

2014•2015
FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Voorspelbaarheid van de luchtbelvorming in zichtbeton door middel van een proefbekisting

Promotor :
Prof. dr. ing. Bram VANDOREN

Promotor :
ir. NIKI CAUBERG

Brecht De Gronckel , Eline Oome

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

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven

2014•2015
Faculteit Industriële
ingenieurswetenschappen
master in de industriële wetenschappen: bouwkunde

Masterproef

Voorspelbaarheid van de luchtbelvorming in zichtbeton
door middel van een proefbekisting

Promotor :
Prof. dr. ing. Bram VANDOREN

Promotor :
ir. NIKI CAUBERG

Brecht De Gronckel , Eline Oome

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

Woord vooraf

Deze masterproef kadert in een lopend onderzoek van het WTCB waarin de voorspelbaarheid van de oppervlaktekwaliteit van zichtbeton onderzocht wordt. Wij dragen hieraan bij door onderzoek te doen naar de voorspelbaarheid van de luchtbelvorming aan het oppervlak met behulp van een proefbekisting. Dit door middel van resultaten verkregen met proefstukken te vergelijken met in situ gestorte wanden. Daarnaast maken we een vergelijking tussen de resultaten bekomen met verschillende types olie en verschillende soorten bekistingsmaterialen.

Onze ervaring bij dit onderzoek is dat de afwerking van het betonoppervlak afhankelijk is van een groot aantal variabelen zoals het type beton, het bekistingsmateriaal, de ouderdom van de bekisting, de ontkistingsolie, de uitvoering op de werf...

Wij voelden ons aangetrokken tot dit onderzoek omdat we zelf de handen uit de mouwen mochten steken. Het uitvoeren van testen op werven van verschillende aannemers sprak ons ook aan omdat we zo meer voeling kregen hoe het er aan toe gaat in het werkveld.

Wij zouden graag nog een aantal personen bedanken die ons hebben geholpen met deze masterproef die zonder hun zeker niet tot stand was gekomen. Om te beginnen willen wij onze externe promotor ir. Niki Cauberg en diens collega Laura Kupers van het WTCB bedanken voor het aanreiken van de juiste informatie en het beantwoorden van al onze vragen. Wij willen ook zeker onze interne promotor prof. dr. ing. Bram Vandoren bedanken voor het begeleiden en nalezen van deze masterproef.

Ook willen wij ing. Bart Meermans van het bedrijf Construx bedanken voor het ter beschikking stellen van het materiaal voor de proefbekisting, het leveren van bekistingsplaten en ons te voorzien van enkele soorten ontkistingsolie.

Niet te vergeten in dit dankwoord is ir. Jan Loddewyck van het bedrijf Heijmans voor het openstellen van enkele werven waar we een in situ test mochten uitvoeren. Daarnaast willen we junior projectleider ir. Philippe Bijmens, en werfleider Danny Weyens bedanken voor de coördinatie en fijne medewerking.

Verder willen wij Stijn Grevendonck van het bedrijf ESCE Schepens bedanken voor het geven van een presentatie omtrent ontkistingsolie en het ter beschikking stellen van enkele stalen van deze oliën.

We willen ook zeker Marc Kelchtermans van het bedrijf Becona, Dominique Ramaekers van het bedrijf Cometal en het bedrijf DBS-bekisting bedanken voor het ter beschikking stellen van bekistingsplaten. De bedrijven Sika, Grace, Demula en LeycoChem willen wij bedanken voor het leveren van ontkistingsoliën.

Als laatste willen wij ook onze ouders bedanken voor hun steun tijdens het schrijven van deze masterscriptie.

Dit gezegd te hebben wensen wij u veel plezier tijdens het lezen van onze masterproef!

Inhoud

Woord vooraf.....	1
Lijst van tabellen	5
Lijst van figuren	7
Verklarende woordenlijst	9
Abstract	11
Abstract in English.....	13
1 Inleiding	15
1.1 Situering.....	15
1.2 Probleemstelling	15
1.3 Doelstellingen	16
1.4 Methode	16
2 Literatuurstudie	19
2.1 Wat is zichtbeton	19
2.2 Normering.....	20
2.2.1 Europa	20
2.2.2 België	20
2.2.3 Buitenland	24
2.3 Het betonoppervlak.....	28
2.3.1 De homogeniteit van de kleur	28
2.3.2 Textuurgebreken.....	28
2.4 Invloed van uitvoeringstechnieken op luchtbelgehalte	30
2.4.1 Bereiding en transport	30
2.4.2 Betonsamenstelling	31
2.4.3 Storten van beton.....	31
2.4.4 Verdichten van beton.....	32
2.5 Invloed van gebruikte materialen op luchtbelgehalte.....	33
2.5.1 De bekisting.....	33
2.5.2 Ontkistingsolie	39

2.6	Voorgaand onderzoek.....	42
2.7	Beoordeling luchtbelgehalte.....	42
2.7.1	CIB-rapport nr. 24.....	42
2.7.2	Digitale beeldanalyse.....	43
3	Onderzoek.....	45
3.1	Introductie.....	45
3.2	Methodologie onderzoek.....	45
3.2.1	Labotest.....	45
3.2.2	In situ test.....	45
3.2.3	Verwerken resultaten met beeldanalyse.....	45
3.2.4	Bepaling nauwkeurigheid beeldanalyse.....	49
3.2.5	Bespreking resultaten.....	49
3.3	Evaluatie proefbekistingsontwerp.....	50
3.3.1	Labotest met oorspronkelijk ontwerp.....	50
3.3.2	Labotest met aangepast ontwerp.....	50
3.4	In situ testen.....	52
3.4.1	In situ test te Bergen.....	52
3.4.2	In situ test te Brasschaat: AZ Klina.....	56
3.4.3	In situ test te Tervuren.....	57
3.4.4	Algemene vergelijking resultaten.....	58
3.4.5	Conclusie.....	62
3.4.6	Voorstellen voor verder onderzoek.....	63
3.5	Onderlinge vergelijking gebruikte materialen.....	63
3.5.1	Gebruikte materialen per proefstuk.....	63
3.5.2	Vergelijking op basis van bekistingsmateriaal.....	65
3.5.3	Vergelijking op basis van ontkistingsolie.....	67
3.5.4	Vergelijken op basis van toestand bekistingspaneel.....	69
3.5.5	Conclusie.....	70
3.6	Besluit.....	71
	Bibliografie.....	73
	Bijlagen.....	77

