EXP1\_Mal- : Gewicht van de drie proefstukken die de mal bevat
- EXP1\_μMal- : Gemiddeld gewicht van een proefstuk die de mal bevat

Figuur 39 -47 tonen de resultaten die verkregen zijn via het gravimetrisch wegen van proefstukken.

Tabel 39: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXP1 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenzvlak		
		EXP1					Gewicht lege mal [g]	23.19	
		EXP1_1 [g]	EXP1_2 [g]	EXP1_3 [g]	EXP1_μ [g]	EXP1_σ [g]	EXP1_Mal+ [g]	EXP1_Mal- [g]	EXP1_μMal- [g]
06/09/21	0	/	/	/	/	/	1655.9	1632.71	544.24
07/09/21	1	/	/	/	/	/	/	/	/
08/09/21	2	571.17	559.63	578.24	569.68	9.39	1637.08	1613.89	537.96
10/09/21	4	536.36	524.65	543.33	534.78	9.44	1576.98	1553.79	517.93
13/09/21	7	535.04	523.05	541.98	533.36	9.58	1535.69	1512.50	504.17
20/09/21	14	534.77	522.75	541.67	533.06	9.57	1528.86	1505.67	501.89
27/09/21	21	534.49	522.45	541.22	532.72	9.51	1528.35	1505.16	501.72
04/10/21	28	534.30	522.21	540.91	532.47	9.48	1528.27	1505.08	501.69
Massa water [g]		36.87	37.42	37.33	37.21	0.30	127.63	127.63	42.54
Massapercentage water [M%]		6.46	6.69	6.46	6.53	0.13	7.71	7.82	7.82
Volume water [L]		0.037	0.038	0.037	0.037	0.0003	0.128	0.128	0.043

Tabel 40: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXP2 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenvlak		
		EXP2					Gewicht lege mal [g]		23.3
							Gewicht volle mal [g]		1664.22
		EXP2_1 [g]	EXP2_2 [g]	EXP2_3 [g]	EXP2_μ [g]	EXP2_σ [g]	EXP2_Mal+ [g]	EXP2_Mal- [g]	EXP2_μMal- [g]
06/09/21	0	/	/	/	/	/	1664.22	1640.92	546.97
07/09/21	1	547.79	559.5	554.53	553.94	5.88	1657.39	1634.09	544.70
08/09/21	2	526.59	542.17	537.15	535.30	7.95	1625.12	1601.82	533.94
10/09/21	4	510.24	523.25	517.18	516.89	6.51	1590.34	1567.04	522.35
13/09/21	7	506.83	519.57	513.72	513.37	6.38	1571.32	1548.02	516.01
20/09/21	14	505.96	518.59	512.64	512.40	6.32	1558.99	1535.69	511.90
27/09/21	21	505.65	518.10	512.45	512.07	6.23	1553.90	1530.60	510.20
04/10/21	28	505.52	517.96	512.36	511.95	6.23	1552.12	1528.82	509.61
Massa water [g]		42.27	41.54	42.17	41.99	0.40	112.10	112.10	37.37
Massapercentage water [M%]		7.72	7.42	7.60	7.58	0.15	6.74	6.83	6.83
Volume water [L]		0.042	0.042	0.042	0.042	0.0004	0.112	0.112	0.037

Tabel 41: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXP3 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenvlak		
		EXP3					Gewicht lege mal [g]		23.62
							Gewicht volle mal [g]		1628.41
		EXP3_1 [g]	EXP3_2 [g]	EXP3_3 [g]	EXP3_μ [g]	EXP3_σ [g]	EXP3_Mal+ [g]	EXP3_Mal- [g]	EXP3_μMal- [g]
06/09/21	0	/	/	/	/	/	1628.41	1604.79	534.93
07/09/21	1	548.32	555.82	551.53	551.89	3.76	1624.12	1600.50	533.50
08/09/21	2	530.47	538.78	532.26	533.84	4.37	1595.26	1571.64	523.88
10/09/21	4	509.71	516.42	511.52	512.55	3.47	1556.71	1533.09	511.03
13/09/21	7	505.44	512.12	507.69	508.42	3.40	1535.74	1512.12	504.04
20/09/21	14	504.42	511.07	506.86	507.45	3.36	1520.20	1496.58	498.86
27/09/21	21	504.21	510.78	506.65	507.21	3.32	1513.41	1489.79	496.60
04/10/21	28	504.11	510.58	506.48	507.06	3.27	1510.88	1487.26	495.75
Massa water [g]		44.21	45.24	45.05	44.83	0.55	117.53	117.53	39.18
Massapercentage water [M%]		8.06	8.14	8.17	8.12	0.05	7.22	7.32	7.32
Volume water [L]		0.044	0.045	0.045	0.045	0.0005	0.118	0.118	0.039

Tabel 42: Resultaten na gravimetrisch wegen van REFG na drogen langs 5 vlakken en langs bovenvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenvlak		
		REFG					Gewicht lege mal [g]		24.20
							Gewicht volle mal [g]		1582.08
		REFG_1 [g]	REFG_2 [g]	REFG_3 [g]	REFG_μ [g]	REFG_σ [g]	REFG_Mal [g]	REFG_Mal- [g]	REFG_μMal- [g]
11/10/21	0	/	/	/	/	/	1582.08	1557.88	519.29
12/10/21	1	560.60	541.44	523.45	541.83	18.58	1578.10	1553.90	517.97
13/10/21	2	528.08	504.79	496.97	509.95	16.18	1545.50	1521.30	507.10
15/10/21	4	518.70	499.00	488.57	502.09	15.30	1510.15	1485.95	495.32
18/10/21	7	518.13	498.50	488.09	501.57	15.25	1485.13	1460.93	486.98
25/10/21	14	517.95	498.35	487.95	501.42	15.23	1478.23	1454.03	484.68
01/11/21	21	517.86	498.26	487.88	501.33	15.22	1477.82	1453.62	484.54
08/11/21	28	517.82	498.24	487.90	501.32	15.20	1477.55	1453.35	484.45
Massa water [g]		42.78	43.20	35.55	40.51	4.30	104.53	104.53	34.84
Massapercentage water [M%]		7.63	7.98	6.79	7.47	0.61	6.61	6.71	6.71
Volume water [L]		0.043	0.043	0.036	0.041	0.004	0.105	0.105	0.035

Tabel 43: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXPG1 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenzvlak		
		EXPG1					Gewicht lege mal [g]	24.14	
		EXPG1_1 [g]	EXPG1_2 [g]	EXPG1_3 [g]	EXPG1_μ [g]	EXPG1_σ [g]	EXPG1_Mal [g]	EXPG1_Mal- [g]	EXPG1_μMal- [g]
		/	/	/	/	/	1491.00	1466.86	488.95
11/10/21	0	/	/	/	/	/	1491.00	1466.86	488.95
12/10/21	1	568.03	569.7	555.42	564.38	7.81	1486.17	1462.03	487.34
13/10/21	2	550.68	552.31	534.65	545.88	9.76	1454.52	1430.38	476.79
15/10/21	4	537.87	540.16	525.52	534.52	7.88	1435.80	1411.66	470.55
18/10/21	7	536.06	538.31	523.60	532.66	7.92	1427.70	1403.56	467.85
25/10/21	14	535.03	537.29	522.76	531.69	7.82	1418.09	1393.95	464.65
01/11/21	21	534.94	537.17	522.70	531.60	7.79	1416.62	1392.48	464.16
08/11/21	28	534.81	537.12	522.57	531.50	7.82	1415.93	1391.79	463.93
Massa water [g]		33.22	32.58	32.85	32.88	0.32	75.07	75.07	25.02
Massapercentage water [M%]		5.85	5.72	5.91	5.83	0.10	5.03	5.12	5.12
Volume water [L]		0.033	0.033	0.033	0.033	0.0003	0.075	0.075	0.025

Tabel 44: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXPG2 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenzvlak		
		EXPG2					Gewicht lege mal [g]	23.71	
		EXPG2_1 [g]	EXPG2_2 [g]	EXPG2_3 [g]	EXPG2_μ [g]	EXPG2_σ [g]	EXPG2_Mal [g]	EXPG2_Mal- [g]	EXPG2_μMal- [g]
		/	/	/	/	/	1656.01	1632.30	544.10
13/09/21	0	/	/	/	/	/	1656.01	1632.30	544.10
14/09/21	1	563.65	565.58	568.81	566.01	2.61	1651.83	1628.12	542.71
16/09/21	2	537.96	532.08	539.52	536.52	3.92	1594.08	1570.37	523.46
18/09/21	4	519.78	520.06	523.89	521.24	2.30	1553.54	1529.83	509.94
20/09/21	7	515.32	516.59	520.64	517.52	2.78	1534.35	1510.64	503.55
27/09/21	14	514.21	515.74	519.70	516.55	2.83	1518.61	1494.90	498.30
04/10/21	21	514.03	515.59	519.48	516.37	2.81	1512.36	1488.65	496.22
11/10/21	28	/	/	/	/	/	/	/	/
Massa water [g]		49.62	49.99	49.33	49.65	0.33	143.65	143.65	47.88
Massapercentage water [M%]		8.80	8.84	8.67	8.77	0.09	8.67	8.80	8.80
Volume water [L]		0.050	0.050	0.049	0.050	0.0003	0.144	0.144	0.048

Tabel 45: Resultaten na gravimetrisch wegen van REFC na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenzvlak		
		REFC					Gewicht lege mal [g]	24.08	
		REFC_1 [g]	REFC_2 [g]	REFC_3 [g]	REFC_μ [g]	REFC_σ [g]	REFC_Mal [g]	REFC_Mal- [g]	REFC_μMal- [g]
		/	/	/	/	/	1651.06	1626.98	542.33
11/10/21	0	/	/	/	/	/	1651.06	1626.98	542.33
12/10/21	1	505.11	525.94	537.00	522.68	16.19	1641.96	1617.88	539.29
13/10/21	2	484.84	505.03	511.67	500.51	13.97	1597.67	1573.59	524.53
15/10/21	4	467.88	489.80	492.03	483.24	13.35	1566.88	1542.80	514.27
18/10/21	7	465.25	481.80	489.06	478.70	12.20	1559.43	1535.35	511.78
25/10/21	14	464.76	481.09	488.91	478.25	12.32	1548.27	1524.19	508.06
01/11/21	21	464.70	481.00	488.80	478.17	12.30	1543.80	1519.72	506.57
08/11/21	28	464.56	480.89	488.73	478.06	12.33	1543.41	1519.33	506.44
Massa water [g]		40.55	45.05	48.27	44.62	3.88	107.65	107.65	35.88
Massapercentage water [M%]		8.03	8.57	8.99	8.53	0.48	6.52	6.62	6.62
Volume water [L]		0.041	0.045	0.048	0.045	0.004	0.108	0.108	0.036

Tabel 46: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXPC1 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenzvlak		
		EXPC1					Gewicht lege mal [g]		23.14
							Gewicht volle mal [g]		1593.65
		EXPC1_1 [g]	EXPC1_2 [g]	EXPC1_3 [g]	EXPC1_μ [g]	EXPC1_σ [g]	EXPC1_Mal [g]	EXPC1_Mal- [g]	EXPC1_μMal- [g]
11/10/21	0	/	/	/	/	/	1593.65	1570.51	523.50
12/10/21	1	510.54	510.57	488.69	503.27	12.62	1589.85	1566.71	522.24
13/10/21	2	477.81	481.88	461.59	473.76	10.73	1556.44	1533.30	511.10
15/10/21	4	470.22	473.65	451.44	465.10	11.96	1531.47	1508.33	502.78
18/10/21	7	467.99	471.86	450.13	463.33	11.59	1427.70	1404.56	468.19
25/10/21	14	467.15	471.05	449.70	462.63	11.37	1508.66	1485.52	495.17
01/11/21	21	467.09	470.77	449.67	462.51	11.27	1503.56	1480.42	493.47
08/11/21	28	467.07	470.80	449.64	462.50	11.30	1502.81	1479.67	493.22
Massa water [g]		43.47	39.77	39.05	40.76	2.37	90.84	90.84	30.28
Massapercentage water [M%]		8.51	7.79	7.99	8.10	0.37	5.70	5.78	5.78
Volume water [L]		0.044	0.040	0.039	0.041	0.002	0.091	0.091	0.030

Tabel 47: Resultaten na gravimetrisch wegen van EXPC2 na drogen langs 5 vlakken en langs bovenzvlak.

Datum	Droogtijd [dagen]	Droging langs 5 vlakken					Droging langs bovenzvlak		
		EXPC2					Gewicht lege mal [g]		23.50
							Gewicht volle mal [g]		1643.93
		EXPC2_1 [g]	EXPC2_2 [g]	EXPC2_3 [g]	EXPC2_μ [g]	EXPC2_σ [g]	EXPC2_Mal [g]	EXPC2_Mal- [g]	EXPC2_μMal- [g]
11/10/21	0	/	/	/	/	/	1643.93	1620.43	540.14
12/10/21	1	527.16	533.30	531.98	530.81	3.23	1641.92	1618.42	539.47
13/10/21	2	475.20	502.41	499.20	492.27	14.87	1602.61	1579.11	526.37
15/10/21	4	478.46	485.34	482.27	482.02	3.45	1566.91	1543.41	514.47
18/10/21	7	474.70	481.60	478.78	478.36	3.47	1555.37	1531.87	510.62
25/10/21	14	473.60	479.63	477.36	476.86	3.05	1534.90	1511.40	503.80
01/11/21	21	473.51	479.60	477.33	476.81	3.08	1528.55	1505.05	501.68
08/11/21	28	473.45	479.58	477.36	476.80	3.10	1526.01	1502.51	500.84
Massa water [g]		53.71	53.72	54.62	54.02	0.52	117.92	117.92	39.31
Massapercentage water [M%]		10.19	10.07	10.27	10.18	0.10	7.17	7.28	7.28
Volume water [L]		0.054	0.054	0.055	0.054	0.0005	0.118	0.118	0.039



### 14.3 Resultaten vloeimaat-, buigtrek- en drukproef

Bij het meten van de **vloeimaat** worden er twee diameters genomen waarvan de looppijn loodrecht op elkaar staat. De vloeimaat van de samenstelling is dan het gemiddelde van deze twee waarden.

Tabel 48: Gemeten vloeimaten, samen met hun gemiddelde en standaarddeviatie.

Proefstukken	Vloeimaat 1 [mm]	Vloeimaat 2 [mm]	$\mu$ Vloeimaat [mm]	$\sigma$ Vloeimaat [mm]
EXP1	287	289	288	1.41
EXP2	188	185	187	2.12
EXP3	186	187	187	0.71
REFG	278	282	280	2.83
EXPG1	245	255	250	7.07
EXPG2	227	231	229	2.83
REFC	286	278	282	5.66
EXPC1	232	230	231	1.41
EXPC2	245	247	246	1.41

Voor de **buigtrekproef** worden er voor elk meetpunt drie proefstukken aan de test onderworpen. De metingen worden afgenomen na een droogtijd van 2, 14 en 28 dagen. De proefstukken worden eerst gewogen en de massa wordt genoteerd, ook de afmetingen van de zijden worden opgemeten. Met deze gegevens wordt het volume  $V$  en vervolgens de massadichtheid  $\rho$  van het proefstuk bepaald.

$$V = l * b * h \quad [m^3]$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

Daarna wordt het proefstuk onderworpen aan de driepuntsbuigtrekproef. De kracht uitgeoefend in het centrum van het proefstuk verhoogt stelselmatig tot het proefstuk doormidden breekt. De kracht  $F_f$  die breuk tot stand brengt, wordt genoteerd. Door het meten van de breedte, hoogte en lengte zoals beschreven in hoofdstuk 2.9.7. Wel opletten dat voor de lengte  $l$  de afstand tussen de twee steunpunten wordt genomen, zijnde  $100 \pm 0,5$  mm. Dit is dus niet dezelfde lengte die gebruikt wordt in de formule om het volume en de massadichtheid van het proefstuk te bepalen, namelijk de gemeten lengte, die afhankelijk van enige krimp, nagenoeg 160 mm bedraagt. Met onderstaande formule kan de buigtreksterkte berekend worden.

$$R_f = \frac{1,5 * F_f * l}{b * d^2} \quad \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Een voorbeeldberekening van het eerst onderworpen proefstuk van EXP2 geeft dan:

$$R_f = \frac{1,5 * 918 \text{ N} * 100 \text{ mm}}{40,6 \text{ mm} * (40 \text{ mm})^2} = 2,12 \frac{N}{mm^2}$$

De verkregen helften na het uitvoeren van de buigtrekproef worden onderworpen aan een drukproef. Met onderstaande formule kan de druksterkte berekend worden.

$$R_c = \frac{F_c}{A} \quad \left[ \frac{N}{mm^2} \right]$$

Indien de breedte  $b$  van het proefstuk groter is dan 40, neem  $A = 40 \text{ mm} * 40 \text{ mm}$ . Indien de breedte  $b$  van het proefstuk kleiner is dan 40 mm, neem dan  $A = b * 40 \text{ mm}$ .

Een voorbeeldberekening van het eerste en het derde onderworpen proefstuk van EXP2 geeft dan:

- Eerste onderworpen proefstuk:

$$F_c = 14800 \text{ N}$$

$$b = 40,6 \text{ mm}$$

$$R_c = \frac{14800 \text{ N}}{40 \text{ mm} * 40 \text{ mm}} = 9,25 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

- Derde onderworpen proefstuk:

$$F_c = 14300 \text{ N}$$

$$b = 39,92 \text{ mm}$$

$$R_c = \frac{14300}{39,92 \text{ mm} * 40 \text{ mm}} = 8,96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

In onderstaande tabellen worden volgende gegevens weergegeven:

- De massa van het proefstuk
- De afmetingen van de zijden
- De massadichtheid
- De meetwaarde van de faalkracht bij de buigtrekproef
- De berekende buigtreksterkte
- Het gemiddelde van de 3 waarden van de buigtreksterkte per meetpunt
- De twee meetwaarden van de faalkrachten bij de drukproef
- De twee berekende buigtreksterkten
- Het gemiddelde van de 6 waarden van druksterkte per meetpunt

Tabel 49 tot 57 toont de resultaten van de druk- en buigtrekproef.

Tabel 49: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXP1.

Datum	Droogtijd [dagen]	EXP1												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	561.0	159.67	39.02	40.02	2250	200	0.48		1280	1900	0.8	1.2	1.3
		550.7	159.53	38.62	40.14	2227	300	0.72	0.58	2100	2460	1.4	1.6	
		554.8	159.67	39.04	40.14	2217	220	0.52		2250	2520	1.4	1.6	
20/09/21	14	534.3	159.50	40.28	39.97	2081	2550	5.94		37920	40000	23.7	25.0	24.2
		528.8	159.62	40.48	40.03	2044	2520	5.83	5.75	41900	42110	26.2	26.3	
		535.5	159.66	40.38	40.13	2070	2370	5.47		37630	32940	23.5	20.6	
04/10/21	28	525.0	160.73	39.79	40.00	2052	3080	7.26		36770	33720	23.1	21.2	24.4
		511.0	160.90	39.95	40.06	1984	2830	6.62	6.80	43050	38470	26.9	24.1	
		514.5	160.83	38.94	39.98	2055	2710	6.53		39780	39540	25.5	25.4	

Tabel 50: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXP2.