Lijst van tabellen

Tabel 1: Belgische normontwerp – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton.....	22
Tabel 2: Belgisch normontwerp – eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte	23
Tabel 3: CUR-aanbevelingen - eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte	25
Tabel 4: Merkblatt Sichtbeton – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton [18]	25
Tabel 5: Merkblatt Sichtbeton - eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte.....	26
Tabel 6: Typebestek CDC-BET – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton [19].....	27
Tabel 7: Typebestek CDC-BET - eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte	27
Tabel 8: Triltijden (C = 3,15 kN; N = 6550) [26]	33
Tabel 9: Luchtbelgehaltes van één oppervlak berekend uit vijf verschillende foto's.....	49
Tabel 10: Luchtbelgehaltes van één foto uit vijf verschillende beeldanalyses	49
Tabel 11: Bergen - Gebruikte ontkistingsolie	52
Tabel 12: Bergen - Samenvatting luchtbelgehaltes proefstuk.....	54
Tabel 13: Bergen - Samenvatting luchtbelgehaltes referentiewand	55
Tabel 14: Bergen - Vergelijking totaal luchtbelgehalte proefstuk en referentiewand	55
Tabel 15: Bergen - Vergelijking luchtbelgehaltes per afmeting proefstuk en referentiewand	55
Tabel 16: Brasschaat - Gebruikte ontkistingsolie	56
Tabel 17: Brasschaat - Vergelijking luchtbelgehaltes proefstuk en referentiewand	57
Tabel 18: Tervuren - Gebruikte ontkistingsolie	57
Tabel 19: Tervuren - Vergelijken luchtbelgehaltes proefstuk en referentiewand.....	58
Tabel 20: Materiaalcombinaties per testlocatie.....	64
Tabel 21: Indeling op basis van bekistingsmateriaal	65
Tabel 22: Indeling op basis van type ontkistingsolie	67
Tabel 23: Indeling op basis van toestand bekistingspaneel.....	69

Lijst van figuren

Figuur 1: Ontwerp proefbekisting (één zijde met twee testoppervlakken en zijpanelen).....	16
Figuur 2: Categorieën van zichtbeton [5].....	19
Figuur 3: Classificatie: soorten zichtbeton [6].....	21
Figuur 4: CIB-luchtbelschaal [15].....	23
Figuur 5: Afbeelding van een grindnest [21].....	29
Figuur 6: Afbeelding van een luchtholte, midden: vooraanzicht van luchtholte, rechts: zijdelingse doorsnede van luchtholte [20].....	29
Figuur 7: Weergave van een stortkoker [22].....	32
Figuur 8: Absorptie van bekisting bij dalende en stijgende water-cement-factor [20].....	35
Figuur 9: Links: bekistingsoppervlak zonder ontkistingsolie, rechts: bekistingsoppervlak met ontkistingsolie [20].....	36
Figuur 10: Invloed van trillen op aanwezigheid van luchtbellen in het oppervlak indien een ruwe bekisting gebruikt wordt [20].....	37
Figuur 11: Invloed van trillen op aanwezigheid van luchtbellen in het oppervlak indien een gladde bekisting gebruikt wordt [20].....	39
Figuur 12: Links: waterdruppel op een bekistingsplaat ingesmeerd met ontkistingsolie, rechts: ingesloten luchtbel in beton op een bekistingsplaat [20].....	41
Figuur 13: Het effect van de contacthoek op de luchtbelvorming voor betontype B25 (in situ en geprefabriceerd) en BAP60 (zelfverdichtend) [20].....	41
Figuur 14: ImageJ - Commando straight.....	47
Figuur 15: ImageJ - Commando set scale.....	47
Figuur 16: ConcreteBubble - Set-up.....	48
Figuur 17: ConcreteBubble - Geselecteerde kader.....	48
Figuur 18: ConcreteBubble - Visualisatie luchtbellen.....	48
Figuur 19: Visualisatie van de bekistingsplaten.....	51
Figuur 20: Proefopstelling.....	51
Figuur 21: Bergen - proefstuk oppervlak 1, visualisatie luchtbellen.....	53
Figuur 22: Bergen - proefstuk oppervlak 1, histogram luchtbelgehalte.....	53
Figuur 23: Bergen - referentiewand oppervlak 1, visualisatie luchtbellen.....	54
Figuur 24: Bergen - referentiewand oppervlak 1, histogram luchtbelgehalte.....	54
Figuur 25: Grafiek vergelijking van referentieoppervlakken en proefstukken.....	58
Figuur 26: Grafiek absoluut verschil in totaal luchtbelgehalte per oppervlak.....	59
Figuur 27: Grafiek absoluut verschil in gehalte van luchtbellen met diameter 0-2 mm.....	60
Figuur 28: Grafiek absoluut verschil in gehalte van luchtbellen met diameter 2-15 mm.....	60
Figuur 29: Grafiek verhouding totale luchtbelgehaltes van de referentieoppervlakken ten opzichte van de proefstukken.....	61
Figuur 30: Grafiek verhouding in gehaltes luchtbellen met diameter 0-2 mm referentieoppervlak ten opzichte van proefstuk.....	61
Figuur 31: Grafiek verhouding in gehaltes luchtbellen met diameter van 2-15 mm referentieoppervlak ten opzichte van proefstuk.....	62
Figuur 32: Grafiek vergelijking totaal luchtbelgehalte op basis van bekistingsmateriaal.....	66
Figuur 33: Grafiek vergelijking gemiddeld totaal luchtbelgehalte op basis van type ontkistingsolie.....	68
Figuur 34: Grafiek vergelijking gemiddeld totaal luchtbelgehalte op basis van toestand paneel 70	

Verklarende woordenlijst

BAP	Les bétons autoplaçants
BDV	Der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein
BDZ	Der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie
CDC-BET	Cahier des charges – travaux de bétonnage
CIB	Conseil International du Bâtiment
Co.	Company
CUR	Civieltechnisch Centrum Uitvoering Research en Regelgeving
LBA	Luchtbellen
MSP	Modified silane polyether
NBN	Bureau voor Normalisatie- Bureau de Normalisation
NEN	Nederlandse Norm
OSB	Oriented Strand Bord
prNBN	Pre norme belge/Belgische norm
W/C	Water/cementfactor
WTCB	Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf
ZBA	Zichtbeton - béton apparent
ZVB	Zelfverdichtend beton

Abstract

Omwille van het toenemend gebruik van zichtbeton is er een norm voor de productie en uitvoering in ontwikkeling. Het opstellen van eenduidige richtlijnen is echter gecompliceerd vanwege het grote aantal variabelen bij de toepassing van het zichtbeton.

Deze thesis onderzoekt, i.s.m. het WTCB, de voorspelbaarheid van luchtbelgehaltenes van in situ gestorte betonoppervlakken aan de hand van een proefbekisting met vier testoppervlakken. De testoppervlakken werden uitgerust met panelen van dezelfde fabrikant en met ongeveer dezelfde ouderdom als de in situ gebruikte panelen. Ook werd gebruik gemaakt van dezelfde ontkistingsolie. Vervolgens werden beide wanden gelijktijdig gestort met hetzelfde betonmengsel. In totaal zijn er op drie testlocaties proeven uitgevoerd waaruit zes sets proefoppervlakken vergeleken konden worden met referentieoppervlakken. De luchtbelgehaltenes van de in situ gestorte wanden en het proefstuk werden met elkaar vergeleken gebruikmakend van digitale beeldanalyse. Uit het uitgevoerde onderzoek kon geen verband worden gevonden tussen de luchtbelgehaltenes in de referentiewand en het proefstuk. Een onderlinge vergelijking van de proefstukken op basis van de verschillende types bekistingsmateriaal, ontkistingsoliën en de toestand van de bekistingspanelen toonde aan dat kunststofpanelen, olie-in-wateremulsies en nieuwe panelen het laagste luchtbelgehalte leverde. Ook is het aangeraden om gebruik te maken van de door de producent voorgeschreven olie-paneel-combinatie.