Datum	Droogtijd [dagen]	EXP2												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	527.4	160.78	40.60	40.00	2020	918	2.12		14800	15500	9.3	9.7	9.0
		545.2	160.46	39.92	40.05	2125	680	1.59	1.82	14300	13700	9.0	8.6	
		540.1	160.06	39.53	39.96	2136	732	1.74		14900	12400	9.4	7.8	
20/09/21	14	514.1	160.40	40.56	40.04	1973	2080	4.80		46380	41270	29.0	25.8	27.7
		514.1	160.48	40.57	40.02	1973	2290	5.29	5.25	46560	44770	29.1	28.0	
		521.2	160.65	39.80	39.98	2039	2400	5.66		42620	44020	26.8	27.7	
04/10/21	28	511.7	161.01	40.00	40.28	1972	2450	5.66		39710	40390	24.8	25.2	24.5
		514.9	160.91	40.15	40.11	1987	2520	5.85	5.61	41190	42930	25.7	26.8	
		513.6	160.64	40.38	39.77	1991	2270	5.33		31910	39570	19.9	24.7	

Tabel 51: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXP3.

Datum	Droogtijd [dagen]	EXP3												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	509.7	159.54	40.07	40.17	1985	548	1.27		9210	9270	5.8	5.8	5.5
		516.4	159.70	40.34	39.88	2010	519	1.21	1.24	8800	8200	5.5	5.1	
		513.6	159.86	40.18	40.06	1996	536	1.25		8720	8320	5.5	5.2	
20/09/21	14	488.9	160.05	39.78	40.05	1917	1920	4.51		28570	29290	18.0	18.4	17.2
		500.1	160.15	40.18	39.89	1948	1940	4.55	4.56	25880	26120	16.2	16.3	
		506.8	160.16	41.61	39.85	1908	2030	4.61		27890	27090	17.4	16.9	
04/10/21	28	499.1	159.79	40.21	40.04	1940	2090	4.86		33700	32640	21.1	20.4	16.8
		492.6	159.84	40.00	40.01	1926	2110	4.94	5.07	22780	27150	14.2	17.0	
		492.0	159.75	40.23	40.00	1914	2320	5.41		23870	20650	14.9	12.9	

Tabel 52: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van REFG.

Datum	Droogtijd [dagen]	REFG												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	545.2	160.97	40.10	39.85	2120	487	1.15		11000	10800	6.9	6.8	
		562.6	161.00	40.45	40.15	2152	781	1.80	1.59	6720	11100	4.2	6.9	6.6
		541.7	160.88	40.87	40.00	2060	797	1.83		14900	8400	9.3	5.3	
20/09/21	14	500.2	160.14	38.51	40.10	2023	1760	4.26		36510	37420	23.7	24.3	
		515.8	160.16	39.56	40.10	2030	2240	5.28	5.00	29400	36350	18.6	23.0	22.3
		521.3	159.77	39.36	40.17	2064	2310	5.46		35430	34470	22.5	21.9	
04/10/21	28	523.3	160.17	39.67	40.02	2058	2360	5.57		31680	35320	20.0	22.3	
		527.0	159.97	39.89	40.01	2064	2150	5.05	5.26	31160	38650	19.5	24.2	20.3
		522.0	160.27	40.00	40.08	2032	2210	5.16		26340	31060	16.5	19.4	

Tabel 53: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXPG1.

Datum	Droogtijd [dagen]	EXPG1												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	505.9	159.77	37.96	40.14	2078	1460	3.58		32900	30000	21.7	19.8	
		540.8	159.61	39.69	40.11	2129	1480	3.48	3.62	29100	25940	18.3	16.3	17.5
		537.4	160.74	40.16	40.33	2064	1660	3.81		23090	23160	14.4	14.5	
20/09/21	14	519.2	160.78	39.49	40.02	2043	4010	9.51		69620	51980	44.1	32.9	
		532.5	160.97	39.92	39.91	2076	3570	8.42	8.70	70800	63630	44.3	39.8	38.0
		530.2	160.85	39.82	39.92	2074	3450	8.16		51930	54170	32.6	34.0	
04/10/21	28	519.7	159.76	38.80	40.07	2092	3740	9.01		57430	65770	37.0	42.4	
		530.3	160.10	39.81	40.02	2079	4360	10.26	9.28	66500	66890	41.8	42.0	41.6
		516.7	159.67	39.11	40.01	2068	3580	8.58		62300	72360	39.8	46.3	

Tabel 54: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXPG2.

Datum	Droogtijd [dagen]	EXPG2												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	539.9	160.88	40.53	39.90	2075	629	1.46		8890	8960	5.6	5.6	
		544.8	160.94	41.67	39.99	2031	617	1.39	1.38	9320	8640	5.8	5.4	5.6
		545.8	160.91	40.95	39.96	2073	565	1.30		9050	9110	5.7	5.7	
20/09/21	14	/			/			/	/			/		
04/10/21	28	494.6	160.06	39.88	40.00	1937	1630	3.83		22550	23470	14.1	14.7	
		504.6	160.17	39.99	40.01	1969	1650	3.87	3.78	26400	24620	16.5	15.4	15.6
		499.1	160.26	39.45	39.85	1981	1520	3.64		25700	26190	16.3	16.6	

Tabel 55: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van REFC.

Datum	Droogtijd [dagen]	REFC												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	506.8	160.68	38.88	40.14	2021	520	1.25		5970	4950	3.8	3.2	
		505.0	160.24	39.31	40.10	1999	636	1.51	1.39	6070	6120	3.9	3.9	3.6
		499.1	159.86	39.60	40.00	1971	601	1.42		5030	5630	3.2	3.6	
20/09/21	14	480.2	160.34	38.43	39.99	1949	1710	4.17		22380	22820	14.6	14.8	
		471.8	159.85	38.70	39.96	1909	1930	4.68	4.46	14510	25780	9.4	16.7	13.3
		460.1	159.77	37.10	40.01	1940	1790	4.52		12520	23600	8.4	15.9	
04/10/21	28	493.5	159.27	38.58	39.96	2010	2550	6.21		27100	33020	17.6	21.4	
		473.9	160.27	37.38	40.01	1977	1660	4.16	5.60	27510	29430	18.4	19.7	19.7
		485.1	160.35	39.34	40.07	1919	2710	6.44		30060	34510	19.1	21.9	

Tabel 56: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXPC1.

Datum	Droogtijd [dagen]	EXPC1												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	520.0	160.43	38.63	40.00	2098	1050	2.55		13600	15600	8.8	10.1	
		501.9	160.19	38.04	39.98	2060	942	2.32	2.53	15400	12900	10.1	8.5	9.0
		515.8	160.42	38.94	40.00	2064	1130	2.72		13100	13000	8.4	8.3	
20/09/21	14	494.7	159.98	38.72	39.99	1997	2660	6.44		38440	41450	24.8	26.8	
		500.9	159.84	39.44	40.03	1985	2650	6.29	6.19	45320	47570	28.7	30.2	26.6
		501.2	159.82	39.80	40.04	1968	2480	5.83		36290	41730	22.8	26.2	
04/10/21	28	518.1	159.88	41.18	40.00	1967	3530	8.04		37940	42280	23.7	26.4	
		526.7	160.15	40.44	40.00	2033	2840	6.58	7.33	50960	50680	31.9	31.7	29.0
		516.6	160.14	40.29	39.99	2002	3170	7.38		44670	51960	27.9	32.5	

Tabel 57: Resultaten na uitvoeren van de buigtrek- en drukproef van EXPC2.

Datum	Droogtijd [dagen]	EXPC2												
		Massa [g]	Dimensies l*b*h			Massa-dichtheid [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtrekkracht F <sub>f</sub> [N]	Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	μ Buigtreksterkte R <sub>f</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	Drukkracht F <sub>c1</sub> [N]	Drukkracht F <sub>c2</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c1</sub> [N]	Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]	μ Druksterkte R <sub>c2</sub> [N]
			Lengte [mm]	Breedte [mm]	Hoogte [mm]									
08/09/21	2	516.6	159.89	39.80	40.09	2025	718	1.68		8810	8160	5.5	5.1	
		508.7	160.00	39.40	40.23	2006	806	1.90	1.86	9100	9540	5.8	6.1	5.6
		505.9	159.87	39.39	40.22	1998	847	1.99		8250	9230	5.2	5.9	
20/09/21	14	487.1	160.52	39.17	40.03	1935	2580	6.17		37060	39490	23.7	25.2	
		492.5	160.30	39.22	39.99	1959	2790	6.67	5.32	35860	34650	22.9	22.1	19.8
		486.1	160.20	39.49	39.97	1922	1310	3.11		19790	19520	12.5	12.4	
04/10/21	28	502.2	160.78	40.20	39.92	1946	3400	7.96		50170	51080	31.4	31.9	
		504.8	160.85	39.89	39.85	1974	3800	9.00	8.42	48740	44890	30.5	28.1	28.6
		501.5	160.88	39.33	40.08	1977	3500	8.31		33810	44650	21.5	28.4	



## 15 Analyse

### 15.1 Analyse van de samenstellingen

Tijdens het maken van de samenstellingen zijn er experimenteel een aantal zaken vastgesteld. Wat hier volgt is een samenvatting van de genomen keuzes, waarnemingen en mogelijke gevolgen. Dit wordt dan aan de hand van de verdere analyse van de resultaten meegenomen.

#### 15.1.1 Analyse van de bekomen vloeimaten

Eén van de parameters die sterk varieert tussen de samenstellingen, is de vloeimaat. Het bleek een uitdaging om deze goed vast te leggen. Aan de hand hiervan ligt uiteraard de hoeveelheid toegevoegd water die mede afhankelijk is van de absorptiefactor van het zand en eventuele toevoegsels zoals puimsteen.

#### **EXP1, REFG en REFC**

In verhouding tot de andere samenstellingen is er bij EXP1, REFG en REFC overmatig veel water gebruikt, wat geleid heeft tot een vloeimaat die zich situeert tussen 280 en 290 mm. De vloeimaat van deze samenstellingen is groter of net binnen het bereik van het vooropgesteld criteria om een vloeimaat te bekomen die ligt tussen 230 en 280 mm.

In feite was de hoeveelheid water, die afgeleid was van de referentiesamenstelling van Gyvlon, te hoog voor EXP1 en REFG. Hier was het interessant geweest om eerst een samenstelling te testen qua viscositeit met stelselmatig water toe te voegen in plaats van meteen de samenstellingen beginnen te maken. Hetzelfde geldt voor REFC. Ondanks dat de hoeveelheid water vermindert werd ten opzichte van de referentie van Casea, was er nog steeds te veel water toegevoegd. Het idee van deze vermindering ontsproot uit de ervaring van het maken van eerdere samenstellingen, maar eerst even testen was beter geweest.

#### **EXP2 en EXP3**

EXP2 en EXP3 hebben op hun beurt een te lage vloeimaat van 186 mm, omdat er geen rekening is gehouden met de hoge absorptiefactor van 53% van de puimsteen.

#### **EXPG2**

Bij EXPG2 is er tijdens het mengen meerdere malen water toegevoegd, waarna telkens de vloeimaat gemeten werd. Hierdoor is het mengsel reeds beginnen verhard en is het viskeuzer geworden. Een mogelijk gevolg is dat dit geleid heeft tot het toevoegen van te veel water dan goed is voor het mengsel. Dit is aantoonbaar met de sprongen in vloeimaat na toevoegen van water.

$$1,382 \text{ l} \rightarrow \text{vloeimaat} = 178 \text{ mm}$$

$$+ 0,100 \text{ l} \rightarrow \text{vloeimaat} = 222 \text{ mm}$$

Toevoegen van 0,100 liter water, leidt tot een sprong van 178 mm naar 222 mm. Dat komt overeen met een verhoging van 25%.

$$+ (0,20 + 0,30) \text{ l} \rightarrow \text{vloeimaat} = 229 \text{ mm}$$

Nogmaals 0,50 liter toevoegen aan wat eerst werd toegevoegd, weliswaar in twee delen, leidt slechts tot een verhoging van 3%. Terwijl dit 12,5% zou dienen te zijn indien de vloeistof dezelfde viscositeit zou hebben als bij het toevoegen van 0,100 liter water.

## **EXPG1**

EXPG1 werd gefabriceerd met inachtneming van wat er geleerd was bij het maken van de samenstelling van EXPG2. Dit heeft geleid tot een mooie gemiddelde waarde van de vloeimaat, namelijk 250 mm. Deze samenstelling bewijst dat het gunstig is om even het bindmiddel en zand te testen met toevoegen van water in meerdere malen

## **EXPC1**

Bij EXPC1 is dezelfde samenstelling gebruikt als bij REFC. Het valt op dat de vloeimaat van EXPC1 slechts 231 mm bedraagt. Dit staat in groot contrast met de vloeimaat van 282 mm voor REFC. Aangezien het toevoegen van hydrofoob middel het enige verschil is tussen EXPC1 en REFC, is de logische conclusie dat de lagere vloeimaat ligt aan het toevoegen van het hydrofoob middel. De reductie van de vloeimaat ten opzichte van REFC bedraagt 18%. Een mogelijke verklaring hiervoor is het waterafstotend karakter van het toevoegsel. Hierdoor mengt het water minder goed doorheen de granulaten en wordt het mengsel als gevolg minder vloeibaar.

## **EXPC2**

De vloeimaat van EXPC2 ligt opnieuw hoger dan bij EXPC1. Een oorzakelijk verband is het toevoegen van superplastificeerder via het dispersiemiddel. Hierdoor wordt de samenstelling vloeibaarder. Het hydrofoob middel reduceert de vloeibaarheid net zoals bij EXPC1. De reductie van de vloeimaat ten opzichte van REFC bedraagt 12%.

### **15.1.2 Effect van hydrofoob middel op de vloeimaat**

EXP1 bevat ook hydrofoob middel en toch was de vloeimaat zeer hoog, namelijk 288 mm.

EXP2 bevat hydrofoob middel, terwijl EXP3 geen hydrofoob middel bevat en toch is de vloeimaat gelijk, namelijk 186 mm. Beide samenstellingen bevatten wel dispersiemiddel die de vloeibaarheid van het mengsel doet toenemen.

De opzet was om aan elk mengsel 0,1 M% hydrofoob middel toe te voegen, aangezien deze hoeveelheid het best naar voren kwam in het onderzoek van Knauff [65]. In de conversie van het massapercentage naar een effectieve massa in gram is er echter een telfout gemaakt. Bij de conversie is het bekomen getal in gram namelijk vermenigvuldigd met de dichtheid van het product. Dit kwam doordat het bekomen getal via het massapercentage in liter was gezet in de kolom die gebruikt is door het WTCB. Hier werd de opmerking gemaakt om dit getal om te zetten naar de massa in gram. Echter stond het getal al in gram en was vermenigvuldiging met de dichtheid van 0,9 kg/m<sup>3</sup> niet nodig. Hierdoor is er dus minder hydrofoob middel dan 0,1 M% toegevoegd in de meeste samenstellingen, namelijk 0,09 M%. Wordt er echter gekeken naar de grafiek van de droogtijden per M% hydrofoob middel uit het onderzoek van Knauff, dan wordt duidelijk dat de droogtijd van 0,09 M% hydrofoob middel ofwel even gunstig is als 0,08 M%, als 0,1 M% of als een waarde die hier tussenin ligt. Tabel 58 toont dit aan.



Tabel 58: Water in mengsel, vloeimaat en het effectief toegevoegd M% hydrofoob middel.

Proefstukken	Water in mengsel [ml]	Vloeimaat [mm]	Hydrofoob middel [g]	Hydrofoob middel [M%]
EXP1	1578	288	8.90	0.100
EXP2	1382	186	8.33	0.090
EXP3	1382	186	/	/
REFG	1336	280	/	/
EXPG1	1287	250	7.90	0.090
EXPG2	1532	229	8.33	0.090
REFC	1368	282	/	/
EXPC1	1368	231	7.60	0.090
EXPC2	1603	246	8.05	0.091

## 15.2 Analyse resultaten CCM-meting

Met de gegevens, voortkomend uit de proeven en in tabellen gegoten bij resultaten, worden grafieken opgesteld om aan te tonen welke samenstellingen het snelst drogen en wanneer de vochtgrens van 0,5% CM behaald wordt.

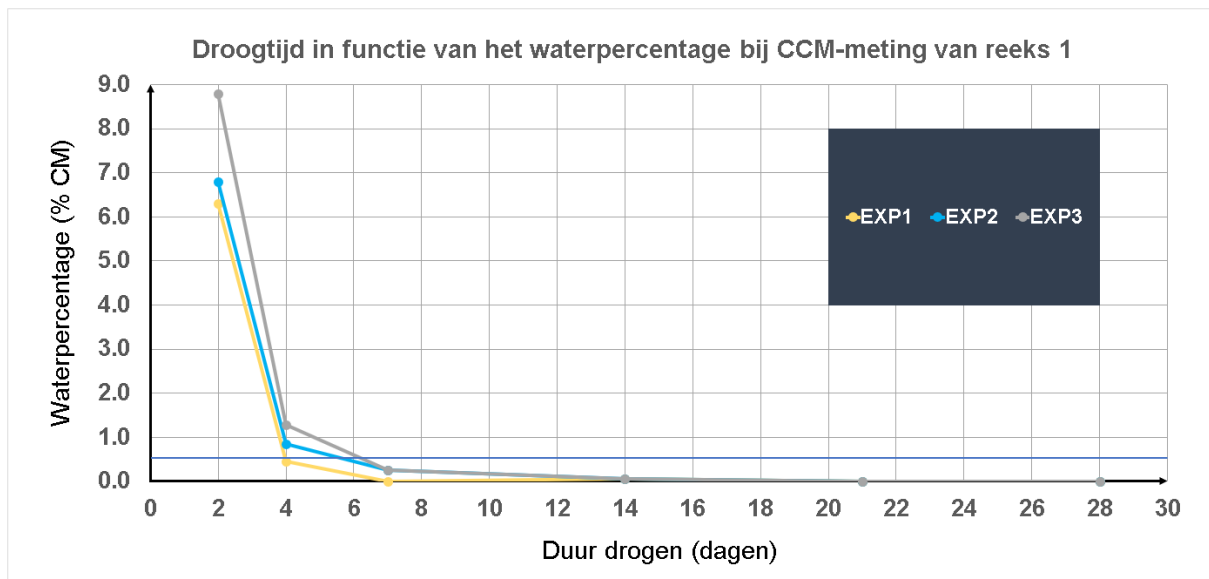
Figuur 54 toont de curve van reeks 1. De grafiek vergelijkt experimenten 1, 2 en 3. EXP1 en EXP2 bevatten beiden hydrofoob middel, terwijl EXP3 geen hydrofoob middel bevat. Het is duidelijk dat EXP 1 en EXP2 sneller drogen dan EXP3. EXP1 heeft een hogere vloeimaat (288 mm) dan EXP2 en 3 (186 mm). Dit is een aanzienlijk verschil en toch droogt EXP1 het snelst. Dit is de eerste indicatie dat een hogere vloeimaat en dus het toevoegen van meer water, niet leidt tot een langere droogtijd. Dit wordt tevens aangegeven in de grafiek uit het onderzoek van Karl-Heinz Wiegink, Figuur 14. Op deze grafiek wordt duidelijk getoond dat 50% van het overtollige water afgegeven wordt aan de omgeving via droging aan de oppervlakte binnen de eerste 12 uur na gieten van de samenstelling.