Abstract in English

Due to the increased use of fair-faced concrete, a standard for its production and execution is being developed. It is rather challenging to draw up unambiguous guidelines because of the large number of variables during the production process of fair-faced concrete.

In collaboration with the CSTC, this master's thesis investigates the predictability of blowholes of on-site casted concrete elements by using an experimental formwork with four test surfaces. These test surfaces were equipped with formwork panels provided by the same producer and with approximately the same age as those used on site. In addition, the same release agents were used. Subsequently both walls were cast with the same concrete mix. The tests were performed on three test locations in which six sets of samples could be compared with the reference surfaces. The percentage of blowholes in the surface of the on-site casted walls were compared with the samples by using image analysis. In terms of blowhole percentage, there was no relation between the reference walls and the samples. A comparison between the samples based on the different types of formwork material, release agent and condition of the panels has proven that plastic panels, oil-in-water emulsions as release agents and new panels provide the lowest blowhole percentage. Moreover, the recommended combination of formwork and release agent by the manufacturer provides the best results.

1 Inleiding

1.1 Situering

In deze masterproef wordt er, in samenwerking met het WTCB, onderzoek gedaan naar de invloed van uitvoeringstechnieken op de luchtbelvorming van zichtbeton. Het WTCB, Wetenschappelijk en Technisch Centrum voor het Bouwbedrijf, is een onderzoeksinstelling met als doelstelling het toegepast onderzoek in de industrie te bevorderen. Ze verrichten wetenschappelijk en technisch onderzoek en verlenen technische voorlichting, bijstand en advies aan bouwondernemingen. Daarnaast draagt het WTCB bij tot de algemene innovatie en ontwikkeling in de bouwsector [1] [2].

Zichtbeton is ter plaatse gestort beton waarvan het oppervlak nadien zonder verdere afwerking zichtbaar blijft. Er worden dus bepaalde kwaliteitseisen gesteld aan het uitzicht ervan. Architecten maken steeds vaker gebruik van zichtbeton omwille van zijn ruw uitzicht en de vele toepassingsmogelijkheden.

Zichtbeton mag niet verward worden met sierbeton. In tegenstelling tot zichtbeton zijn elementen in sierbeton geprefabriceerd. Vanwege de productie van sierbeton in een fabriek is het eenvoudiger om aan de vooropgestelde oppervlakte-eisen te voldoen.

1.2 Probleemstelling

Voorlopig is men druk bezig met het opstellen van een technische norm en een richtlijn van toepassing op de uitvoering van zichtbeton. De reden dat er nog geen definitieve norm bestaat komt door de vele variabele factoren die invloed hebben op het uitzicht van zichtbeton. De oppervlakteafwerking wordt onder andere bepaald door het bekistingstype, het betontype, de omstandigheden op de werf,... In verschillende landen zoals Luxemburg, Nederland en Duitsland bestaat er wel een norm voor zichtbeton [2].

Het WTCB helpt de normcommissie met het opstellen van een Belgische norm voor zichtbeton en heeft een voorlopig normontwerp opgesteld. In het normontwerp wordt gesproken van drie graden in de kwaliteit van het zichtbeton. Standaardeisen, hoge eisen en zeer hoge eisen. Men gebruikt de volgende vier aspecten om de kwaliteit van het zichtbeton te beschrijven:

1. de textuur (de afwerking van het oppervlak, de hoeken en de randen),
2. de luchtbellens,
3. tintverschillen,
4. geldende toleranties.

In deze masterproef zullen we verder ingaan op de luchtbelvorming in een verticaal betonelement.

1.3 Doelstellingen

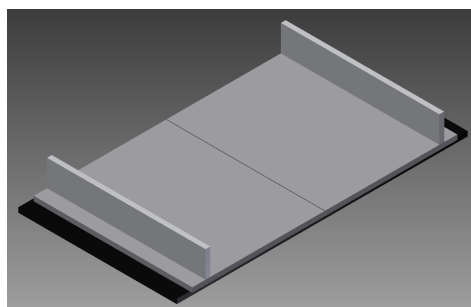
Om de luchtbelvorming bij verschillende combinaties van bekistingsoppervlakken en ontkistingsoliën te testen wordt er een proefbekisting ontwikkeld waarmee verschillende soorten bekistingspanelen simultaan getest kunnen worden, al dan niet in combinatie met verschillende soorten ontkistingsolie. Er worden in situ testen gedaan met de proefbekisting zodat deze resultaten vergeleken kunnen worden met wanden op deze werf. Om een goede vergelijking te kunnen maken is het belangrijk dat er voor de proefbekisting dezelfde materialen worden gebruikt als toegepast op de werf; betontype, bekistingsplaten en ontkistingsolie. Tijdens dit onderzoek worden de testen gedaan tijdens het storten van de echte wanden zodat er exact hetzelfde betontype gebruikt wordt en de wanden aan dezelfde weersomstandigheden onderhevig zijn. Aan de hand van de resultaten kan bepaald worden of het luchtbelgehalte aan het oppervlak van zichtbeton op voorhand voorspeld kan worden. Deze resultaten dragen bij aan het opstellen van een norm voor zichtbeton. Daarnaast worden de proefstukken bekomen met de proefbekisting onderling vergeleken zodat de optimale bekistingspanelen en ontkistingsolie bepaald kunnen worden op vlak van luchtbelvorming.

1.4 Methode

Er wordt een beeldanalyse uitgevoerd op de proefstukken die met de proefbekisting worden gemaakt. De proefstukken moeten representatief zijn voor het uitzicht van het betonelement dat men op de werf gaat storten. De in situ uitvoering van de testen en het gebruik van hetzelfde betonmengsel, dezelfde ontkistingsolie en bekistingspanelen met een gelijkaardige ouderdom zorgen er voor dat enkele belangrijke factoren constant blijven.

De proefbekisting zal eerst een testfase doorlopen in het labo zodat pijnpunten, met name de waterdichtheid van de naden en de verplaatsbaarheid, opgelost kunnen worden alvorens testen uit te voeren op de werf. Zo zijn de resultaten op de werf meteen geschikt voor een beeldanalyse omdat er geen grindnesten zullen optreden door water- en cementpapierverlies.

De proefbekisting die tijdens de eerste labotest is gebruikt is te zien in Bijlage A: Oorspronkelijk ontwerp van de proefbekisting. De verbeterde proefbekisting bestaat uit twee betonplexplaten waarop aan weerszijden twee (verschillende) bekistingsplaten bevestigd kunnen worden, zie de zwarte plaat op Figuur 1. De zijkanten worden afgesloten met betonplexplaten die een breedte hebben van tien centimeter, zie de verticaal gepositioneerde platen. Dit kader wordt geplaatst op een voet van betonplex. De contactzones van de verschillende platen worden gedicht met een MSP kitvoeg om de waterdichtheid te garanderen.



Figuur 1: Ontwerp proefbekisting (één zijde met twee testoppervlakken en zijpanelen)

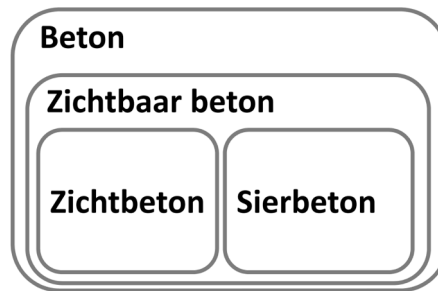
Omdat de proef uitvoerbaar moet zijn op de werf, moet de proefbekisting eenvoudig te verplaatsen zijn. Daarom werden de afmetingen van de bekisting beperkt tot 120x60 cm. Elke zijde weegt ongeveer 15 kg wat een goede verplaatsbaarheid waarborgt [3].

Na het testen in het labo wordt de proefbekisting toegepast op een werf. Tijdens deze testen wordt er gebruik gemaakt van soortgelijke bekistingsplaten als degene die gebruikt worden op de werf. De proefbekisting wordt vervolgens gevuld met de aanwezige betonspecie. Na het ontkisten worden de oppervlakken van alle elementen gefotografeerd en later geanalyseerd. Indien het oppervlak van het proefstuk representatief is voor de ter plaatse gestorte elementen, kan de proefbekisting dienen als referentie voor andere te storten betonelementen. Daarnaast wordt er vergelijking gemaakt van de resultaten van de verschillende testplaten en ontkistingsoliën.

2 Literatuurstudie

2.1 Wat is zichtbeton

Verhaeghe S. [4] geeft een goede weergave van de toenemende interesse in zichtbeton: “Sinds enkele jaren kent de toepassing van beton als afwerkingsmateriaal in huis een echte opmars. Door zijn stijlvol natuurlijk uitzicht, zijn ruw aspect en zijn tijdloze stijl is beton bruikbaar zowel in als rondom de woning.”



Figuur 2: Categorieën van zichtbeton [5]

Zichtbeton is volgens het WTCB: “Ter plaatse gestort beton met een oppervlak dat zichtbaar gelaten is en waaraan esthetische eisen worden gesteld”. Het gedeelte ‘ter plaatse gestort’ zorgt voor een duidelijk verschil tussen sierbeton en zichtbeton waarin sierbeton staat voor geprefabriceerd zichtbaar beton.

Zichtbeton moet volgens Betonica, een digitaal documentatie- en informatiecentrum voor de bouw- en betonsector [6], aan de onderstaande normen voldoen:

- NBN EN 13670: ‘Uitvoering van betonconstructies’;
- NBN EN 206: ‘Beton Deel 1: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit’;
- NBN B15-001: ‘Beton: Specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit – Nationale aanvulling bij NBN EN 206-1’;
- prNBN B15-400: ‘Uitvoering van betonconstructies – Nationale aanvullingen bij NBN EN 13670:2010’;
- het normontwerp dat in paragraaf 2.2.2 aan bod komt tijdens deze literatuurstudie.

Zichtbeton biedt de mogelijkheid om structurele eisen te combineren met esthetische eisen. Om aan de esthetische eisen te voldoen moet er extra aandacht besteed worden aan:

- de bekisting: oneffenheden in de bekisting zullen steeds zichtbaar zijn in het oppervlak van het beton;
- de ontkistingsolie: bij een teveel aan ontkistingsolie kunnen er stofvorming, luchtbelvorming en verkleuring optreden, daarnaast is niet elke soort olie geschikt voor elke soort bekisting;
- het type beton: de zetmaat is van belang voor de verdeling van granulaten in de betonspecie, de W/C-factor is daarnaast bepalend voor de tint van het beton en mag dus weinig variëren.

De structurele eisen zijn reeds gekoppeld aan verschillende normen waar dat bij de esthetische eisen nog niet het geval is. De toleranties voor zichtbeton zijn meestal de waardes van normaal beton voor hoge afwerking [7] [8].

Een duidelijke normgeving voor zichtbeton zal in de toekomst de communicatie tussen opdrachtgevers, architecten en uitvoerders van bouwprojecten vergemakkelijken en tevens zorgen voor een objectieve evaluatie van de bereikte resultaten betreffende de grootte van luchtbellen, textuur, homogeniteit van de tint en de tolerantie van de vorm. De eisen omtrent aspecten kunnen op voorhand in het bestek vastgelegd worden, zodat de bouwheer steeds weet waar hij voor kiest en de aannemer een kostprijs kan toekennen afhankelijk van de gewenste afwerking [9] [10].

2.2 Normering

2.2.1 Europa

Op Europees niveau zijn er verschillende normen omtrent beton. De belangrijkste twee normen voor beton zijn de NBN EN 13670 en de NBN EN 206 waarbij de eerste norm de uitvoering van beton beschrijft en de tweede norm de specificatie, eigenschappen, vervaardiging en conformiteit van het beton bevat.

De NBN EN 13670 bevat twee tolerantieklassen. De eerste tolerantieklasse voldoet volgens de EN 1992-1-1:2004 aan de eisen voor stabiliteit en veiligheid. Dit zijn de waarden bij ontstentenis, hieraan moet steeds voldaan worden. De tweede klasse bevat strengere toleranties en wordt toegepast indien dit geëist wordt in het bestek. Deze eisen komen aan bod bij zichtbeton of andere toepassingen waarbij een betere afwerking vereist kan zijn zoals bij een bedrijfsvloer of voor het plaatsen van pleisterwerk. Daarnaast kan de ontwerper steeds strengere toleranties opleggen [11] [12].

2.2.2 België

Momenteel is er in België nog geen definitieve normering voor zichtbeton. Om de kwaliteit van zichtbeton te bepalen wordt er momenteel gebruik gemaakt van de Belgische ontwerpnorm, buitenlandse normen en wordt er vertrouwd op de ervaring van de uitvoerders.

Door het toenemend aantal projecten met zichtbeton is het belangrijk dat er normatieve documenten komen voor de realisatie van zichtbeton. Deze documenten moeten aangeven aan welke eisen het zichtbetonoppervlak moet voldoen en hoe deze kenmerken moeten worden beoordeeld. Het gebeurt regelmatig dat de eisen van de opdrachtgever de betontechnologische mogelijkheden overschrijden. Daarom moet de norm ook aangeven welke kwaliteitseisen haalbaar zijn voor het betonoppervlak. Naast goede normatieve documenten is het ook belangrijk dat de aannemer beschikt over een aanzienlijke kennis van de productie van zichtbeton en dat er een goede samenwerking is tussen de verschillende partijen op de werf.