Het steil dalen van het waterpercentage duidt op capillaire droging. De toevoegsels van EXP3 zijn puimsteen als poreus middel en een dispersiemiddel. In het onderzoek van Knauff is aangetoond dat deze combinatie synergie vertoont en droging versterkt [67]. Een mogelijk gevolg van deze synergie is dat er een hogere porositeit in het proefstuk ontstaat. Hierdoor zal het proefstuk meer water vasthouden in het begin van de hydratatiereactie. Na twee dagen drogen bevat EXP3 bijna 9% CM. Aan de andere kant toont de grafiek dat de droogsnelheid van EXP3 hoger is dan deze van EXP 1 en 2. Dit wordt aangetoond met de steilere curve van EXP3. Een verklaring hiervoor is dat meer water aan de omgeving wordt afgegeven tijdens het drogen door de verhoogde porositeit.

EXP2 bevat dezelfde bestanddelen in dezelfde hoeveelheid als EXP3, met het enkele verschil dat aan deze samenstelling ook hydrofoob middel is toegevoegd. De opzet van het hydrofobe middel is om de oppervlakten van de poriën waterafstotend te maken, waardoor ze tijdens de hydratatiereactie minder water vasthouden. Dit is een mogelijke verklaring waarom EXP2 na twee dagen drogen bijna 7% CM bevat.

Het waterpercentage van EP1 is na 2 dagen drogen gelijk aan bijna 6,5% CM. Voor EXP1 stopt de fase met 100% capillaire droging wanneer de vochtgrens van 0,5% CM reeds behaald is. Hierdoor wordt de droogtijd met meer dan een dag ten opzichte van EXP2 en met meer dan 2 dagen ten opzichte van EXP3 ingekort. Tussen 4 en 7 dagen droogtijd is de overgangsfase van capillaire droging naar diffuse droging zichtbaar. Vanaf 7 dagen droogtijd gaan alle proefstukken over in 100% droging door diffusie, welk aangetoond wordt met de nagenoeg horizontale curve die duidt op het bereiken van het evenwichtsvochtgehalte.

Het is belangrijk om te vermelden dat het aangeven van de grenzen van 100% capillaire droging en 100% diffuse droging slechts een indicatie is van de werkelijke grenzen. Door het beperkt aantal meetpunten kan deze grens niet éénduidig vastgelegd worden. Stel dat het meetpunt van 4 dagen droogtijd weg zou vallen, dan zou het lijken dat de capillaire droging doorgaat tot 7 dagen droogtijd. Indien de grafiek meer meetpunten zou bevatten, zou het verloop van de droging accurater in beeld gebracht worden. Zo geldt ook voor de grenszones van de drogingsfases.



Figuur 54: Grafiek van droogtijd i.f.v. het waterpercentage bij CCM-meting van reeks 1.

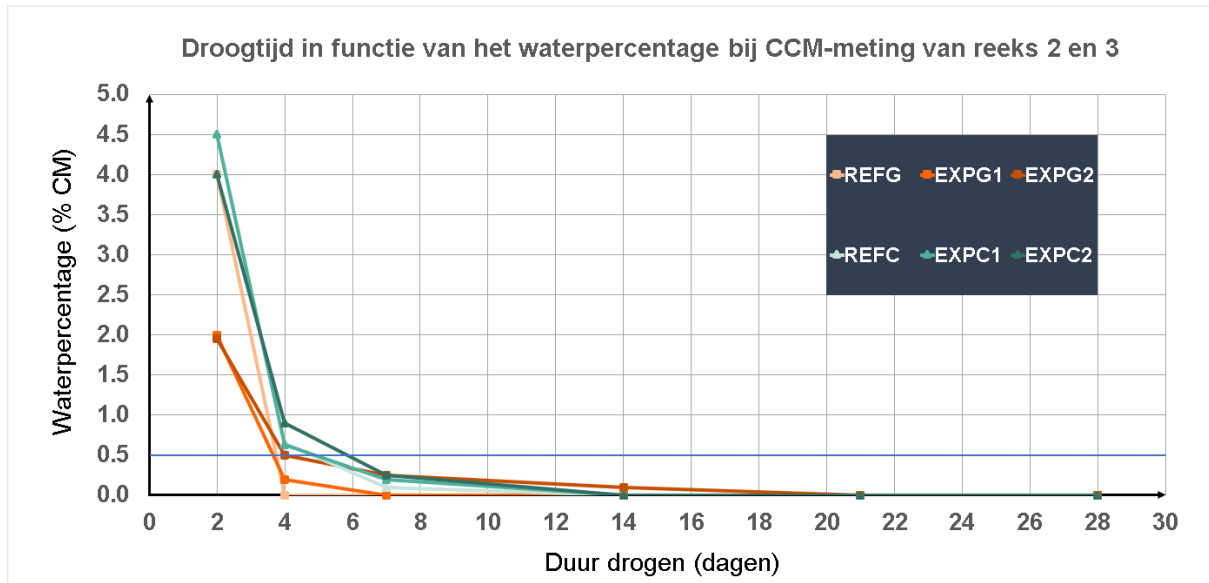
Figuur 54 bevat geen referentiesamenstellingen. Figuur 55 toont deze wel. De referentiesamenstellingen bevatten geen toevoegsels en zijn gebaseerd op het receptuur van de leverancier. Voor zowel de samenstellingen met bindmiddel Gyvlon (G) als deze met bindmiddel Casea (C) valt het op dat de referentiesamenstelling dicht aanleunt qua droogtijd bij de samenstelling die het snelst droogt. Zo bereiken REFG en EXPG1 bijna gelijktijdig het vochtpercentage van 0,5 % CM. Hetzelfde geldt voor REFC en EXPC1.

Verder is het ook merkwaardig dat de droogtijd van de referentie met Gyvlon, REFG, na twee dagen dubbel zo hoog ligt dan bij EXPG1 en EXPG2. Voor REFG bedraagt het vochtpercentage namelijk 4% CM, terwijl dit voor EXPG1 en 2 gelijk is aan 2% CM. Het hoger gehalte aan anhydriet bij EXPG1 kent hier een causaal verband. Hierdoor gaat er meer water chemisch gebonden worden in de kristalstructuur en blijft er minder residueel vocht over in het proefstuk om opgemeten te worden. Dit in combinatie met het feit dat er aan EXPG1 minder water toegevoegd is dan aan REFG is een mogelijke verklaring voor dit resultaat. Ondanks dit grootte verschil behaalt REFG toch sneller de waarde van 0,5 % CM dan EXPG2. Omdat de grafiek van REFG echter niet dezelfde kromming toont als de andere samenstellingen, wordt de meting die vastgelegd is na 4 dagen droogtijd in twijfel getrokken. Aangezien er bij deze samenstelling geen druk genoteerd is na de CCM-meting, groeit het vermoeden dat de waarde van 0 % CM na 4 dagen drogen voor REFG incorrect is. De waarheid achter deze waarde kan niet bevestigd worden. Het is namelijk eveneens mogelijk dat capillaire droging eerder stopt dan het meetpunt op 4 dagen en dat daardoor geen kromming in de grafiek is waar te nemen. Omdat er per samenstelling per meetpunt slechts één monster wordt genomen, is er geen vergelijkbare waarde. Alle samenstellingen bereiken de grenswaarde van 0,5% CM alvorens de capillaire drogingsfase stopt.

De waarden van de samenstellingen met Casea liggen na twee dagen droogtijd wel in de buurt van elkaar en elke curve kent ook een gelijkaardige kromming. Voor REFC en EXPC1 bedraagt dit 4,5% CM, terwijl het vochtpercentage voor EXPC2 gelijk is aan 4% CM. De curve van EXPC1, welk enkel hydrofoob middel als toevoegsel heeft, toont het steilste verloop tijdens de capillaire drogingsfase. Het verschil met REFC is echter zeer klein en deze toont dan weer een snellere droging tijdens de fase waar diffusie dominant is. Dit in tegenstelling tot de mengsels met Gyvlon, waar de referentiesamenstelling REFG het snelst droogt in deze fase. Weliswaar meer dan dubbel zo snel dan de andere mengsels met

Gyvlon. Dit is opnieuw een indicatie dat er bij de meting van REFG iets is misgelopen. Het valt op dat het steile verloop van de drie samenstellingen, wat duidt op capillaire droging, stopt alvorens het bereiken van 0,5 % CM. Dit kan te maken hebben met het bindmiddel Casea, maar ook met het feit dat er een ander soort zand gebruikt is bij deze samenstellingen. Een grover zand leidt tot een snellere droging.

De samenstelling die de drie toevoegsels (hydrofoob, poreus en dispersiemiddel) bevat droogt voor zowel de samenstelling met Gyvlon, als de samenstelling met Casea het traagst.



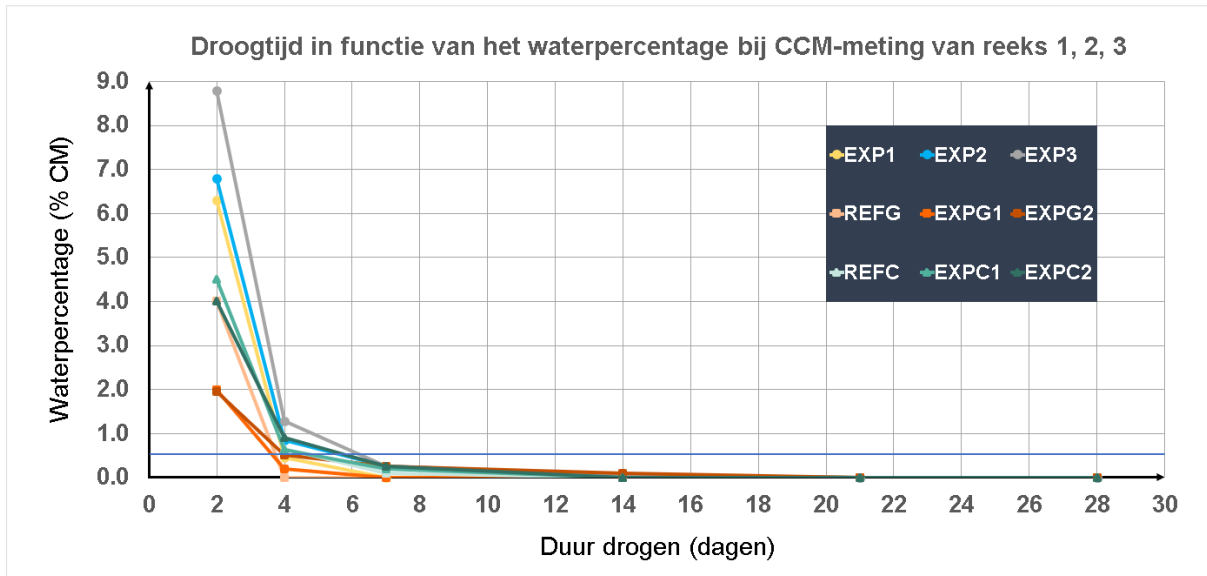
Figuur 55: Grafiek van droogtijd i.f.v. het waterpercentage bij CCM-meting van reeks 2 en 3.

Figuur 56 toont de curves van alle negen geteste samenstellingen in één grafiek. Hieruit kan afgeleid worden dat EXP 1, 2 en 3 een hoger vochtgehalte hebben na twee dagen drogen dan de andere samenstellingen. Bij EXP 3 bedraagt dit vochtgehalte zelfs bijna 9% CM. EXP3 droogt wel het snelst van deze samenstellingen in de capillaire drogingsfase en de overgangsfase. Zowel EXP 1, 2 en 3 als REFG, EXPG1 en EXPG2 zijn opgebouwd uit het bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB. Toch is er een wezenlijk verschil tussen het vertrekpunt van de curve na twee dagen droogtijd en het behalen van de 0,5% CM-grens.

Er zijn drie reeksen te onderscheiden:

- Reeks 1: EXP 1, 2 en 3 met bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB;
- Reeks 2: REFG, EXPG1 en 2 met bindmiddel Gyvlon en zand van het WTCB
- Reeks 3: REFC, EXPC1 en 2 met bindmiddel Casea en zand van Seghers-Setisol

Wat betreft de droogtijd zijn deze groepen gerangschikt van traagst drogend naar snelst drogend.



Figuur 56: Grafiek van droogtijd i.f.v. het waterpercentage bij CCM-meting van reeks 1, 2, 3.

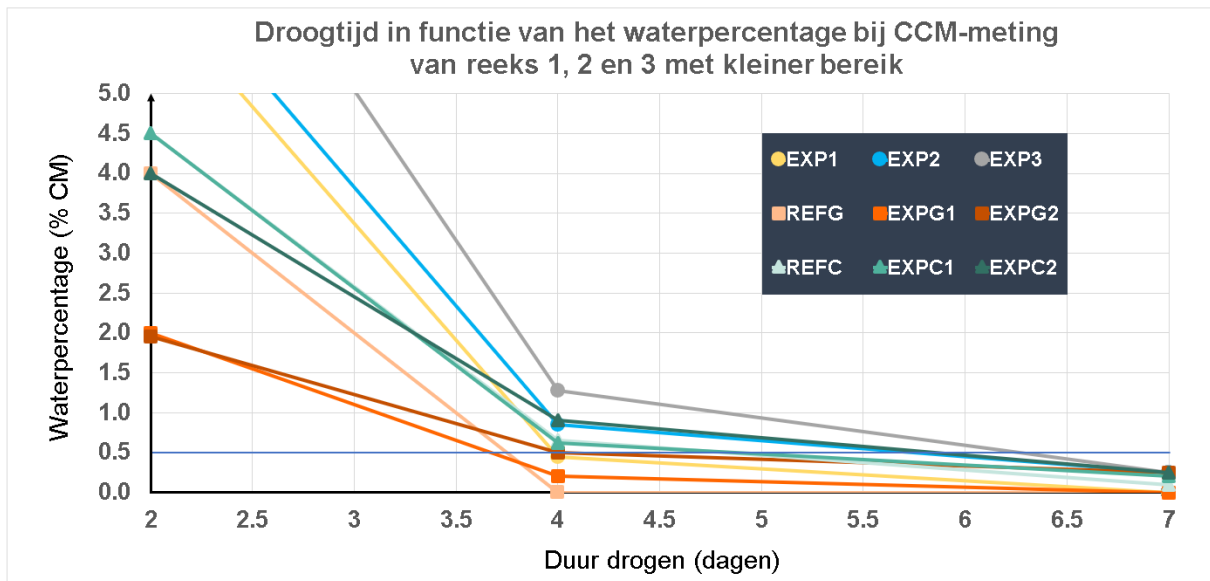
Zowel uit de tabellen als uit de grafieken is het duidelijk dat alle proefstukken na 7 dagen voldoende droog zijn om de gietdekvloer af te werken en dus 0,5% CM bereikt hebben. Om het verschil van de droogtijd tussen de samenstellingen duidelijker te presenteren, toont de Figuur 57 een kleiner bereik op de x-as, namelijk van 2 tot 7 dagen.

Figuur 57 toont dat EXPG1 de vochtgrens van 0,5% CM het snelst bereikt. Dit punt kan exact bepaald worden aan de hand van de vergelijking van een lijnstuk dat twee gekende punten verbindt. Met behulp van deze vergelijking kunnen alle droogtijden van de samenstellingen bij 0,5% CM bepaald worden.

$$y - y_1 = m(x - x_1) \quad \text{met } m = \text{rico} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Oplossen naar x met y gelijk te stellen aan 0,5% CM levert Tabel 59 op met deze droogtijden.

$$\frac{0,5 - y_1}{m} + x_1 = x$$



Figuur 57: Grafiek van droogtijd i.f.v. het waterpercentage bij CCM-meting met kleiner bereik voor reeks 1, 2 en 3.

Tabel 59 bevestigt dat EXPG1 het snelste droogt, met 3,7 dagen en dat de referentiesamenstelling EXPG1 hier heel dicht tegenaan leunt met 3,8 dagen droogtijd om 0,5% CM te bereiken. EXP3 is met 6,3 dagen droogtijd de traagst drogende samenstelling.

Tabel 59: Bepaling van de droogtijd in dagen tot 0,5% CM uit gegevens van de CCM-meting voor proefstukken die drogen langs 5 vlakken.

Proefstukken	Droogtijd [dagen]		Water [% CM]		Rico	Water [% CM] y	Droogtijd [dagen] x
	x1	x2	y1	y2			
EXP1	2	4	6.30	0.45	-2.93	0.5	4.0
EXP2	4	7	0.85	0.25	-0.20	0.5	5.8
EXP3	4	7	1.28	0.25	-0.34	0.5	6.3
REFG	2	4	4.00	0.00	-2.00	0.5	3.8
EXPG1	2	4	2.00	0.20	-0.90	0.5	3.7
EXPG2	2	4	1.95	0.50	-0.73	0.5	4.0
REFC	4	7	0.65	0.10	-0.18	0.5	4.8
EXPC1	4	7	0.63	0.20	-0.14	0.5	4.9
EXPC2	4	7	0.90	0.25	-0.22	0.5	5.8

### 15.3 Analyse resultaten gravimetrisch wegen

Door de gravimetrische weging uit te voeren voor 3 proefstukken die drogen langs 5 vlakken, kan er aan de hand van de bekomen droogtijden uit Tabel 59 gekeken worden naar hoeveel massa water er op dat moment is afgegeven. Dit komt overeen aangezien de proefstukken onderworpen aan een CCM-meting eveneens droogden langs 5 vlakken.

$$y - y_1 = m(x - x_1) \quad \text{met } m = \text{rico} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

Oplossen naar y met x gelijk te stellen aan de droogtijd x uit Tabel 59, levert Tabel 60 op met de berekende massa water afgegeven bij het bereiken van 0,5% CM.

$$y = m(x - x_1) + y_1$$

Tabel 60 toont dat de samenstellingen met enkel hydrofoob middel (EXP1, EXPG1 en EXPC1) het minste water afgeven aan de omgeving om tot de vochtgrens te komen. Verder geven de samenstellingen die de drie toevoegsels bevatten (EXP2, EXPG2 en EXPC2) het meeste water af aan de omgeving. Door het toevoegen van poreus middel zal het water meer in de poriën zitten en daarbij dus ook afgegeven worden aan de omgeving.

Tabel 60: Bepaling van de afgegeven massa water tot 0,5% CM van proefstukken die drogen langs 5 vlakken.

Proefstukken	Droogtijd [dagen]		Massa water [g]		Rico	Droogtijd [dagen]	Massa water [g]	Massa water afgegeven [g]
	x1	x2	y1	y2				
EXP1	2	4	569.68	534.78	-17.45	4.0	534.78	34.9
EXP2	4	7	516.89	513.37	-1.17	5.8	514.78	39.2
EXP3	4	7	512.55	508.42	-1.38	6.3	509.38	42.5
REFG	2	4	509.95	502.09	-3.93	3.8	502.88	39.0
EXPG1	2	4	545.88	534.52	-5.68	3.7	536.22	28.2
EXPG2	2	4	536.52	521.24	-7.64	4.0	521.24	44.8
REFC	4	7	483.24	478.70	-1.51	4.8	482.03	40.7
EXPC1	4	7	465.10	463.33	-0.59	4.9	464.57	38.7
EXPC2	4	7	482.02	478.36	-1.22	5.8	479.83	51.0

Vervolgens wordt er gekeken naar het moment waarop de proefstukken die drogen in een mal diezelfde massa aan water hebben afgegeven. De bekomen droogtijd is gelijk aan de droogtijd om de vochtgrens van 0,5% CM te behalen. Er dient dus opnieuw een vergelijking tussen twee gekende punten opgelost te worden naar de droogtijd x. Hierbij dient y gelijk gesteld te worden aan het verschil van de massa die correspondeert met y1 uit Tabel 60 en de massa afgegeven water. Eerst dient er wel gekeken te worden tussen welke punten van droogtijd de massa water is afgegeven om zo de vergelijking van het juiste lijnstuk op te stellen.