Zichtbeton moet momenteel voldoen aan de NBN EN 206 met de NBN B15-001 als nationale aanvulling, de NBN EN 13670 met als nationale aanvulling de prNBN B14-400 en de voorlopige ontwerpnorm. De voorlopige ontwerpnorm zal in de toekomst vervangen worden door de definitieve versie van deze norm. De nieuwe norm zal enkel van toepassing zijn op

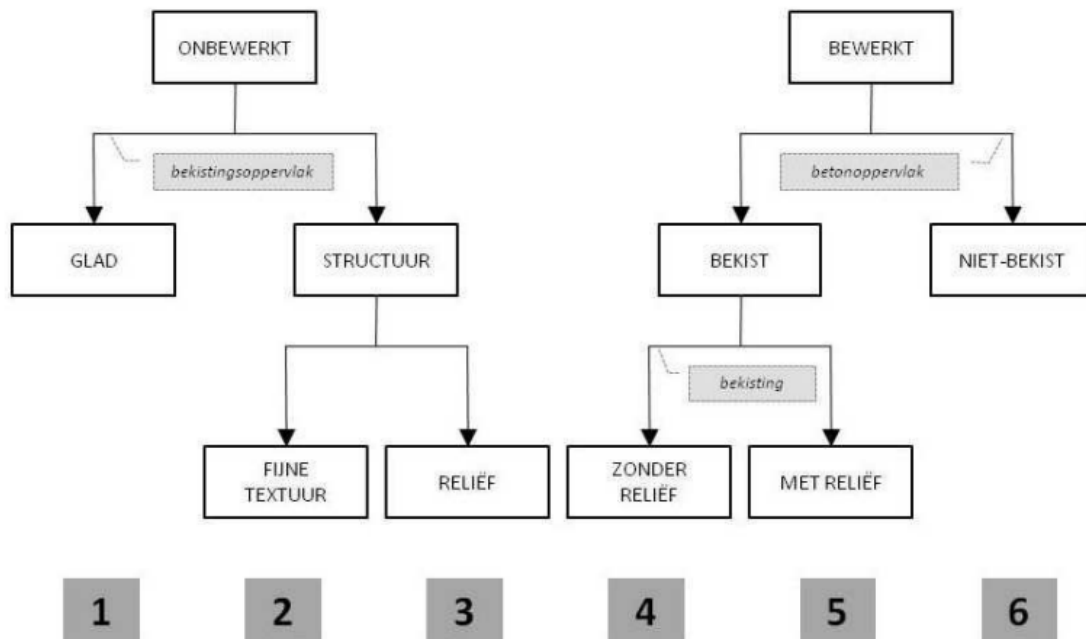
zichtbeton. Op prefabbeton of op de niet bekiste bovenzijde van vloeren zal deze norm niet van toepassing zijn [13].

a Voorlopig normontwerp

Zoals weergegeven in Figuur 3 wordt zichtbaar beton opgedeeld in verschillende types. Om te beginnen wordt er een onderscheid gemaakt tussen beton dat na het ontkisten wordt bewerkt en beton dat na ontkisting niet bewerkt wordt. Een betonoppervlak dat achteraf niet meer bewerkt wordt kan glad zijn of er kan een bepaalde structuur zijn in aangebracht. Deze structuur in het oppervlak wordt verkregen door de binnenzijde van de bekisting van een geprofileerd oppervlak te voorzien. Deze structuur kan vervolgens nog opgesplitst worden in een fijne textuur en een reliëf.

Indien het betonoppervlak wel bewerkt wordt na het ontkisten kan er een indeling gemaakt worden tussen betonoppervlakken die uit een bekisting komen of betonoppervlakken die niet bekist zijn. Een niet bekist oppervlak is bijvoorbeeld de bovenkant van een vloer. In de oppervlakken die bekist worden, wordt er een onderverdeling gemaakt tussen betonoppervlakken zonder reliëf en betonoppervlakken met reliëf.

Er zijn dan uiteindelijk zes soorten zichtbaar beton, deze zijn afgebeeld op onderstaand schema en worden in het normontwerp aangeduid met T(ZBA)x met x gaande van 1 tot en met 6. In de afkorting T(ZBA) staat T voor ‘type’, en ZBA staat voor ‘zichtbeton - béton apparent’. De eisen in het normontwerp zijn vooral van toepassing op de types T(ZBA)1 en T(ZBA)2 [9] [14].



Figuur 3: Classificatie: soorten zichtbeton [6]

Wanneer het type zichtbeton bepaald is, moet er een keuze gemaakt worden voor de kwaliteitsgraad. In het normontwerp voor zichtbeton wordt er een onderscheid gemaakt tussen drie kwaliteitsgraden. Een hogere graad van kwaliteit zal ook steeds resulteren in een hogere kostprijs. De kwaliteitsgraden worden aangeduid met 'Q(ZBA)x' met x gaande van 1 tot 3. Hierin staat 'Q' voor kwaliteit, de 'ZBA' staat opnieuw voor 'zichtbeton - béton apparent'. De kwaliteitsgraden worden gedefinieerd als:

- Q(ZBA) 1: standaardeisen,
- Q(ZBA) 2: hoge eisen,
- Q(ZBA) 3: zeer hoge eisen

De kwaliteit van het beton wordt getoetst aan de hand van de volgende zes eigenschappen van een betonoppervlak:

- T: textuur van het betonoppervlak,
- LBA: luchtbellen in het oppervlak,
- HT: homogeniteit van kleur,
- VF: vormtoleranties,
- B: betonsamenstelling,
- BC: bekisting.

Voor elk van deze zes eigenschappen zijn er steeds drie klassen gedefinieerd. Om aan de standaardkwaliteit van zichtbeton Q(ZBA) 1 te voldoen moet elk van de eigenschappen minstens voldoen aan klasse 1. Om aan de hoge eisen Q(ZBA) 2 te voldoen moet elk van de eigenschappen minstens voldoen aan klasse 2 en voor de zeer hoge eisen Q(ZBA) 3 moeten de eigenschappen voldoen aan klasse 3. Dit wordt weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 1: Belgische normontwerp – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton

	Q(ZBA) 1	Q(ZBA)2	Q(ZBA) 3
	Standaard eisen	Hoge eisen	Zeer hoge eisen
Textuur (T)	T1	T2	T3
Luchtbellen (LBA)	LBA1	LBA2	LBA3
Tint (HT)	HT1	HT2	HT3
Toleranties (VF)	VF1	VF2	VF3
Beton (B)	B1	B2	B3
Bekisting (BC)	BC1	BC2	BC3

Afhankelijk van de eisen van de architect of opdrachtgever kunnen er eigenschapsklassen gecombineerd worden. Zo kan er voor vormtolerantie een klasse 3 gevraagd worden terwijl de luchtbellen in het oppervlak aan klasse 1 moeten voldoen [5].

b Kwaliteitseisen in verband met luchtbellen

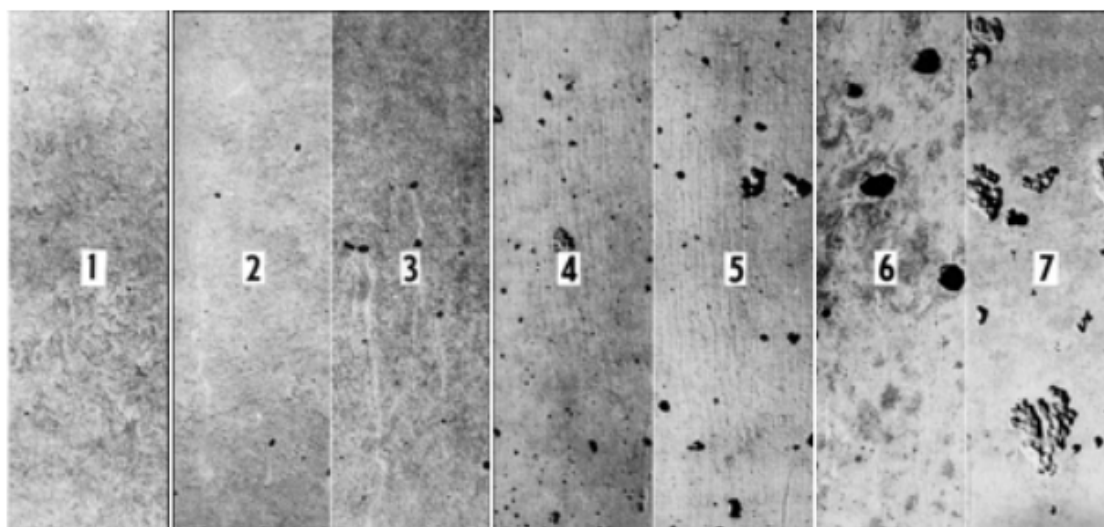
Zoals in de vorige paragraaf werd vermeld zijn in het normontwerp tabellen terug te vinden met de eisen waaraan elk kenmerk dient te voldoen om tot een bepaalde klasse te behoren. Omdat er in deze paper toegespitst wordt op luchtbellen in het betonoppervlak zullen we in deze paragraaf de eisen omtrent luchtbellen bespreken. Deze eisen worden weergegeven in Tabel 2. Het betonoppervlak wordt beoordeeld op basis van het procentueel aandeel aan luchtbellen met een

diameter tussen 2 en 15 mm in dat oppervlak. Luchtbellen met een grotere diameter worden gezien als niet toegelaten gebreken en moeten hersteld worden. In de tabel wordt ook verwezen naar de CIB-luchtbelschaal, deze zal in paragraaf 2.7.1 uitgebreider behandeld worden.

Tabel 2: Belgisch normontwerp – eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte

Kwaliteit	Symbol	Eisen
Standaard	LBA 1	<ul style="list-style-type: none"> - Fractie van het betonoppervlak bestaande uit luchtbellen van een diameter van $2\text{mm} < d < 15\text{mm}$: $\leq 1,9\%$ - CIB-luchtbelschaal: maximaal niveau schaal 4
Hoog	LBA 2	<ul style="list-style-type: none"> - Fractie van het betonoppervlak bestaande uit luchtbellen van een diameter van $2\text{mm} < d < 15\text{mm}$: $\leq 0,6\%$ - CIB-luchtbelschaal: maximaal niveau schaal 3
Zeer hoog	LBA 3	<ul style="list-style-type: none"> - Fractie van het betonoppervlak bestaande uit luchtbellen van een diameter van $2\text{mm} < d < 15\text{mm}$: $\leq 0,3\%$ - CIB-luchtbelschaal: maximaal niveau tussen schaal 2 ($\leq 0,14\%$) en schaal 3 ($\leq 0,6\%$)

Om tot de kwaliteitsklassen LBA 1 te behoren dient het aandeel aan luchtbellen in het betonoppervlak kleiner te zijn dan 1,9 %. Deze hoeveelheid komt overeen met niveau 4 op de CIB-luchtbelschaal. Indien een kwaliteit LBA 2 gehaald wenst te worden moet het aandeel aan luchtbellen in het oppervlak kleiner zijn dan 0,6%. Dit komt overeen met niveau 3 op de CIB-luchtbelschaal. Bij de betonoppervlakken met een kwaliteit LBA 3 moet het aandeel aan luchtbellen in het oppervlak minder dan 0,3% van het oppervlak bedragen. Op de CIB-luchtbelschaal komt dit overeen met een niveau tussen schaal 2 en schaal 3. Op onderstaande afbeelding zijn de verschillende schalen van de CIB-luchtbelschaal afgebeeld [8] [14].



Figuur 4: CIB-luchtbelschaal [15]

Het objectief beoordelen van het aandeel en de grootte van de luchtbellen in de betonoppervlakken wordt gedaan aan de hand van digitale beeldanalyse. Ook het principe van digitale beeldanalyse wordt in paragraaf 2.7.2 besproken.

2.2.3 Buitenland

In tegenstelling met België bestaan er in onze buurlanden wel normeringen voor zichtbeton. In Nederland worden de eisen en richtlijnen omtrent zichtbeton vermeld in de CUR-aanbeveling 100, in Duitsland staan deze in Merkblatt Sichtbeton en Luxemburg hanteert het CDC-BET wat staat voor ‘cahier des charges – travaux de bétonnage’ [16]. In deze paragraaf wordt uitleg gegeven over de hierboven vermelde buitenlandse normen. Omdat deze masterthesis de focus legt op luchtbellen worden enkel de eisen omtrent luchtbellen uitgebreider besproken.

a Nederland

De Nederlandse benaming voor zichtbeton is ‘schoonbeton’. De eisen voor schoonbeton en sierbeton zijn in één tabel terug te vinden. Deze eisen werden opgesteld met behulp van de CUR-aanbeveling 100 en de NEN 7622. De CUR-aanbeveling 100 is een richtinggevend document dat criteria voor de specificatie en beoordeling van betonoppervlakken bevat. In de NEN 6722 zijn de eisen en regels voor de uitvoering en beoordeling van betonconstructies en constructieve betonelementen terug te vinden.

In de CUR-aanbeveling 100 wordt er een onderscheid gemaakt tussen drie klassen: A, B1 en B2. Klasse A is de standaardklasse. Het resultaat dat bekomen wordt met deze eisen, komt overeen met dat van gewoon beton. Daarom is klasse A ook opgenomen in de NEN 6722. In klasse B1 staan de eisen voor zichtbeton dat voldoet aan zeer hoge eisen. De afwerkingseisen voor klasse B2 zijn echter zo hoog dat ze enkel fabrieksmatig gerealiseerd kunnen worden en daarom alleen betrekking hebben op sierbeton. In de tabel in Bijlage B: CUR-aanbeveling – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton zijn de eisen voor klasse A en klasse B1 terug te vinden [16] [17]. De kwaliteit van het betonoppervlak wordt getoetst aan de hand van volgende hoofdkenmerken:

- de bekisting,
- het betonoppervlak,
- de betonverwerking,
- onvolkomenheden,
- de voegen.

Deze hoofdkenmerken worden onderverdeeld in subkenmerken, voor deze subkenmerken worden eisen gesteld waaraan het betonoppervlak moet voldoen om tot een bepaalde kwaliteitsklasse te horen. De subkenmerken zijn terug te vinden in de tabel in Bijlage B: CUR-aanbeveling – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton.