Berekening van de y-waarde voor EXP1 als wijze van voorbeeld:

*De massa bij 2 dagen droogtijd van een proefstuk dat droogt langs 5 vlakken = 569,68 g*

*De massa bij 2 dagen droogtijd van een proefstuk in een mal = 537,96 g*

$$y = 537,96 \text{ g} - 34,9 \text{ g} = 503,06 \text{ g}$$

Dit is de massa van het proefstuk tussen 7 en 14 dagen droogtijd.

Voor de andere proefstukken wordt de massa na één dag droogtijd genomen. EXP1 kon namelijk niet ontkist worden na één dag drogen wegens onvoldoende verhard te zijn.

Tabel 61 toont de bekomen droogtijden. Wat opvalt is dat maar twee samenstellingen evenveel water afgeven dan nodig is om de vochtgrens van 0,5 % CM te halen binnen 28 dagen drogen. EXP1 haalt een droogtijd 10,4 dagen en EXPG2 haalt een droogtijd van 15,2 dagen om tot een vochtgehalte te komen van 0,5% CM, waarbij de calciumsulfaatgebonden gietdekvloer mag afgewerkt worden. Al de andere samenstellingen doen er langer over dan 28 dagen. Het doel van dit onderzoek is om een samenstelling te vinden die de droogtijd reduceert van een gietdekvloer die gebonden is met calciumsulfaat. Volgens

Tabel 61: Bepaling van de droogtijd in dagen tot 0,5% CM uit gegevens van de gravimetrische meting voor proefstukken die drogen langs één vlak .

Proefstukken	Droogtijd [dagen]		Massa water [g]		Rico	Massa water [g]	Droogtijd [dagen]
	x1	x2	y1	y2		y	x
EXP1	7	14	504.17	501.89	-0.33	503.06	10.4
EXP2	28	>28	509.61	<509.61	/	505.54	>28
EXP3	28	>28	495.75	<495.75	/	490.99	>28
REFG	28	>28	484.45	<484.45	/	479.01	>28
EXPG1	28	>28	463.93	<463.93	/	459.18	>28
EXPG2	14	21	498.30	496.22	-0.30	497.94	15.2
REFC	28	>28	506.44	<506.44	/	498.64	>28
EXPC1	28	>28	493.22	<493.22	/	483.54	>28
EXPC2	28	>28	500.84	<500.84	/	488.49	>28

Figuur 58 toont de grafieken (a tot i) van elke samenstelling met een curve voor de proefstukken die drogen langs 5 vlakken ( $\mu$ ) en een curve voor de proefstukken die drogen langs één vlak ( $\mu$ Mal-). EXP1 $\mu$  bereikt al na 4 dagen een punt waarna het residueel vochtgehalte niet sterk meer daalt. Dit komt overeen met wat er is vastgelegd bij de CCM-meting en dit punt is dan ook het bereiken van 0,5% CM. De grafiek van EXP1 (a) toont dat er een goed capillair transport plaatsvindt voor beide curves. Dit kan toegeschreven worden aan het hydrofoob middel dat de binnenkant van de porie waterafstotend maakt, maar ook aan de grote hoeveelheid water die gebruikt is ter fabricatie van dit mengsel. Dit water hoopt zich namelijk op in de poriën. Eveneens is er bij dit mengsel minder anhydriet gebruikt dan bij andere mengsels waardoor er minder water moet binden en de poriënstructuur meer open is.

Tabel 49 tot 57 toont de resultaten van de druk- en buigtrekproef.

Tabel 49 toont dat er een grotere massa water afgegeven wordt bij EXP1 $\mu$ Mal- dan bij EXP1 $\mu$ . Dit kan uiteraard niet en is te wijten aan het feit dat van EXP1 $\mu$ Mal- de massa is gemeten vlak na het gieten van de proefstukken in de mal, terwijl de massa van EXP1 $\mu$  pas



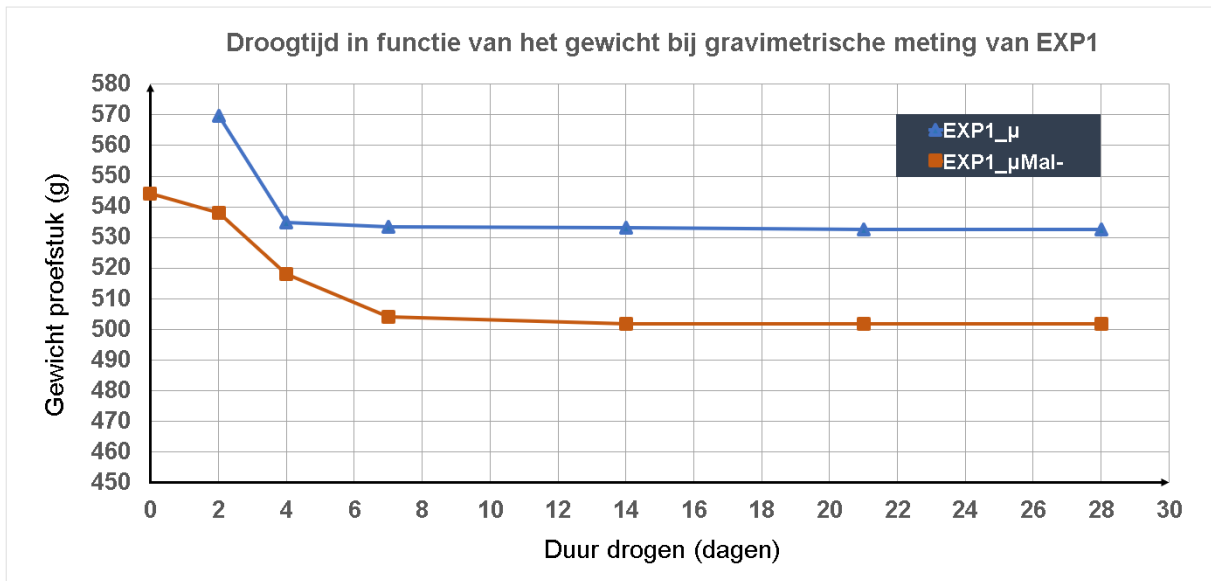
gemeten is na ontkisten, wat plaatsvond na twee dagen drogen. Een proefstuk dat via vijf vlakken droogt zal altijd meer water afgeven aan de omgeving dan een proefstuk dat langs één vlak droogt, indien de parameters voor beide proefstukken gelijk zijn.

De proefstukken die in de mal blijven zitten drogen minder snel in de eerste fase dan de proefstukken die drogen langs 5 vlakken. Dit is uiteraard logisch aangezien er enkel water langs het bovenvlak kan afgegeven worden en er dus minder capillairen in contact staan met de omgevingslucht.

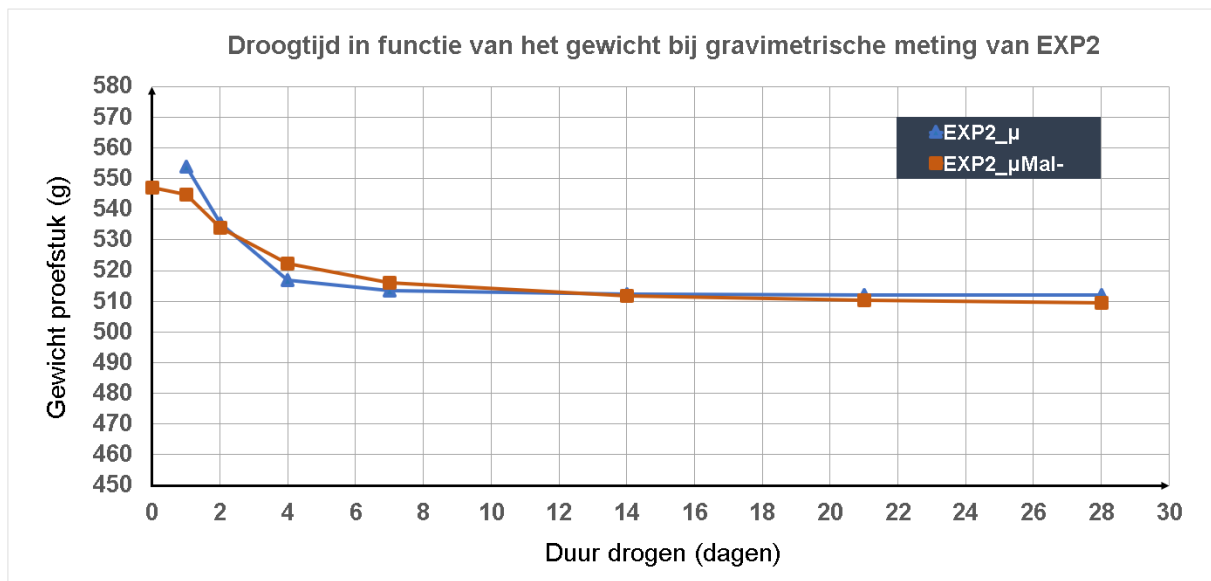
De rode curves tonen een langgerechter verloop van de capillaire drogingsfase dan de blauwe curves. Afhankelijk van het initieel gestort gewicht ligt de rode of de blauwe curve bovenaan in de grafiek, maar dit heeft verder geen betekenis. De rode curves tonen dat er de eerste 24 uur na gieten nagenoeg geen water aan de omgeving wordt afgegeven. Dit komt omdat de mallen afgedekt werden met een plasticen folie, zodat de hydratatiereactie zich goed kon voltrekken.

Bij de rode curve van EXPC1 (h) is er een foute notatie van het gewicht neergepend. De massa van een proefstuk kan namelijk niet zo sterk dalen om vervolgens weer te stijgen.

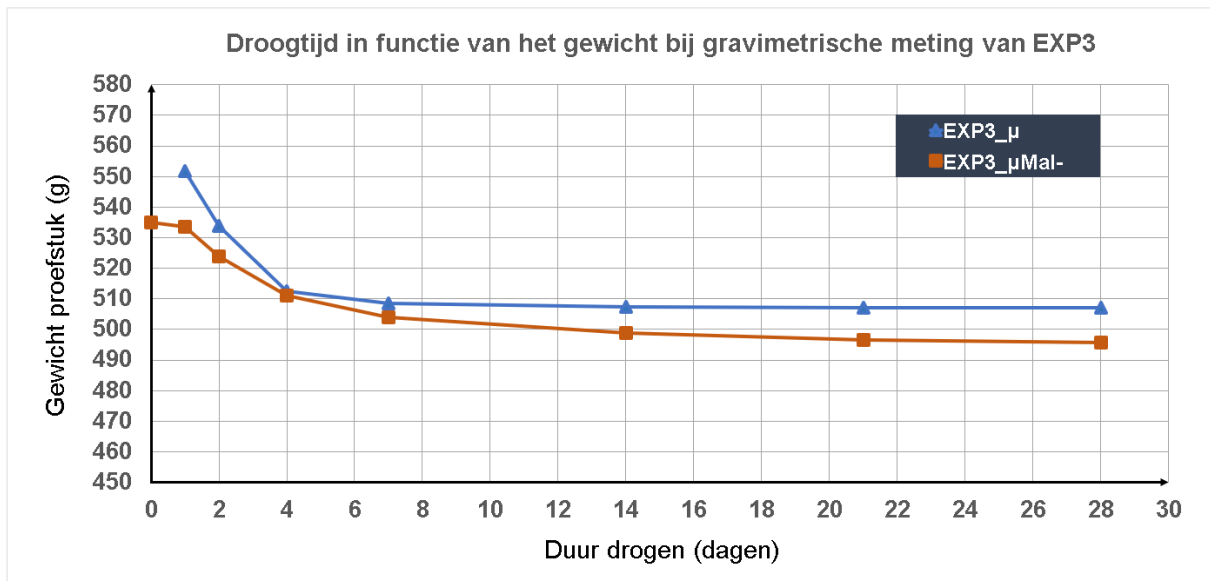
Het valt op dat de rode curves van EXP3, EXPG2 en EXPC2 in het gebied van diffusie iets meer naar beneden hellen dan de blauwe curves. Dit duidt erop dat bij deze samenstellingen damptransport door diffusie verbeterd wordt en dat dampdiffusie belangrijker is bij droging langs één vlak dan bij droging langs vijf vlakken. EXP2 toont dit ook, maar in mindere mate. Deze vier samenstellingen bevatten een poreus middel in combinatie met dispersiemiddel, welke volgens het onderzoek van Knauff synergie met elkaar vertoonden [65]. Deze synergie vertaald zich ook in deze grafieken. De grafiek van EXP2 (b) toont dit mooi aan omdat de massa's van de proefstukken nagenoeg gelijk zijn. De blauwe curve ligt lager dan de rode in het capillair gebied, vervolgens komt de rode curve lager te liggen dan de blauwe in diffusiegebied. Dat diffusie minder belangrijk is bij droging langs vijf vlakken kan toegeschreven worden aan het niet zo snel vormen van een droge zone. Via de zijvlakken van het proefstuk zal het capillair transport gemakkelijker plaatsvinden dan via het bovenvlak.