In Tabel 3 zijn de eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte van het betonoppervlak terug te vinden zoals ze in de CUR-aanbeveling omschreven zijn. Er wordt in de eisen een verschil gemaakt tussen het totaal luchtbelgehalte en delen van het betonelement waar zich plaatselijk meer luchtbellen bevinden. Wat direct opvalt is dat het totaal aanvaardbaar luchtbelgehalte volgens de standaardklasse in de CUR-aanbeveling, de helft is van het totaal aanvaardbaar luchtbelgehalte in de hoogste kwaliteitsklasse LBA 3 in het Belgische normontwerp.

Tabel 3: CUR-aanbevelingen - eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte

Kwaliteitsklassen		Eis
A	Luchtbellens plaatselijk	$\leq 50 \text{ mm}^2 / 1 \text{ dm}^2$ (0,5 %)
	Luchtbellens totaal	$\leq 1500 \text{ mm}^2 / 1 \text{ m}^2$ (0,15 %)
B1	Luchtbellens plaatselijk	Niet zichtbaar op 5 meter $\leq 50 \text{ mm}^2 / \text{dm}^2$ (0,5 %)
	Luchtbellens totaal	Niet zichtbaar op 5m $\leq 1000 \text{ mm}^2 / \text{m}^2$ (0,01 %)

b Duitsland

In Duitsland bestaat het ‘Merkblatt Sichtbeton’ dat gepubliceerd werd in 2004 door ‘Der Bundesverband der Deutschen Zementindustrie’ (BDZ) en ‘der Deutsche Beton- und Bautechnik-Verein’ (DBV). In deze norm wordt een onderscheid gemaakt tussen vier klassen: SB1 t.e.m. SB4. De klassen hebben steeds hogere kwaliteitseisen voor het betonoppervlak. De eisen in de norm hebben betrekking tot volgende eigenschappen van het betonoppervlak:

- T: Textur (textuur),
- P: Porigheid (porositeit),
- FT: Farbton-Gleichmäßigkeit (gelijkmatigheid van kleur),
- E: Ebenheit (vlakheid),
- AF: Arbeits-und Schalhaut-Fugen (stort en bekistingsnaden),
- SHK: Schalhaut-klassen (bekistingsklassen).

Voor elk van deze eigenschappen bestaan er opnieuw kwaliteitsgradaties. In Tabel 4 is terug te vinden aan welke kwaliteitsgradatie een eigenschap moet voldoen om tot een bepaalde zichtbetonklasse te horen. Aan elke kwaliteitsklasse wordt ook telkens een kostprijsklasse gekoppeld [2].

Tabel 4: Merkblatt Sichtbeton – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton [18]

Sichtbeton-klasse	Textur	Porigheid		Farbton		Arbeits-, Schalhautfugen	Ebenheit	Probefläche	Schalhaut-klasse
		s ¹⁾	ns ²⁾	s	ns				
SB 1	T1	P1		FT1		AF1	E1	freigestellt	SHK1
SB 2	T2	P2	P1	FT2		AF2		empfohlen	SHK2
SB 3		P3	P2			AF3	E2	dringend empfohlen	
SB 4	T3	P4	P3	FT2	FT3	AF4	E3	erforderlich	SHK3

In het Merkblatt Sichtbeton staan eisen omschreven met betrekking tot de poreusheid van het betonoppervlak, deze staan omschreven in Tabel 5. De eisen hebben, zoals in het Belgische normontwerp, enkel betrekking tot luchtbellens met een diameter van 2-15 mm. De waardes die in het Merkblatt Sichtbeton vermeld staan, zijn in verhouding met een testoppervlak van 50x50 cm (250000 mm²). Als de eisen vergeleken worden met de eisen in het Belgische normontwerp, kan er gezien worden dat de twee hoogste kwaliteitsklassen P3 en P4 overeen komen met de eisen in de twee hoogste kwaliteitsklassen LBA 2 en LBA 3 van het Belgische normontwerp. De twee laagste kwaliteitsklassen P1 en P2 hebben beiden echter een hogere kwaliteit dan de laagste kwaliteitsklasse LBA 1 in het Belgische normontwerp.

Tabel 5: Merkblatt Sichtbeton - eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte

Kwaliteitsklasse	Eis
P1	Maximum poriëngehalte: 3000 mm ² /250000 mm ² dit komt overeen met 1,2 %
P2	Maximum poriëngehalte: 2250 mm ² / 250000 mm ² dit komt overeen met 0,9 %
P3	Maximum poriëngehalte: 1500 mm ² / 250000 mm ² dit komt overeen met 0,6 %
P4	Maximum poriëngehalte: 750 mm ² /250000 mm ² dit komt overeen met 0,3 %

c Luxemburg

In Luxemburg zijn de specificaties met betrekking tot betonwerken terug te vinden in het typebestek CDC-BET , ‘Cahier des Charges concernant les travaux de bétonnage’. Hierin worden vier klassen onderscheiden: QS1, QS2, QA3 en QA4. Kwaliteitsklassen QS1 en QS2 handelen omtrent oppervlakken waarvan de kwaliteit enkel afhankelijk is van de aard en kwaliteit van de bekisting. Oppervlakken behorende tot klassen QA3 en QA4 worden na het ontkisten bewerkt. Om te voldoen aan een bepaalde klasse moeten enkele eigenschappen van het betonoppervlak voldoen aan vooropgestelde eisen. De eigenschappen waarmee in deze norm rekening gehouden worden zijn :

- T: texture (textuur),
- P: bullage (luchtbellen),
- TE: homogénéité de teinte (homogeniteit van kleur),
- F: tolérance de forme (vormtoleranties),
- J: joints de reprise (stortnaden),
- QP: qualité de peau coffrage (kwaliteit bekistingsoppervlak).

In Tabel 6 is terug te vinden aan welke kwaliteitsklasse de eigenschappen moeten voldoen [19].

Tabel 6: Typebestek CDC-BET – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton [19]

1		2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Qualité de surface		Exemples		Exigences relatives aux surfaces brutes de décoffrage ⁽¹⁾						Exigences complémentaires		Coûts	
				Texture	Bullage ⁽²⁾		Homogénéité de teinte ⁽²⁾		Tolérance de forme	Joints de reprise ⁽³⁾	Surfaces d'essai		Qualité de peau de coffrage
					abs.	n.-abs.	abs.	n.-abs.					
Exigences relatives aux surfaces brutes de décoffrage	réduites	QS1	Eléments pour lesquels l'apparence, quoique considérée, constitue un facteur secondaire.	T1	P1		TE1		F1	J1	libres	QP1	faibles
	normales	QS2	Eléments pour lesquels l'apparence est considérée.	T2	P2	P1	TE2		F2	J2	recommandées	QP2	moyens
Exigences relatives aux parements	élevés	QA1	Exigences élevées avec spécifications d'aspect visuel.	T3	P3	P2	TE2		F2	J3	obligatoires	QP3	élevés
	particulières	QA2	Exigences particulièrement élevées avec spécifications d'aspect visuel.	T3	P4	P3	TE3	TE2	F3	J4	obligatoires	QP3	très élevés

De eisen uit het Luxemburgse typebestek CDC-BET met betrekking tot luchtbellen zijn beschreven in Tabel 7. Er wordt, net zoals in het Belgische normontwerp, verwezen naar de CIB-luchtbelschaal. De eisen in het Belgische normontwerp komen sterk overeen met de eisen in dit typebestek. Zo komt P2 overeen met de standardeisen van LBA 1 uit het Belgische normontwerp, P3 komt overeen met de hoge eisen LBA 2 en P4 komt overeen met de zeer hoge eisen LBA 3. De eisen voor kwaliteitsklasse P1 zijn lager dan de eisen voor elke kwaliteitsklasse in het Belgische normontwerp.