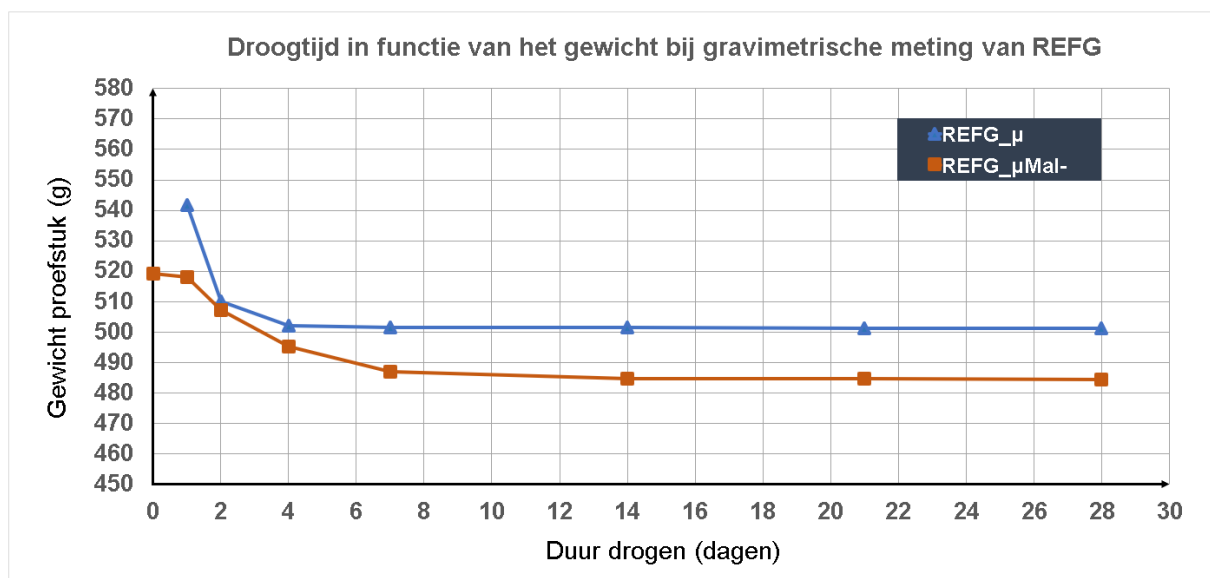
a) Samenstelling EXP1



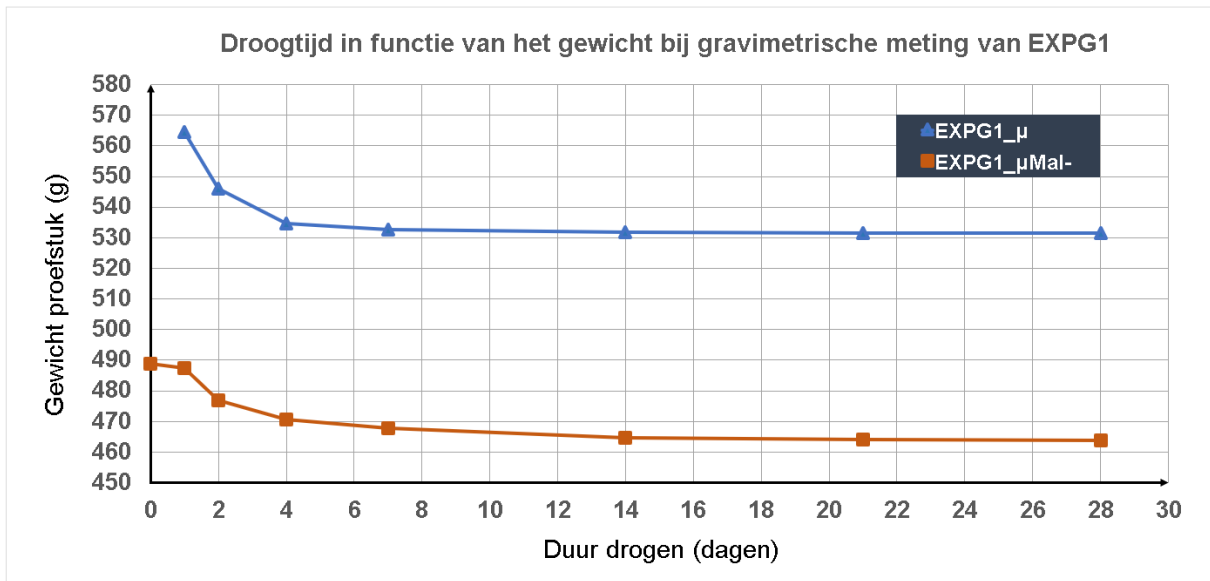
b) Samenstelling EXP2



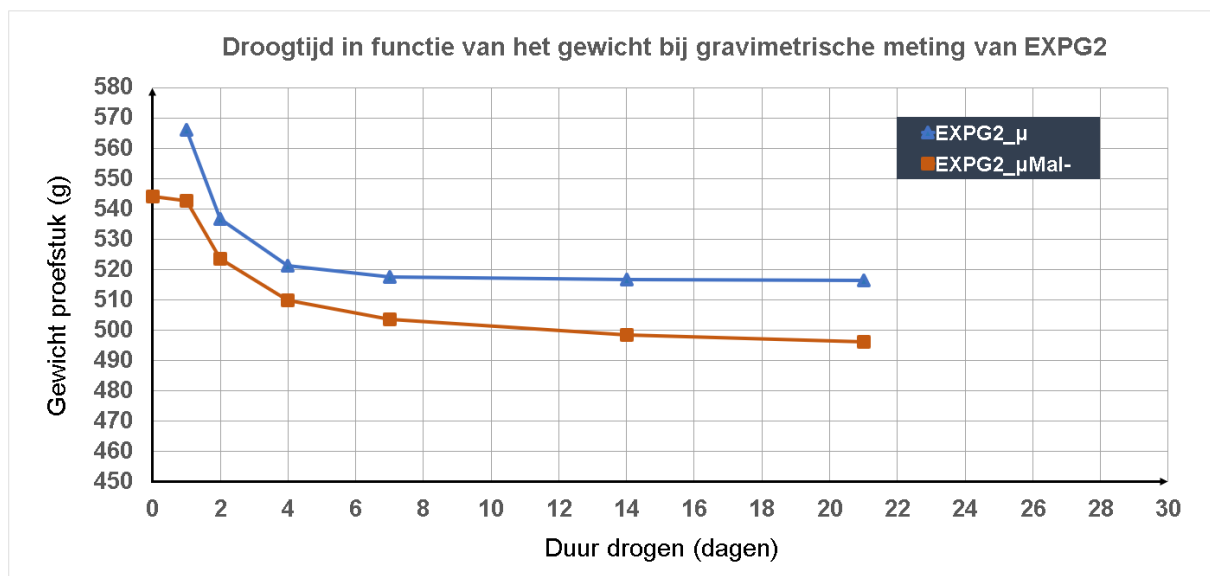
c) Samenstelling EXP3



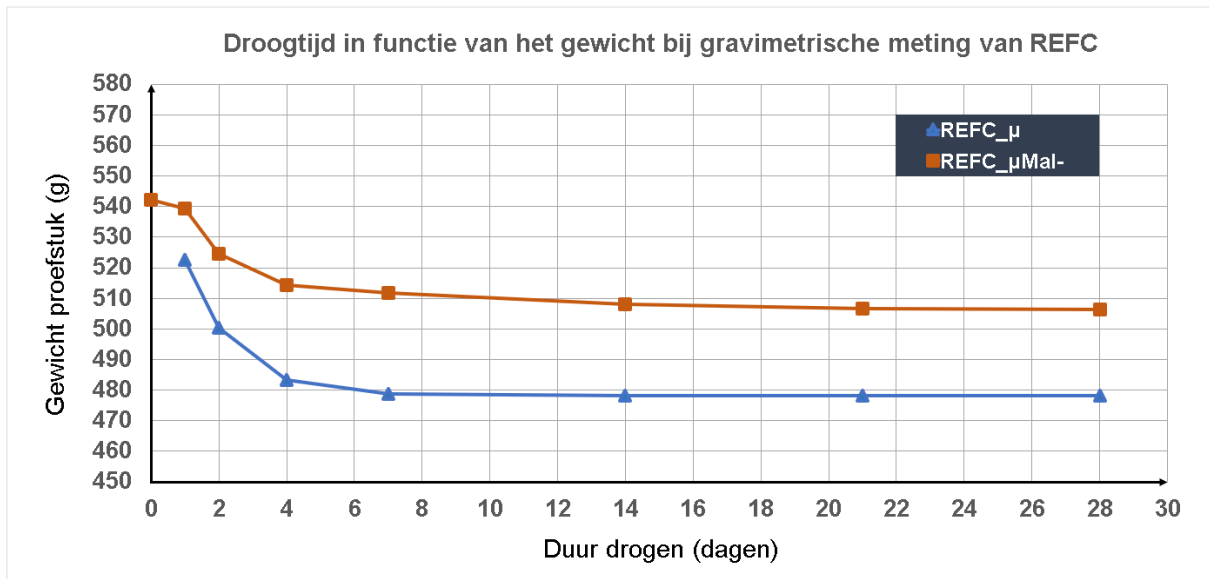
d) Samenstelling REFG



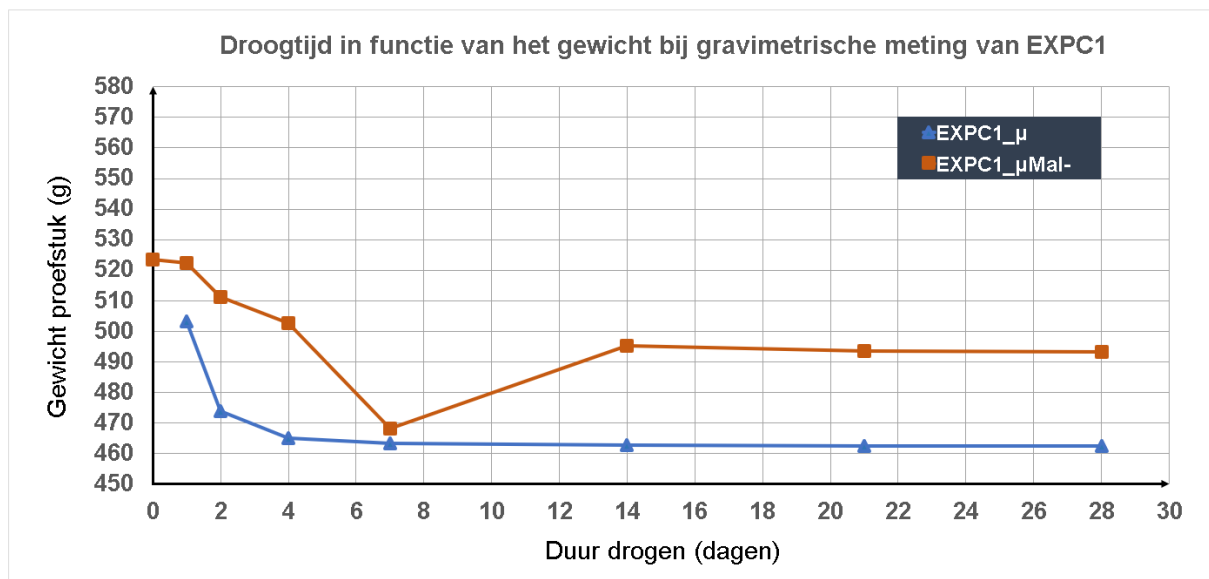
e) Samenstelling EXPG1



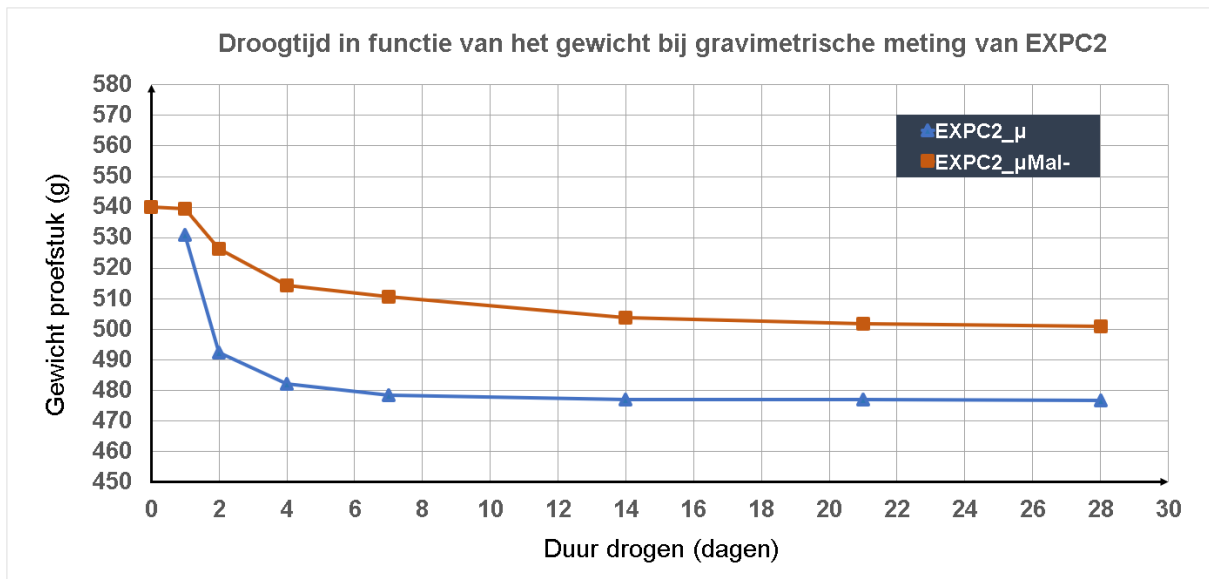
f) Samenstelling EXPG2



g) Samenstelling REFC



h) Samenstelling EXPC1



i) Samenstelling EXPC2

*Figuur 58: Grafiek van droogtijd i.f.v. het gewicht bij gravimetrische meting.*

## 15.4 Analyse resultaten buigtrek- en druksterkte

De bekomen druksterkte na 28 dagen droogtijd wordt weergegeven in Tabel 62. De massadichtheid van de proefstukken varieert maar weinig en is conform het document 'Technische specificaties Gyvlon gietvloer', welk is bezorgd door Seghers-Setisol en is terug te vinden in de bijlage. De dichtheid in dit document bedraagt  $2050 \text{ kg/m}^3$  voor een gedroogde Gyvlon gietdekvloer. De referentie REFG ligt hier bijna pal op met  $2051 \text{ kg/m}^3$ . De densiteit van REFC van Casea ligt lager. Voor dit mengsel werd er ook meer water toegevoegd. Er is echter geen technische fiche van Casea Raddiplus T die een densiteit van de gedroogde gietdekvloer vermeld.

Bij EXP2, EXP3, EXPG2, EXPG2 en EXPC2 ligt de densiteit lager. Bij deze middelen zijn een poreus en dispersiemiddel gebruikt dat de porositeit verhoogt. Meer poriën die lucht bevatten verlaagt de densiteit van het materiaal.

EXP1, EXPG1 en EXPC1 vertonen op hun beurt een hogere densiteit. Deze producten bevatten enkel hydrofoob middel. Het lijkt dat het hydrofobe middel de densiteit van een gedroogde gietdekvloer verhoogd. Eerder was er al aangetoond dat het hydrofoob middel ervoor zorgt dat er minder water opgenomen wordt in de capillairen om af te geven. Minder water in de poriën geeft een lagere porositeit.

Tabel 62: Massadichtheid, buigtrek- en druksterkte van alle samenstellingen na 28 dagen drogen.

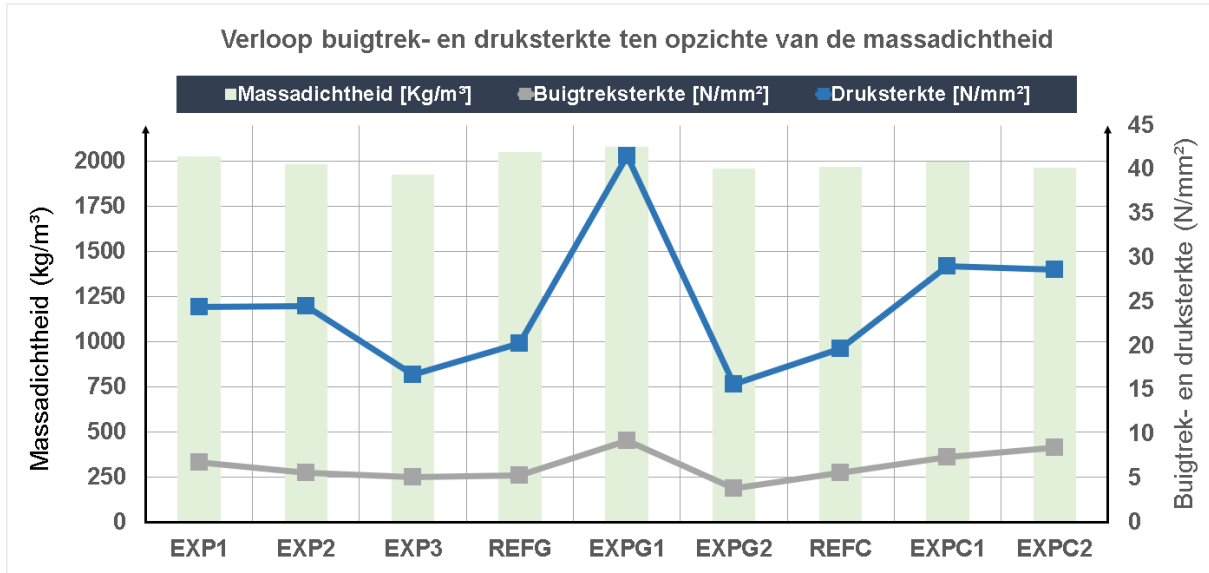
Proefstukken	Massadichtheid $\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	Buigtreksterkte $R_f$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Druksterkte $R_c$ [N/mm <sup>2</sup> ]
EXP1	2031	6.8	24.4
EXP2	1983	5.6	24.5
EXP3	1927	5.1	16.8
REFG	2051	5.3	20.3
EXPG1	2080	9.3	41.6
EXPG2	1962	3.8	15.6
REFC	1969	5.6	19.7
EXPC1	2001	7.3	29.0
EXPC2	1966	8.4	28.6

Figuur 59 visualiseert hoe de sterktes van de verschillende samenstellingen zich verhouden tot elkaar en tot hun massadichtheid. Niet geheel toevallig heeft de samenstelling met de hoogste massadichtheid eveneens de hoogste buigtrek- en druksterkte. EXPG1 heeft namelijk een massadichtheid van  $2080 \text{ kg/m}^3$  en haalt een druksterkte die dubbel zo groot is als deze van de referentie REFG, met een waarde van  $41,6 \text{ N/mm}^2$  ten opzichte van  $20,3 \text{ N/mm}^2$ . De buigtreksterkte is eveneens nagenoeg verdubbeld met  $9,3 \text{ N/mm}^2$  ten opzichte van  $5,3 \text{ N/mm}^2$  voor de referentie. Tabel 13 toont dat het doel van de referentie een druksterkteklasse C25 en buigtreksterkteklasse F6 beoogde, welk respectievelijk correspondeert met  $25 \text{ N/mm}^2$  en  $6 \text{ N/mm}^2$ . De referentie heeft deze waarden niet gehaald, maar EXPG1 heeft deze ruimschoots overtroffen, met respectievelijk 66% en 55%.

EXP1, EXP2 halen net niet de vooropgestelde sterkteklassen, maar het komt wel heel dicht in de buurt. EXPC1 en EXPC2 overtreffen de vooropgestelde sterkteklassen, maar minder

sterk dan EXPG1. De sterktes van de referentiesamenstellingen REFG en REFC zijn nagenoeg gelijk aan elkaar, maar zijn lager dan C25 en F6. Dit is best een verrassend resultaat aangezien net die samenstellingen ontworpen zijn om tot die specifieke sterkteklasse te behoren. In het receptuur van Casea staat er zelfs een druksterkteklasse van C45 en buigtreksterkteklasse van F8 beschreven. Dit is waarschijnlijk foutief.

EXP3 en EXPG2 hebben een sterkte die ondermaats is ten opzichte van C25 en F6.



Figuur 59: Gecombineerde grafiek van de buigtrek- en druksterkte ten opzichte van de massadichtheid.



## 15.5 Keuze zandsoort en korrelgrootte.

Korrelverdeling (norm: NBN EN 933-1:1997)

NBN EN 1097-6: Bepaling van de dichtheid van de deeltjes en waterabsorptie

NBN EN 12620+A1:2008

Uit de verdelingscurves en tabellen met de doorval van het zand van het WTCB en het zand van Seghers-Setisol is af te leiden dat het zand van Seghers-Setisol een grotere fractie van de grove granulaten bevat en een kleinere fractie van de fijne granulaten dan het zand van het WTCB. Beide zanden worden geclassificeerd als een fijn granulaat met  $D/d = 4/0$  volgens de norm, getoond in Tabel 63 en 64.

Tabel 63: Algemene sorteringsvoorschriften (NBN EN 12620+A1:2008).

Aggregate	Size [mm]	Percentage passing by mass					Category G
		2D <sup>a</sup>	1,4D	D <sup>b</sup>	d	d/2	
Fine	$D \leq 4$ $d=0$	100	95 to 100	85 to 99	-	-	G <sub>r85</sub>
Natural graded 0/8 mm aggregate	$D \leq 8$ and $d=0$	100	98 to 100	90 to 99	-	-	G <sub>NC90</sub>

Tabel 64: Toetsing van het zand van het WTCB en Seghers-Setisol aan de algemene sorteringsvoorschriften voor fijn aggregaat.

D/d = 4/0	2D = 8	1,4D = 5,6	D = 4	d	d/2
Zand WTCB	99.9	97.8	92.9	-	-
Zand Seghers	100	94	89	-	-
Tolerantie	100	95-100	85-99	-	-

Het toeslagmateriaal dient zo grof mogelijk te zijn. In het (dek)vloerenboek staat dat de fijnheidsmodulus FM (zie formule hoofdstuk 6.4) groter moet zijn dan 2,8 calciumsulfaatgebonden dekvloeren [82]. Verder is een goede korrelopbouw van belang om ontmenging te voorkomen.

$$FM = \frac{\sum\{(> 4) + (> 2) + (> 1) + (> 0,5) + (> 0,25) + (> 0,125)\}}{100}$$

$$FM \text{ zand WTCB} = \frac{7,1 + 16,1 + 28,5 + 60,3 + 92,7 + 99,4}{100} = 3,04$$

$$FM \text{ zand Seghers - Setisol} = \frac{11 + 21 + 33 + 64 + 96 + 100}{100} = 3,25$$

Beide zanden hebben voldoende grof materiaal aangezien FM groter is dan 2,8. Volgens het (dek)vloerenboek is het zand van Seghers-Setisol beter dan dat van het WTCB omdat het grover is.

Een belangrijke parameter van zand is het vochtgehalte. De ruimte die een zand inneemt wordt hier namelijk sterk door beïnvloed. Nat zand heeft een waterfilm rond de granulaten waardoor het zand in gewicht en volume toeneemt. Deze toename in volume is afhankelijk van de fijnheid van het zand. Grof zand neemt minder in volume toe dan fijn zand omdat grof

zand minder totale oppervlakte bezit waaraan de watermoleculen zich kunnen hechten. Indien de absorptiefactor van het zand verkeerd wordt ingeschat, kan er te weinig of te veel water toegevoegd worden. Het teveel aan water nestelt zich in de holle ruimtes, waardoor de porositeit verhoogt.

## 16 Conclusie

Het reduceren van de droogtijd van een anhydrietgebonden gietdekvloer is geen evidentie. Er zijn veel parameters die invloed hebben op elkaar en het is een uitdaging om te weten te komen op welke manier deze parameters met elkaar interageren. Met experimenteel design kan er gewerkt worden naar de invloed van één parameter. Wordt dit doorgetrokken naar de werf dan is het nog moeilijker om de uitkomst van de droogtijd te voorspellen aangezien de parameters zoals omgevingstemperatuur, luchtvochtigheid, ventilatie, etc. niet constant en onvoorspelbaar zijn. Tijdens dit onderzoek is er aan de hand van een grondige voorstudie en marktonderzoek informatie ingezameld om een labo-onderzoek uit te voeren dat gericht is op verschillende parameters die de droogtijd van een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer kunnen verminderen. Er zijn negen samenstellingen gemaakt met het bindmiddel Gyvlon en Casea in combinatie met respectievelijk zand van het WTCB en van Seghers-Setisol. Het toevoegen van hydrofoob, poreus en dispersiemiddel beoogden het reduceren van de droogtijd. Droging dient sneller plaats te vinden dan 1 cm per week.

Uit de resultaten blijkt dat droging langs vijf vlakken het snelst verloopt voor de samenstelling met Gyvlon, zand van het WTCB en enkel hydrofoob middel (EXPG1). Meer relevant voor de praktijk is echter droging langs één vlak. Hier is er slechts één samenstelling die de doelstelling van dit onderzoek vervult. Namelijk de samenstelling met Gyvlon, zand van het WTCB en enkel hydrofoob middel, maar met een hoog watergehalte (EXP1). Initieel werd gedacht dat het watergehalte verlagen de droogtijd zou verminderen, maar dit is incorrect. Een mogelijk verklaring is dat water zich bij een hoger watergehalte nestelt in de poriën en zo grotere poriën creëert. Deze poriën bevorderen zowel de capillaire drogingsfase als de fase waar diffusie dominant is. EXP1 boet niet in aan druk- en buigtreksterkte, deze zijn respectievelijk 24,4 N/mm<sup>2</sup> en 6,8 N/mm<sup>2</sup>. De vooropgestelde waarden was een druksterkte tussen 20 en 30 N/mm<sup>2</sup> en een buigtreksterkte tussen 4 en 8 N/mm<sup>2</sup>. Aan deze voorwaarden is dus voldaan. Het hoofddoel van dit onderzoek was het reduceren van de droogtijd van een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer die normaal gezien aan 1 cm dikte per week droogt. Een vloer van 4 cm dik droogt dan in 28 dagen. EXP1 droogt in 10,4 dagen en dus is de opzet van deze masterproef geslaagd.

Er spelen echter veel parameters mee om de droogtijd te reduceren en in feite is de vloeimaat van EXP1 aan de hoge kant, namelijk 288 mm. Echter zijn er vloeimaten in de praktijk mogelijk tot 300 mm omwille van de verwerkbaarheid. Verder onderzoek kan gedaan worden om meer te filteren tussen specifieke parameters en zo te kijken naar de invloed van een gekozen parameter die in dit onderzoek naar voren komt als gunstig om de droogtijd te verminderen van een calciumsulfaatgebonden gietdekvloer.

## 17 Bibliografie

- [1] „Anhydrietchape: voor- en nadelen & prijzen,” chapewerken.vlaanderen, [Online]. Available: <https://chapewerken.vlaanderen/anhydrietchape>. [Geopend 17 september 2020].
- [2] „Anhydritec Minersa Group,” anhydritec.com, [Online]. Available: <https://www.anhydritec.com/#anhydrite>. [Geopend 10 september 2020].
- [3] „Over ons,” seghers-setisol.be, [Online]. Available: <https://seghers-setisol.be/nl/over-ons>. [Geopend 10 september 2020].
- [4] D. de Prekel en T. Dhaenens, „Analyse van droogtijd, restvochtgehalte en sterkte-eigenschappen van calciumsulfaatgebonden dekvloeren,” Masterproef, Universiteit Gent-Departement IW Bouwkunde, 2017.
- [5] „What effects screed drying time?,” screedscientist.com, 2012. [Online]. Available: <https://www.screedscientist.com/what-affects-screed-drying-time>. [Geopend 15 september 2020].
- [6] „Anhydrievloer in congrescentrum gedroogd,” droogspecialist.nl, 2020. [Online]. Available: <https://droogspecialist.nl/cases/anhydrievloer-drogen>. [Geopend 15 september 2020].
- [7] T. Vangheel, „Calciumsulfaatgebonden gietdekvloeren: de dekvloeren van de toekomst?,” wtcb.be, april 2017. [Online]. Available: <https://www.wtcb.be/homepage/index.cfm,cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact56&art=849>. [Geopend 11 december 2020].
- [8] „Hoe dun kan een dekvloer zijn?,” 2017. [Online]. Available: <https://www.belgium.weber/nl/blog/tips/hoedunkanneendekvloerzijn>. [Geopend 17 09 2020].
- [9] P. Jenkins en D. Wilson, „TILING ONTO CALCIUM SULFATE (ANHYDRITE) SCREEDS,” bal-adhesives.com, 15 juli 2015. [Online]. Available: <https://www.bal-adhesives.com/tiling-onto-calcium-sulfate-anhydrite-screeds/#:~:text=As%20a%20general%20rule%20thumb,humidity%20not%20greater%20than%2065%25>. [Geopend 11 december 2020].
- [10] P. Vloemans, „Waarom vloei-rapid?,” paulvloemans.be, [Online]. Available: <https://paulvloemans.be/waarom-vloei-rapid>. [Geopend 11 december 2020].
- [11] „Normenfiches-beton-mortel-granulaten,” wtcb.be, [Online]. Available: [https://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?lang=nl&dtype=concrete&doc=Overzicht\\_van\\_de\\_normen\\_mbt\\_Beton\\_Mortel\\_Granulaten.pdf](https://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?lang=nl&dtype=concrete&doc=Overzicht_van_de_normen_mbt_Beton_Mortel_Granulaten.pdf). [Geopend 11 december 2020].
- [12] „GIPS - (KALKPLEISTER, ZWAVELZURE KALK; MINERAAL, GESTEENTE),” etymologiebank.nl, 2009. [Online]. Available: <https://www.etymologiebank.nl/trefwoord/gips>. [Geopend 13 november 2021].

- [13] H. M. King, „Anhydrite,” geology.com, 2021. [Online]. Available: <https://geology.com/minerals/anhydrite.shtml>. [Geopend 13 december 2021].
- [14] „Gypsum: From Prehistory to the Modern World,” eurogypsum.org, 2018. [Online]. Available: <https://www.eurogypsum.org/the-gypsum-industry/about-gypsum/>. [Geopend 2021 december 2021].
- [15] J. A. Harrell, „Building Stones,” *UCLA Encyclopedia of Egyptology*, nr. 1, pp. 4-5, 2012.
- [16] C. V. STOLK, „Mazes of mines and catacombs beneath Paris,” wordpress.com, 25 November 2019. [Online]. Available: <https://bluemarbleearth.wordpress.com/2019/11/25/mazes-of-mines-and-catacombs-beneath-paris/>. [Geopend 1 maart 2021].
- [17] „Anhydriet,” limehousetownhall.org.uk, 2021. [Online]. Available: <https://be.limehousetownhall.org.uk/585-anhydrite.html>. [Geopend 1 maart 2021].
- [18] „Natuurgips,” Ecobouwmaterialen.be, 2021. [Online]. Available: [https://www.ecobouwmaterialen.be/houtsoorten\\_detail.php?id=3&titel=Natuurgips](https://www.ecobouwmaterialen.be/houtsoorten_detail.php?id=3&titel=Natuurgips). [Geopend 1 maart 2021].
- [19] J. Faes, „Hoofdstuk 3: Zouten,” 2019. [Online]. Available: [https://meneerfaes.files.wordpress.com/2019/03/v4\\_hoofdstuk-3-1.pdf](https://meneerfaes.files.wordpress.com/2019/03/v4_hoofdstuk-3-1.pdf). [Geopend 12 08 2021].
- [20] M. Garside, „Major countries in gypsum mine production from 2010 to 2020,” 2020. [Online]. Available: <https://www.statista.com/statistics/264936/global-gypsum-production-by-major-countries/>. [Geopend 8 03 2021].
- [21] R. J. P. D. Thomas Schmid, „Insights into the CaSO<sub>4</sub>–H<sub>2</sub>O System: A Raman-Spectroscopic Study,” 2020. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2075-163X/10/2/115/htm>. [Geopend 19 01 2022].
- [22] „Calcium sulfate,” 2022. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium\\_sulfate](https://en.wikipedia.org/wiki/Calcium_sulfate). [Geopend 15 05 2021].
- [23] A. P. S. P. I. I. A. G. Aleksey Eremin, „15th International scientific conference “Underground Urbanisation as a Prerequisite for,” in *Determination of calcium sulfate hemihydrate modification by Xray diffraction analysis*, 2016.
- [24] „orthorhombic system,” 2022. [Online]. Available: <https://www.britannica.com/science/orthorhombic-system>. [Geopend 20 01 2022].
- [25] W. V. Daniela Freyer, „Crystallization and Phase Stability of CaSO<sub>4</sub> and CaSO<sub>4</sub>-Based Salts,” 2003. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/227106134\\_Crystallization\\_and\\_Phase\\_Stability\\_of\\_CaSO4\\_and\\_CaSO4-based\\_Salts](https://www.researchgate.net/publication/227106134_Crystallization_and_Phase_Stability_of_CaSO4_and_CaSO4-based_Salts). [Geopend 22 01 2022].
- [26] B. M. M. J. R. M. GOTO, „Formation of Orthorhombic Anhydrite,” 1965. [Online]. Available: <https://www.nature.com/articles/206294a0>. [Geopend 20 01 2022].
- [27] „Orthorombisch kristalstelsel,” 2022. [Online]. Available: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Orthorombisch\\_kristalstelsel](https://nl.wikipedia.org/wiki/Orthorombisch_kristalstelsel). [Geopend 20 01 2022].

- [28] „Crystal Morphology and Symmetry,” 2022. [Online]. Available: <https://opengeology.org/Mineralogy/10-crystal-morphology-and-symmetry/>. [Geopend 20 01 2022].
- [29] „REA-gips,” 2022. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/REA-Gips>. [Geopend 19 01 2022].
- [30] „Productie van chemiegips,” 2021. [Online]. Available: <https://sgdentalshop.com/hoewordt-gips-gemaakt>. [Geopend 12 08 2021].
- [31] „Sulfate Wastes - Material Description,” 2022. [Online]. Available: <https://rmrc.wisc.edu/ug-mat-sulfate-wastes/>. [Geopend 19 01 2022].
- [32] „Waterstoffluoride,” 2022. [Online]. Available: <https://de.wikipedia.org/wiki/REA-Gips>. [Geopend 19 01 2022].
- [33] „Conventionele anhydrietdekvloer,” 2022. [Online]. Available: <http://www.geramat.be/geramat/Docs/Nl/Bayer%20anhydrite%20NL.pdf>. [Geopend 19 01 2022].
- [34] „Natuurgips, RO-gips en fosforgips,” 2020. [Online]. Available: <https://www.albarius.be/natuurgips-ro-gips-en-fosforgips/>. [Geopend 12 08 2021].
- [35] C. Kozicki, „6 Facts About Synthetic Gypsum,” 2022. [Online]. Available: <https://feeco.com/6-facts-synthetic-gypsum/>. [Geopend 20 01 2022].
- [36] WTCB, „TECHNISCHE VOORLICHTING (TVN) 189,” 1993. [Online]. Available: [http://www.confederatiebouw.be/portals/38/CDSchrijnwerk/data\\_tech\\_doc\\_schrijnwerk/docs/Houten%20vloeren%20en%20parket/TV%20189%20Dekvloeren,%201ste%20de el.pdf](http://www.confederatiebouw.be/portals/38/CDSchrijnwerk/data_tech_doc_schrijnwerk/docs/Houten%20vloeren%20en%20parket/TV%20189%20Dekvloeren,%201ste%20de el.pdf). [Geopend 12 08 2021].
- [37] „Bindmiddelheid,” 2022. [Online]. Available: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/bindmiddelheid.shtml>. [Geopend 19 01 2022].
- [38] „Anhydrietchape: voor- en nadelen & prijzen,” 2022. [Online]. Available: <https://www.chapewerken.vlaanderen/anhydrietchape>. [Geopend 8 09 2021].
- [39] „Codificatie van de granulaten,” 2014. [Online]. Available: [http://qc.spw.wallonie.be/fr/normes/doc/ptv411\\_2.1\\_nl.pdf](http://qc.spw.wallonie.be/fr/normes/doc/ptv411_2.1_nl.pdf). [Geopend 3 januari 2021].
- [40] „Wat is rond zand?,” 2021. [Online]. Available: <https://www.containerverhuur-corneillie.be/bouwmaterialen-grondstoffen/rond-zand/wat-is-rond-zand>. [Geopend 4 januari 2022].
- [41] „Rijnzand,” 2021. [Online]. Available: <https://www.zand.be/zandsoorten/rijnzand>. [Geopend 4 januari 2022].
- [42] „Betonzand,” Spaansen, 2022. [Online]. Available: <https://www.spaansen.nl/product/betonzand>. [Geopend 4 januari 2022].
- [43] „De bestanddelen van beton: Granulaten,” 20 maart 2019. [Online]. Available: <https://www.holcim.be/nl/de-bestanddelen-van-beton-granulaten>. [Geopend 4 januari 2022].

- [44] „Chapezand,” Satic Minera, 2022. [Online]. Available: <https://www.satic-minera.be/toepassingen/chape/>. [Geopend 4 januari 2022].
- [45] P. V. d. Heede, „Porositeit en transporteigenschappen van ‘groene’ betonsoorten,” 2007. [Online]. Available: <https://lib.ugent.be/nl/catalog/rug01:001312347>. [Geopend 5 12 2021].
- [46] „Procestechniek drogen,” [Online]. Available: <https://maken.wikiwijs.nl/userfiles/18ed37b7eb2b0982e48d0e1a922153a57858f00a.pdf>. [Geopend 01 15 2022].
- [47] J. Devree, „Evenwichtsvochtgehalte,” 2022. [Online]. Available: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/evenwichtsvochtgehalte.shtml>. [Geopend 15 01 2022].
- [48] „Hydraulisch bindmiddel,” 2016. [Online]. Available: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Hydraulisch\\_bindmiddel](https://nl.wikipedia.org/wiki/Hydraulisch_bindmiddel). [Geopend 16 01 2022].
- [49] Y. Messiaen, „Bindmiddelen,” 2020. [Online]. Available: <https://www.studocu.com/nl-be/document/hogeschool-gent/materialenkennis/bindmiddelen-samenvatting-materialenkennis/6733140>. [Geopend 16 01 2022].
- [50] K.-H. Wiegrink, „Modellierung des Austrocknungsverhaltens von Calciumsulfat-Fließstrichen und der resultierenden Spannungen und Verformungen,” 2002. [Online]. Available: <https://d-nb.info/969411715/34>. [Geopend 01 15 2022].
- [51] h. E. Tsotsas, „Drying and Wetting of Capillary Porous Materials: Insights from Imaging and Physics-based Modeling,” 2020. [Online]. Available: <https://opendata.uni-halle.de/handle/1981185920/32881?mode=full>. [Geopend 15 01 2022].
- [52] J. Devree, „Porositeit,” 2020. [Online]. Available: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/porositeit.shtml>. [Geopend 01 16 2022].
- [53] J. Devree, „Absorptiewater,” 2022. [Online]. Available: <https://www.joostdevree.nl/shtmls/absorptiewater.shtml>. [Geopend 16 01 2022].
- [54] A. Verruijt, „GRONDMECHANICA,” 2001. [Online]. Available: <https://ocw.tudelft.nl/wp-content/uploads/GrondMechBoek.pdf>. [Geopend 16 01 2022].
- [55] D. Or, „Capillary Processes in Porous Media,” 2018. [Online]. Available: [https://perso.univ-rennes1.fr/joris.heyman/PDF/cargese2018/Or-Capillarity\\_Cargese\\_2018\\_v2.pdf](https://perso.univ-rennes1.fr/joris.heyman/PDF/cargese2018/Or-Capillarity_Cargese_2018_v2.pdf). [Geopend 14 01 2022].
- [56] P. Geertsma, „Wat is capillariteit of een capillaire werking?,” 31 mei 2016. [Online]. Available: <https://www.technischwerken.nl/kennisbank/techniek-kennis/wat-is-capillariteit-of-een-capillaire-werking/>. [Geopend 14 01 2022].
- [57] J. C. B. D. T. H. d. F. A. K. L. L. A. N. d. M. L. P. R. S. S. Farid Benboudjema, „Mechanical Properties,” 01 2019. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/325345374\\_Mechanical\\_Properties](https://www.researchgate.net/publication/325345374_Mechanical_Properties). [Geopend 14 01 2022].
- [58] „Hagen-Poiseuille-vergelijking,” 2022. [Online]. Available:

- [https://stringfixer.com/nl/Hagen-Poiseuille\\_equation](https://stringfixer.com/nl/Hagen-Poiseuille_equation). [Geopend 20 01 2022].
- [59] M. V. L. P. F. F. P. C. M. D. Seck, „The mechanisms of plaster drying,” 2015. [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/270596337\\_The\\_mechanisms\\_of\\_plaster\\_drying](https://www.researchgate.net/publication/270596337_The_mechanisms_of_plaster_drying). [Geopend 20 01 2022].
- [60] „Ideale gaswet,” 2022. [Online]. Available: <https://dodona.ugent.be/en/courses/2/series/20/exercises/780975492/>. [Geopend 20 01 2022].
- [61] „Begrijp de wet van Dalton van partiële druk,” 2019. [Online]. Available: <https://www.greelane.com/nl/science-tech-math/wetenschap/what-is-daltons-law-of-partial-pressures-604278/>. [Geopend 15 10 2022].
- [62] M. Jin, „METR125: Cloud Microphysics – grow by condensation,” 2017. [Online]. Available: <https://www.google.com/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fslideplayer.com%2Fslide%2F9995174%2F32%2Fimages%2F32%2FDiffusion%2BProcess%2BHandout%253A.jpg&imgrefurl=https%3A%2F%2Fslideplayer.com%2Fslide%2F9995174%2F&tbid=UGZHqbQ7Pn-ciM&vet=10CAMQxiAoAGoXChMI8Oaq8c>. [Geopend 20 01 2022].
- [63] P. G. H. Uges, „Deel 1. Het Mollierdiagram,” 2021. [Online]. Available: [http://www.airco-kenniscentrum.nl/images/pdf/Deel\\_1\\_Het\\_Mollierdiagram.pdf](http://www.airco-kenniscentrum.nl/images/pdf/Deel_1_Het_Mollierdiagram.pdf). [Geopend 12 10 2021].
- [64] S. D. Jonghe, „VOCHTTRANSPORTEIGENSCHAPPEN VAN CAPILLAIRE ONDERDAKMATERIALEN,” 2006. [Online]. Available: [https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/311/857/RUG01-001311857\\_2010\\_0001\\_AC.pdf](https://libstore.ugent.be/fulltxt/RUG01/001/311/857/RUG01-001311857_2010_0001_AC.pdf). [Geopend 15 10 2022].
- [65] B. M. FRIEDRICH Sabrina, „FAST-DRYING SCREED AND SCREED MIXTURE FOR PRODUCING THE SCREED”. Europa Patent EP 3 325 426 B1, 23 07 2015.
- [66] „Solid-ratio,” 2015. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/solid-ratio>. [Geopend 17 01 2022].
- [67] M. B. Sabrina FRIEDRICH, „Fast-drying screed and screed mixture for producing the screed”. Verenigde Staten Patent PCT / EP2015 / 001523, 23 januari 2018.
- [68] D. Julian, „PUIMSTEEN KORRELS OOK WEL BIMS EN HAAR VULKANISCHE VITALITEIT,” 13 11 2020. [Online]. Available: <https://drakenbloedboom.com/blogs/insights/vulkanische-vitaliteit-van-puimsteen>. [Geopend 16 01 2022].
- [69] V. R. R S Muralitharan, „Basic Properties of Pumice Aggregate,” *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, vol. 8, nr. 4, pp. 256-258, 2015.
- [70] B.-Y. C. C.-S. C. A. C. Kae-Long Lin, „Waste brick's potential for use as a pozzolan in blended Portland cement,” 2010. [Online]. Available: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20103570/>. [Geopend 16 01 2022].
- [71] J. Devree, „Hydraulisch,” 2022. [Online]. Available:



- <https://www.joostdevree.nl/shtmls/hydraulisch.shtml>. [Geopend 18 01 2022].
- [72] J. Devree, „Tekeninglezen,” [Online]. Available: [https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgp/perspectief\\_3\\_projecties\\_tekening\\_lezen\\_www\\_wema\\_be.pdf](https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgp/perspectief_3_projecties_tekening_lezen_www_wema_be.pdf). [Geopend 06 01 2022].
- [73] „Sneldrogende chape,” chapewerken.vlaanderen, 2022. [Online]. Available: <https://www.chapewerken.vlaanderen/sneldrogende-chape#:~:text=Het%20oppervlak%20droogt%20te%20snel,op%20scheurvorming%20en%20loskomende%20vloerbedekking..> [Geopend 4 maart 2021].
- [74] „Veiligheidsinformatieblad Multipol,” 2017. [Online]. Available: [https://www.remix.nl/download/NL/VIB/Remix\\_VIB\\_Multipol.pdf](https://www.remix.nl/download/NL/VIB/Remix_VIB_Multipol.pdf). [Geopend 13 08 2021].
- [75] „Methylchlorisothiazolinon,” 2022. [Online]. Available: <https://nl.wikipedia.org/wiki/Methylchlorisothiazolinon>. [Geopend 20 01 2022].
- [76] „Oorzaken en preventie van betonschade : Ontmenging / Krimp en scheurvorming,” 2019. [Online]. Available: <https://www.holcim.be/nl/praktische-gids-oorzaken-en-preventie-van-betonschade>. [Geopend 10 04 2021].
- [77] „Wat is een CROW CUR aanbeveling,” CROW, 2019. [Online]. Available: <https://www.crow.nl/over-crow/nieuws/2019/december/wat-is-een-crow-cur-aanbeveling>. [Geopend 7 januari 2022].
- [78] „Het vergelijk van, in bestekken voorkomende, sterkteaanduidingen,” 2021. [Online]. Available: [https://www.gyylon.nl/uploads/Document/14.10.22\\_vergelijk\\_sterkteaanduidingen\\_dek\\_vloeren.pdf](https://www.gyylon.nl/uploads/Document/14.10.22_vergelijk_sterkteaanduidingen_dek_vloeren.pdf). [Geopend 16 maart 2021].
- [79] J. M. Y. H. B. M. Hieronimi Mboya, „Assessment of Pumice Blocks in Comparison to Cement Sand Blocks and Burnt Blocks ‘The Case of Mbeya City - Tanzania’,” *Journal of Civil Engineering Research and Practise*, vol. 8, nr. 1, pp. 43-55, 2011.
- [80] „Mortelmenger Hobart A200,” Hobart, 2022. [Online]. Available: <http://www.newa.nl/mortelmenger-hobart-a200>. [Geopend 15 11 2021].
- [81] „Trechter volgens Hägermann,” 2022. [Online]. Available: <http://www.newa.nl/haegermann-vloeitafel>. [Geopend 21 01 2022].
- [82] C. v. d. Steen, „Het (dek)vloerenboek,” 2010. [Online]. Available: [https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgd/dekvloer\\_11\\_dekvloerenboek\\_2010\\_www\\_bedrijfschapafbouw\\_nl.pdf](https://www.joostdevree.nl/bouwkunde2/jpgd/dekvloer_11_dekvloerenboek_2010_www_bedrijfschapafbouw_nl.pdf). [Geopend 4 maart 2021].
- [83] J. G. C. L. X. C. a. Y. Z. Yongbo Tang, „Dehydration Pathways of Gypsum and the Rehydration Mechanism,” *ACS Omega*, vol. 2019, pp. 7636-7642, 2019.
- [84] P. H. M. B. John Grunewald, „Towards an Engineering Model of Material Characteristics for Input to Ham Transport Simulations - Part 1: An Approach,” *Journal of Building Physics*, vol. 2003, nr. 26, pp. 343-366, 2003.





## CLASSIC 16 & 20 DE REFERENTIE VAN DE GIETDEK VLOER

In het productenprogramma van **Gyvlon® Gietvloer**, biedt de CLASSIC® de gebruikers al meer dan 30 jaar kwaliteit en veelzijdigheid.

Gyvlon® Gietvloer CLASSIC® 16 & 20 kan bij **elk vloersysteem en -afwerking** toegepast worden (vloerverwarming, thermische- en/of geluidsisolatie, nivelleren van een vlakke vloer, etc.), ongeacht de transportmethode.

### ALLE VOORDELEN VAN DE PRODUCTEN GYVLON GIETVLOER®

Gyvlon® Gietvloer CLASSIC® biedt **alle voordelen** van de **calciumsulfaat** gebonden gietdekvloer uit de productenrange van Gyvlon® Gietvloer dat al meer dan 30 jaar de referentie is:

- **Zeer hoge vloeibaarheid**  
eenvoudig uit te voeren
- **Perfecte vlakheid**  
van het afgewerkte oppervlak
- **Snelle verwerking**
- **Geen wapening en dilatatievoegen**  
tot 600 m<sup>2</sup>
- **Huidvrij**  
nabehandeling minimaal of niet nodig
- **Duurzaamheid, MVO en ergonomische werkhouding**

### VOOR ALLE BOUWPROJECTEN EN TOEPASSINGEN

Gyvlon® Gietvloer CLASSIC® 16 & 20, zijn de meest veelzijdige uitvoeringen uit onze productenrange. Het perfecte antwoord op alle soorten toepassingen:

#### Thermische en akoestische isolatie



#### Nivelleren van de vloer



#### Vloerverwarming



#### Specifieke toepassingen

Sportvloeren, dunne vloeren,  
houten vloeren,...

#### ONZE + TECHNOLOGIEËN

- ➔ **Betere prestaties van vloerverwarming**
- ➔ **Hoge buig-treksterkte**  
C16F4 en C20F5)
- ➔ **Dunne dekvloer**  
(vanaf 25 mm)
- ➔ **Huidvrij**
- ➔ **Dekvloersysteem**  
binnen 80 mm  
inbouwhoogte



AL MEER DAN 85 MILJOEN M<sup>2</sup>  
GEREALISEERD MET GYVLON®  
GIETVLOER CLASSIC® 16 & 20.

#### PRODUCTEN VAN GYVLON®

**EXCELIO®**  
TECHNOLOGIE De extreem dunne  
nivellerende gietdekvloer

**THERMIO+®**  
TECHNOLOGIE Uw garantie voor de  
meest efficiënte  
vloerverwarming

**CLASSIC®**  
TECHNOLOGIE CLASSIC 16 & 20 De  
referentie van de  
gietdekvloer

**INITIO®**  
TECHNOLOGIE De gietdekvloer voor  
een kleine prijs

**ULTRA®**  
TECHNOLOGIE Uw garantie voor de  
hoogste kwaliteit

**Gyvlon®**  
**Gietvloer**

Een productgroep  
van Anhydritec BV

## ➤ GEEN VERTRAGING OP DE BOUW

De doorlooptijd van een gegoten dekvloer wordt sterk gereduceerd dankzij de hoge gietproductiviteit (ca. 200 m<sup>2</sup>/uur).

Wij streven ernaar om de vloeren na 24 uur na het gieten beloopbaar te laten zijn en de vervolgwerkzaamheden kunnen meestal na 72 uur uitgevoerd worden (zware belastingen na ca. 5 dagen).

## ➤ DROOGTIJD<sup>(1)</sup> / VLOERVERWARMING

Een tegel kan bij een dekvloer van 4 cm al na ca. 4 weken gelegd worden, bij een dekvloer van 5 cm na ca. 5 weken. Bij vloerverwarming zorgt het opstartprotocol van de vloerverwarming (essentieel voor het aanbrengen van een verlijmingslaag) voor verkorting van de droogtijd met ongeveer 1 week. Mits de ruimte goed geventileerd is.

## ➤ VRIJHEID IN ELK GEWENST TYPE VLOERAFWERKING

In tegenstelling tot dekvloeren op basis van cement wordt de calciumsulfaat gietdekvloer met minder dilatatievoegen uitgevoerd. Door het vrijwel ontbreken van dilatatievoegen behoudt uw vloerafwerking haar esthetische karakter en kan het op elke gewenste manier worden gelegd (diagonaal, stenen vloertegels, etc). De vloerafwerking kan na het gieten van de vloer gelegd worden, zonder risico van scheurvorming, zelfs niet na enkele maanden.

## ➤ VERBETERING VAN DE WARMTEAFGIFTE BIJ VLOERVERWARMING

De Gyvlon Gietvloer CLASSIC® 16 & 20 vloeit mooi om de buizen van het vloerverwarmingssysteem waardoor deze perfect omhuld worden. De speciaal samengestelde compositie op basis van calciumsulfaat zorgt voor een **snellere en efficiënte warmteoverdracht**.

<sup>(1)</sup> de droogtijd is afhankelijk van de weersomstandigheden en in overeenstemming met de geldende technische voorschriften



## UITSTEKENDE PRESTATIES

TECHNISCHE KENMERKEN <sup>(2)</sup>			
Druk- en Buigtreksterkte (N/mm <sup>2</sup> )		Klasse C16F4 / C20F5	
Volumieke massa (nat)		2.250 kg/m <sup>3</sup> (± 50)	
Volumieke massa (droog)		2.050 kg/m <sup>3</sup> (± 50)	
Minimale dikte per type gebouw	Bij vloerverwarming (met en zonder isolatie)		
	25 mm (boven de leidingdikte van min. 15 mm)		
	Woongebouw	hechten/tussen laag	F4: 25 mm / F5: 25 mm
		met isolatie (zwevend) <sup>(3)</sup>	F4: 35 mm / F5: 30 mm
Kantoorgebouw	hechten/tussen laag	F4: 25 mm / F5: 25 mm	
	(zwevend)	F4: 50 mm / F5: 45 mm	

COMFORTABEL GIETEN	
Vloeimaat	250 / 260 mm <sup>(4)</sup>
Voegen	Minder voegen tov cementgebonden dekvloeren
Productiviteit	tot ca. 200 m <sup>2</sup> / uur tot ca. 1.500 m <sup>2</sup> / dag
Bewerken	Oppervlakte hoeft niet geschuurd te worden

<sup>(2)</sup> Volgens NEN 2742 en CUR-107

<sup>(3)</sup> Isolatie maximaal 5 mm, samendrukbaar

<sup>(4)</sup> Meet op locatie altijd de vloeimaat

## Technische specificaties Gyvlon gietvloer

### Druksterkte na 28 dagen:

**Gemeten op prisma** afhankelijk van de sterkteklasse

**40 x 40 x 160 mm** 12 t/m 35 N/mm<sup>2</sup>

### Buigtreksterkte na 28 dagen:

**Gemeten op prisma** afhankelijk van de sterkteklasse

**40 x 40 x 160 mm** 3 t/m 7 N/mm<sup>2</sup>

**Volumieke massa na droging** 2.050 kg/m<sup>3</sup>

**Krimp/zwel** < 0,2 mm/m (CUR-Aanbeveling 107)

**Warmtegeleidingscoëfficiënt (Lambda waarde)** ≥ 2,0 W/mK

**Thermische uitzettingscoëfficiënt** 0,012 mm/mK

**Vloerverwarming** Deze mag na 7 dagen volgens het opstartprotocol in gebruik worden genomen.

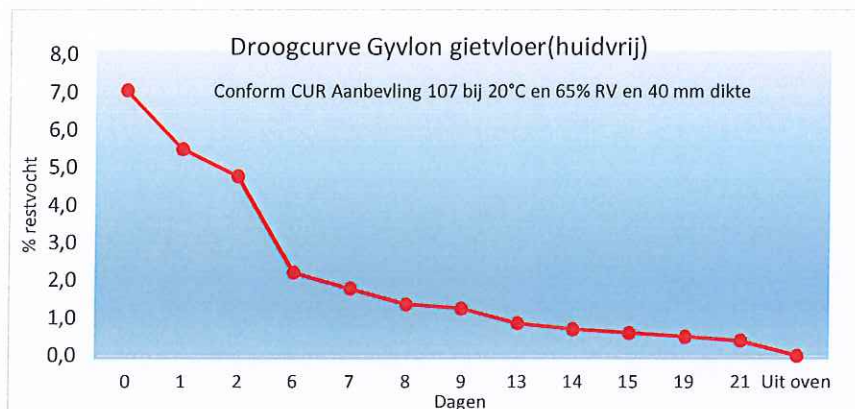
**Klimaatbeheersing** Alle maatregelen voor het verlagen van de relatieve vochtigheid mogen al na 48 uur in gang worden gezet.

**Brandwerendheid** Onbrandbaar volgens NEN 6064, bij gebruikelijke samenstellingen mag worden uitgegaan van een brandgedrag volgens Klasse A1fl, bepaald volgens NEN-EN 13501-I.

**pH-waarde** > 7

**Beloopbaarheid** na 48 uur, bij temperatuur > 5°C en < 30°C

### Droogcurve



Bij dikkere vloeren en/of ongunstige drogingsomstandigheden zal het drogingsgedrag vanzelfsprekend langer zijn.

### Vlakheidseisen

Volgens NEN 2747:2001 Classificatie en meting van de vlakheid en evenwijdigheid van vloeroppervlakken.

## Product datablad Raddiplus T

### Productomschrijving

Raddiplus T bindmiddelcompound is een hoogwaardig Calciumsulfaat bindmiddel (CAB-40), geproduceerd volgens de norm DIN EN 13454 en is een ideale basis voor de productie en verwerking van kwalitatieve calciumsulfaat/anhydriet gietvloeren. Raddiplus T is gebaseerd op zuiver thermisch (RO- Rookgas Ontzwaveling) anhydriet en is geschikt voor de productie en verwerking van gietdekvloeren als hechtende of zwevende vloer, losliggend op folie en zeer geschikt als dekvloer inclusief vloerverwarming.

Gietdekvloeren, verwerkt met Raddiplus T volgens aanbevolen mortelrecepturen, zijn 'huidvrij' en behoeven niet te worden geschuurd, tenzij dit nodig is om het oppervlak te reinigen van bouwvuil (opschuren). De vloeren kunnen met iedere soort vloerbekleding worden afgewerkt. Afhankelijk van toeslagmaterialen en mengverhoudingen kunnen gietdekvloeren van verschillende sterkteklassen worden geproduceerd. Door de specifieke eigenschappen en hoge sterktes die kunnen worden bereikt, is Raddiplus T uitermate geschikt als bindmiddel voor gebruik in premix droge mortelsystemen, als ook in 2-kamer silosystemen en Mixmobile systemen.

### Informatie

Dit productblad is naar beste weten opgesteld en vervangt alle eerdere productbladen. De inhoud hiervan is niet juridisch bindend.

### Voor verdere informatie kunt u zich wenden tot:

CASEA GmbH  
Pontelstraße 3  
99755 Ellrich  
Deutschland  
T +49 36332 89-100  
F +49 36332 89-202  
[info@casea-gips.de](mailto:info@casea-gips.de)  
[www.casea-gips.de](http://www.casea-gips.de)

Een onderneming van de REMONDIS-groep

### > Technische specificaties en eigenschappen

Vloeimaat met Hägermannkegel*	22-30 cm
Open tijd gietvloerspecie**	30-45 minuten na verpompen
Druk- en buigtreksterkte van het bindmiddel	CAB 40 volgens DIN EN 13454
Beloopbaar na**	circa 24 uur
Gedeeltelijk belastbaar na**	ca. 36 uur / 1,5 dag
Brandbaarheid	A1, onbrandbaar
pH-waarde (specie)	alkalisch, pH > 11
Schudgewicht	circa 1,2 kg/dm <sup>3</sup>
Opstarten vloerverwarming	na 4 dagen
Zwel- en krimpgedrag	≤ 0,2 mm/m
*) afhankelijk van mortelreceptuur    **) afhankelijk van verhardingsomstandigheden	

### > Logistiek en veiligheidsvoorschriften

Leveringsmogelijkheden	big-bag en bulk
Houdbaarheid	mits droog en beschermd opgeslagen is Raddiplus T 6 maanden houdbaar na leveringsdatum
Veiligheidsinformatie	zie veiligheidsblad Raddiplus T

### > CE-Keurmerk





0432

CASEA GmbH  
Pontelstraße 3  
99755 Ellrich  
Deutschland

06  
04 16911 203  
0432-CPR-00146-01  
EN 13454-1:2004, Calciumsulfaat bindmiddel CAB40  
Voor de productie van dekvloeren binnen gebouwen  
Brandklasse A1  
pH-waarde ≥ 7  
Normsterkte 40  
Gehalte calciumsulfaat ≥ 85%  
Krimp en zwel ≤ 0,2mm/m



VEMAT L. Monnoyerkaai 11 B-1000 Brussel Tel.: 02 2457752 Fax: 02 2424678

Technische fiche nr.: <b>V 08-06-03</b>	 21 0965-CPR-GT0534		<b>DoP V08-06-03 12620-13139-13242</b>
Datum :04-01-2021 Vervangt: 01-07-2020			

Aanduiding	Kwartzand	<b>Rondzand 0/4 CF C f3 a (26-90)</b>	<b>Rivierzand 0/4</b>
------------	-----------	---------------------------------------	-----------------------

<b>Norm van toepassing</b>			
EN 12620 : Toeslagmaterialen voor beton			
EN13139: Toeslagmaterialen voor mortel			
EN13242: Toeslagmaterialen voor ongebonden en gebonden toepassing			

Zeeff EN 933-1	(mm)	8	5.6	4	2	1	0.500	0.250	0.125	0.063
<b>Gem doorval</b>	%	100	100	97	89	78	41	5	0	0,1
<b>Min.</b>	%	100	95	91	78	54	20	0	0	0
<b>Max.</b>	%	100	100	99	98	94	80	25	15	3
<b>FM</b>		2.7								

Kenmerken	Norm	Gemiddelde	CE			BENOR
			12620	13139	13242	
<b>Categorie (*)</b>			12620	13139	13242	-
			0/4 G <sub>F</sub> 85	-	0/4G <sub>F</sub> 85	-
<b>Reële dichtheid p<sub>rd</sub> (*)</b>	EN 1097-6	2.64 Mg/m <sup>3</sup>	2.64 Mg/m <sup>3</sup>			2.64 Mg/m <sup>2</sup> ±0.1Mg/m <sup>3</sup>
<b>Absorptie (*)</b>	EN 1097-6	0.2%	0.2%			0.2 ± 0,3 %
<b>Gehalte fijne deeltjes (*)</b>		0.6%	Cat.f <sub>3</sub>	Cat.1	Cat.f <sub>3</sub>	Cat.f <sub>3</sub>
<b>Chloorionen (*)</b>	EN 1744-1	<0,002%	<0,002%	-	-	-
<b>In zuur opl. sulfaten</b>	EN 1744-1	-	Cat. AS <sub>0,2</sub>			-
<b>Bindtijd vertragend stoffen</b>	EN 1744-1	-	geen			-
<b>Carbonaat/Schelpgehalte</b>	NBN 289-209	-	-	-	-	-
<b>Zware metalen+pak's</b>		-	NPD			-
<b>Alkali silica gevoeligheid</b>		-	Niet reactief			-
<b>NA2O-eq.</b>		0.005% (bepaald op ontzilt materiaal)				-
<b>Organische stoffen</b>		Negatief				
<b>Conv. Geh. Org. Stof.</b>		<= 0.5 %				

(\*) Verklaring door de fabrikant ontleend aan zijn DoP

De BENOR-certificatie van het product geeft aan dat op basis van een periodieke externe controle een voldoende mate van vertrouwen bestaat dat de leverancier in staat is om doorlopend de overeenstemming van het product, zoals vastgelegd in technische referentiespecificaties, te waarborgen. Voorliggende BENOR-fiche bevat de prestaties die door de producent verklaard worden en wordt door de certificatie-instelling geverifieerd. Het FPC-systeem werd geëvalueerd door de certificatie-instelling BE-CERT, gevestigd Edmond van Nieuwenhuyselaan 6, 1160 Oudergem en het FPC-certificaat nummer 0965-CPR-GT0534 werd toegekend op 19/01/2006.  Antwerpen, 04-01-2021	getekend: H. De Backker
---	-------------------------

Datum	Vertegenwoordiger	Titel	Handtekening
11-1-2021	Herman de Backker	Algemeen Directeur	



map grondstoffen

ID

QM

Identificatiegegevens:

lotnummer:

datum proef:

centrale:

Beveren

Kallo

De Witte

transportwijze:

vrachtwagen:

schip:

leverancier:

herkomst:

kwaliteitskenmerk:

granulaat:

aard

kaliber

PTV - nummer  
normerend document:

korrelverdeling:

vochtgehalte:

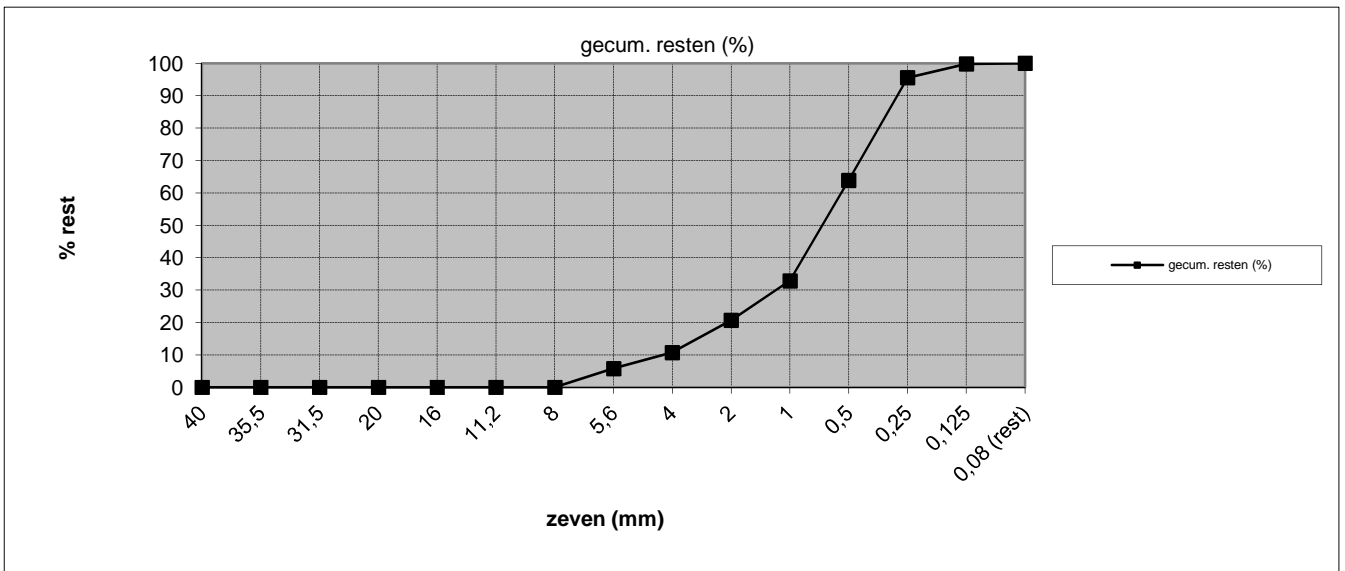
%

droog gewicht monster:

g

zeefanalyse					identificatie volgens de norm NBN B11						
zeef mm	gecumuleerde resten		doorval		zand			grind/steenslag			
	g	%	g	%	grof	gemid.	fijn	4/28	7/20	4/14	2/7
40		0	967	100				100			
35,5		0	967	100							
31,5		0	967	100				85/99			
22,4		0	967	100				50/80	85/99	100	
16		0	967	100					39/69	85/99	
11,2		0	967	100				14/37	14/38	44/74	100
8		0	967	100					1/15	18/47	85/99
5,6	56	6	911	94							
4	104	11	863	89				1/15	0/8	1/15	25/55
2	200	21	767	79				0/7		0/7	1/15
1	318	33	649	67				0/3	0/3	0/3	0/5
0,5	618	64	349	36	5/55	0	0				
0,25	924	96	43	4	20/80	0/30	0				
0,125	965	100	2	0	50/95	30/95	0/30				
0,08 (rest)	967	100	0	0	85/100	80/100	50/100				
					100	100	100				

Fz = 3,29





**AKEMI®**

# **Natura Impregnator**

## **-Steenimpregnering op waterbasis -**

### **Technische toelichtingen**

**Karakteristiek:**

AKEMI® Natura Impregnator is een gebruiksklare, oplosmiddelvrije impregnering op basis van in water geëmulgeerde silan/siloxan-vermenging. Het product wordt door de haarvaten van de steen opgezogen en reageert tot een polysiloxan. Bovendien vindt een reactie met de silikatische steensubstantie plaats, zodat een zeer hoge werkzaamheid en houdbaarheid daaruit resulteren. Het product tekent zich door volgende eigenschappen:

- Vrij van oplosmiddelen, geen VOC
- Milieuvriendelijk
- Ook bruikbaar op nog restvochtige stenen
- Neutrale ph-waarde
- Snelle vorming van het hydrofobe effect
- Zeer geringe water- en vuilopname bij vochtinwerking,
- Snelle vochtafgave tijdens de droogperiode door hoge dampdiffusieopenheid.
- De steen blijft ademen daar er geen oppervlaktelaag is.
- U.V. bestand
- Goed alkalibestand tov voegmortel
- De kleurtoon van de steen verandert in wezen niet (proef zetten)

**Gebruik:**

AKEMI® Natura Impregnator dient voor water- en vuilwerende behandeling van poreuze minerale bouwmaterialen zoals natuur- en kunststeen (gepolierde, geslepen of ruwe oppervlakken van marmer, kalksteen, graniet, gneis, porfyrr, cotto, terrazzo, ongeglazuurde keramiekplaten e.a.). Het is uitstekend geschikt voor baksteen, kalkzandsteen, beton en minerale pleister.

**Gebruiksaanwijzing:**

Het niet naleven van de verwerkingsrichtlijnen kan leiden tot onherstelbare schade.

1. Reiniging: het oppervlak moet zuiver, zo droog mogelijk en vrij zijn van lagen. Daarom buiten controle doen of de steen geen schadelijke zouten bevat (nitraten, sulfaten, chloriden). Deze verminderen het opnamevermogen van de impregnering. Volgende producten bieden zich aan afhankelijk van de bevuilding: AKEMI® steenreiniger, AKEMI® cementsluisreiniger, AKEMI® roestverwijderaar, AKEMI® antimos en -algen, AKEMI® wasverwijderaar, AKEMI® olie- en vetverwijderaar, AKEMI® graffiti verwijderaar. Onderhoudsaanbevelingen en technische toelichtingen naleven. Na de reiniging grondig met water naspoelen. Voor de behandeling de steen goed laten drogen. Dit is in regel ten vroegste na 1-2 dagen.
2. Aanleggen van een staal :  
Voor de aanvang van een werk is het aan te raden een staalvlak van 1-2m<sup>2</sup> aan te leggen, zodat men de werking van de impregnering kan controleren op kleurverdieping en verbruik van het product.

3. Uitvoering van de impregnering:
- a) optimale voorwaarden voor impregnering: - droge steen, t° van 5 - 25°C, 24 uur beschermen tegen regen. Het product mag noch door vloerverwarming, noch door zonnestralen verwarmt zijn.
  - b) barsten van minder dan 0,3 mm worden door de impregnering overbrugt.
  - c) over het algemeen volstaan 1 – 2 lagen nat op nat. Bij slecht zuigende oppervlakken verdunnen met AKEMI® nitro-verdunner 1:1 aan te bevelen.
  - d) aanbrengen met mopper of kwast; grotere vlakken eventueel met drukspuit met geringe druk (max. 1 bar overdruk) bij een afstand van 5 – 10 cm ( voorwaarde: slangen en dichtingen bestand tegen oplosmiddelen ). Men brengt zoveel impregnering op tot ze 40 – 50 cm afloopt.
  - e) om een sluiervorming aan het oppervlak van slecht zuigende stenen te vermijden, na ca. 20 min. na de laatste behandeling met geschikte voddens reinigen. Gepolijste oppervlakken moeten bijkomend nagepolierd worden om iedere oppervlaktesluis te verwijderen.
  - f) bij te geringe werking of ongelijkmatige opbrenging kan zonder probleem nageïmpregneerd worden. De water- en oliewerende werking ontwikkeld zich na ca. 24 uur. Een voldoende werkzaamheid volgt na 1 week, een volledige werkzaamheid na 3 weken.
  - g) gereedschap kan vóór het opdrogen gereinigd worden met water.

#### Opgelet:

- Bijzondere voorzorgsmaatregel bij het vernevelen: aerosolvorming en het in gevaar brengen van derden vermijden. De dampen niet inademen (beschermend masker dragen).
- De rugzijde en de zijkanten van de steen afdichten zodat er geen opstijgend vocht in de steen kan dringen met AKEMI® Anti-Stain Coating 2015.
- Bij het los leggen van de stenen buiten wordt aangeraden de steen alvorens te plaatsen langs alle zijden te behandelen met AKEMI® Natura Impregnator
- Impregneringen bieden geen voldoende bescherming tegen stuwvocht.
- Wordt een te behandelen oppervlak gereinigd, dan is een droogtijd van 1 – 2 dagen noodzakelijk (afhankelijk van t° en weer).
- Door een beschermende behandeling met AKEMI® Natura Impregnator worden vlekken in hoge mate vermeden of het ontstaan ervan wezenlijk verminderd. De nog voorkomende vlekken laten zich gemakkelijker reinigen.
- Ongeschikte of agressieve reiniging zoals met hogedrukreiniger kunnen de impregnering van de steen vernietigen. Voor een duurzame reiniging wordt daarom AKEMI® steenzeep of AKEMI® Crystal Clean aanbevolen.
- Foutief opgebracht product kan in bepaalde omstandigheden met AKEMI® impregnatieverwijderaar verwijderd worden.
- Voegen moeten voordien op hun oplosmiddelgevoeligheid getest worden. Zijn er weekmiddelen gebruikt om glad te maken moeten deze voor de impregnering verwijderd worden.
- AKEMI® Natura Impregnator is niet geschikt voor geglaceerde of niet-zuigende oppervlakken of gips.
- Bij een wateropname door de stenen van > 3% raden we aan om de AKEMI® Steenimpregnering of AKEMI® Duro Impregnering te gebruiken.
- Overtollig product veroorzaakt sluis- en vlekvorming.

- Bij de verwerking kan als bescherming voor de handen AKEMI® “vloeibare handschoen” gebruikt worden.
- Te behandelen objecten moeten voor directe zonnestraling beschermd worden.
- Te lijmen oppervlakken, niet oplosmiddelbestande kunststoffen, vensterruiten, te lakken delen of objecten of aanplantingen moeten beschermd worden (afkleven, afdekken)
- De beoordeling van de impregnering enkel na het afparelen is niet veelzeggend, daar het om een zuiver oppervlakte effect gaat. Door stofafzetting kan het pareleffect sterk verzwakt zijn of niet meer zichtbaar zijn.
- Bij de meeste steenoppervlakken treed geen of slechts geringe kleurverdieping op. Bij Kwartsiet of Serpentin volgt een duidelijke kleurverdieping. Daarom proef uitvoeren op een onopvallende plaats.
- Bij menige natuurstenen, zoals Nero Assoluto of Nero Impala kunnen steenimmanente structuren sterker verdiept worden van kleur als andere delen. Optisch wordt dit als vlekvorming ervaren, wat echter tot de karakteristiek van de steen terug te voeren is en geen gebrek aan het product is.
- Voor een verantwoorde afvalverwerking het blik volledig leeggebruiken.
- Bij vakkundig gebruik is het doorgeharde product niet schadelijk voor de gezondheid.

**Veiligheidsaanwijzing:** zie EG veiligheidsbladen

**Technische gegevens:**

verbruik:	ca. 5 tot 15 m <sup>2</sup> /L , afhankelijk van de porositeit van de steen
kleur:	transparant / geel
dichtheid:	ca. 1 g/cm <sup>3</sup>
ph-waarde:	ca. 7
opslag:	ca. 2 jaar in goed gesloten, originele verpakking, bij koele bewaring.

**Aandacht:**

Bovenstaande informatie werd opgesteld naar de nieuwste stand van ontwikkeling en gebruikstechniek van onze firma. Op grond van een groot aantal verschillende invloedsfactoren tonen deze aanwijzingen evenals andere mondelinge of schriftelijke gebruikstechnische aanwijzingen een niet bindend karakter. De gebruiker is daarom verbonden zelf verzoeken en proeven uit te voeren; hierbij geldt in het bijzonder het uitproberen van het product op een onopvallende plaats of het maken van een staal.

TMB 08.17

## PIERRE PONCE 2X0

**Material Group:** 307067

**SEPTEMBER 2021**

<b><u>Test</u></b>	<b><u>Specification</u></b>
Apparent density(Kg/m <sup>3</sup> )	550 – 650
<b>Typical values.</b>	
Thermal conductivity, λ (W/mK)	0.11
Residual moisture (%)	2
<b>Liquid absorption 100g Pumice.</b>	
Water (g)	Approx. 100
Lubricant oil (g)	110
Diesel fuel or gasoline (g)	80
<b>Chemical analysis.</b>	
SiO <sub>2</sub> (%)	62.5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	17.5
K <sub>2</sub> O (%)	9.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	2.6
CaO (%)	2.5
Na <sub>2</sub> O (%)	2.2
TiO <sub>2</sub> (%)	0.5
MgO (%)	0.4
P.F. (%)	2.3
pH	7 – 8
<b>Grain size analysis.</b>	
Particle size distribution	Specific weight
0 – 100µm	800 – 950Kg/m <sup>3</sup>
100 – 850µm	750 – 800Kg/m <sup>3</sup>
850 – 3000µm	500 – 550Kg/m <sup>3</sup>

### Revision 00

Whilst we believe this data to be correct and reliable, we are not responsible for its interpretation and its use, nor should it be construed as a permission to use any product or process in breach of existing patents. This data does not constitute any warranty other than conformity of the product to current specifications published by the sellers or its suppliers. Any relevant legislation governing the use of the product should be observed.

Univar Solutions Local Conditions of Sale apply to sales of all products

Refer to the appropriate Safety Data Sheet for health, safety and environmental information



## Multipol®

### Toepassing

Remix Multipol is een universele waterverdunbare polymeer/kunststofdispersie, die voor wanden en vloeren zowel binnen als buiten toepasbaar is als:

- Toeslagmiddel voor verbetering van cement, gips- en kalkmortels.
- Hechtbrug tussen oude en nieuwe lagen cementgebonden mortels.
- Isolatie-voorstrijkmiddel op anhydriet en hout.
- Voorstrijkmiddel voor vrijwel alle sterk of zwak zuigende ondergronden.
- Aanbrandmiddel voor gladde en gesloten ondergronden.

### Eigenschappen

- Hechtingsverbeteraar
- Sterkteverbeteraar
- Plastificeerder
- Waterdichtingshulpstof

### Technische gegevens

- Waterverdunbare kunststofdispersie
- Omgevings- en ondergrondtemperatuur:  $\geq 5^{\circ}\text{C}$
- Maximale ondergrondtemperatuur:  $+35^{\circ}\text{C}$
- Maximale relatieve vochtigheid 90%
- Droogtijd afhankelijk van toepassing

### Voorbehandeling

De ondergrond dient schoon, droog, stofvrij, vetvrij en draagkrachtig te zijn. Los zittende delen verwijderen en ondergrond zonodig herstellen en goed laten drogen. Anhydriet dekvloeren zonodig schuren om oppervlaktefilm te verwijderen.

### Verwerking

- Toeslagmiddel voor cement, gips- en kalkmortels: Maximaal 10% Multipol (van het cementgewicht) toevoegen aan het aanmaakwater. Bij vloerverwarming maximaal 5%.
- Isolatie-voorstrijkmiddel op anhydriet en hout: Multipol 1:1 met water verdunnen en het mengsel aanbrengen met een vachtroller. Droogtijd ca. 16 uur, (indien nodig) het oppervlak na droging schuren. Hierna het oppervlak voorstrijken met een mengsel van Multipol en water in de verhouding van 1:3.
- Voorstrijkmiddel: Multipol 1:3 met water verdunnen. Aanbrengen met kwast of vachtroller. Droogtijd 1-3 uur.
- Aanbrandmiddel voor gladde en gesloten ondergronden: Multipol met scherp zand, cement en water in de

volumeverhouding 1:1:1 aanbrengen met een stoffer in een laag van 2 à 3 mm; na 16 uur drogen opnieuw voorstrijken met Multipol en water in de volumeverhouding 1:3.

*Let op! Een overdosering kan de kwaliteit negatief beïnvloeden.*

Bij toepassing van een aardvochtige specie kan na ca. 30 minuten de specie "nat in nat" op de met Multipol voorbehandelde ondergrond worden aangebracht.

### Verbruik

- Als morteltoeslag ca. 300-420 ml. per zak van 25 kg mortel.
- Als hechtbrug ca. 200-300 gram/m<sup>2</sup>.
- Als voorstrijk ca. 50 gram/m<sup>2</sup>.

Afhankelijk van de toepassing, dosering, en porositeit van de ondergrond.

### Houdbaarheid

Tenminste 12 maanden, mits koel, droog en vorstvrij opgeslagen in onaangebroken originele verpakking. Ten minste houdbaar tot (t.h.t.) zie etiket deksel.

### Overige Informatie

Het [veiligheidsblad](#) is op te vragen bij Remix Droge Mortel BV of te downloaden van [www.remix.nl](http://www.remix.nl).

### Algemeen

Bij uit te voeren werken zijn de eenduidige aanbevelingen en richtlijnen, normen, technische merkbladen evenals de erkende regels der bouwkunst en techniek aan te houden. Wij staan garant voor de absolute kwaliteit van onze producten. Onze aanbevelingen zijn van algemene aard en hebben betrekking op proeven en praktische ervaring. Op de verschillende bouwplaats omstandigheden hebben wij echter geen invloed. Wij kunnen daarom ook geen enkele aansprakelijkheid aanvaarden op grond van deze gegevens. Met de uitgifte van dit technische informatieblad vervallen voorgaande bladen.

september 2016