Tabel 7: Typebestek CDC-BET - eisen met betrekking tot het luchtbelgehalte

Kwaliteitsklasse	Eis
P1	<ul style="list-style-type: none"> - Fractie van het betonoppervlak bestaande uit luchtbellen van een diameter van 2mm <d<15mm: ≤3,0% - CIB-luchtbelschaal: schaal 5
P2	<ul style="list-style-type: none"> - Fractie van het betonoppervlak bestaande uit luchtbellen van een diameter van 2mm <d<15mm: ≤1,9% - CIB-luchtbelschaal: schaal 4
P3	<ul style="list-style-type: none"> - Fractie van het betonoppervlak bestaande uit luchtbellen van een diameter van 2mm <d<15mm: ≤0,6% - CIB-luchtbelschaal: schaal 3
P4	<ul style="list-style-type: none"> - Fractie van het betonoppervlak bestaande uit luchtbellen van een diameter van 2mm <d<15mm: ≤0,3% - CIB-luchtbelschaal: tussen schaal 2(≤0,14 %) en schaal 3 (≤0,58%)

2.3 Het betonoppervlak

In het normontwerp werd reeds aangegeven dat de kwaliteitsgraden van zichtbeton bepaald worden aan de hand van eisen op vlak van de textuur, de luchtbellen, de homogeniteit van de kleur, de vormtoleranties, de betonsamenstelling en de bekisting. In dit hoofdstuk worden de textuur, de luchtbellen en de kleur verder besproken. De invloed van de ontkistingsolie, de betonsamenstelling en het type bekisting worden besproken in paragrafen 2.4 en 2.5. Belangrijk om te vermelden is dat de oppervlaktekwaliteit niet enkel bijdraagt aan een mooier beton, een kwalitatief oppervlak zorgt daarnaast voor een betere bescherming van het inwendige beton tegen de natuurelementen.

2.3.1 De homogeniteit van de kleur

De homogeniteit van de kleur kan verstoord worden door vlekken en variaties van de tint. Oorzaken van deze vlekken en kleurvariaties kunnen zijn: uitbloeiingen, zwarte puntjes, roest en kleurverschillen door de onderliggende wapening. Uitbloeiingen zijn witte puntjes door carbonatatie. Over zwarte puntjes is minder documentatie te vinden, maar men gaat ervan uit dat de oorzaak ligt bij een lokale verrijking van het cement in het beton, post-trillingen na het storten en het trillen ervan en segregatie van het cement [20]. Roestplekken ontstaan door afzetting van roest, komende van het bekistingsoppervlak of door de aanwezigheid van een grote hoeveelheid chloorhoudende of ijzerhoudende additieven. Daarnaast kan beton waarin staalvezels zijn verwerkt aan de oppervlakte gaan roesten. Andere kleurverschillen kunnen te wijten zijn aan de gebruikte bekisting en ontkistingsolie.

2.3.2 Textuurgebreken

a Grindnesten

Grindnesten zijn holtes in het beton. Ze ontstaan wanneer de fijne bestanddelen in het beton (zand, cement en vulstoffen) plaatselijk onvoldoende reageren met het water in de betonspecie. Wanneer het water in het beton verdampt ontstaan er op deze plaatsen holtes waarin enkel het grove materiaal overblijft. Indien dit aan het oppervlak plaatsvindt, is dit zichtbaar zoals op Figuur 5. Grindnesten hebben veelal onderstaande oorzaken:

- er treedt segregatie op in het beton, wat betekent dat de zware granulaten naar de bodem zakken. Er zal op de bodem niet genoeg fijn materiaal aanwezig zijn om rond de grote granulaten te schikken waardoor er grindnesten ontstaan;
- het beton werd na het storten onvoldoende verdicht waardoor de kleine bestanddelen zich niet rond het grind kunnen schikken;
- er zit onvoldoende fijn materiaal in het betonmengsel;
- het water in de betonspecie is samen met fijn materiaal uit de bekisting gelekt;
- de wapening zit te dicht bij elkaar waardoor het grind er niet tussen kan en zich zal ophopen tussen de wapening.

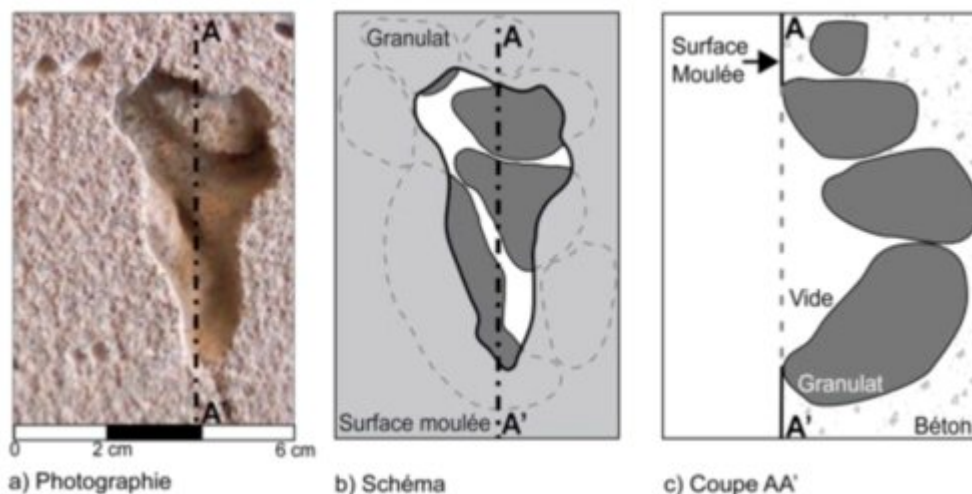
Grindnesten hebben meestal enkel een esthetische tekortkoming en hebben dus invloed op de esthetische kwaliteit van het betonoppervlak, maar in extreme gevallen kan ook de stabiliteit van het beton aangetast worden [20].



Figuur 5: Afbeelding van een grindnest [21]

b Luchtholtes

Tijdens het gieten van het beton ontstaan er holtes doordat sommige granulaten zich zodanig schikken dat er geen cementpap meer tussen kan vloeien. Aan het oppervlak van het beton ontstaan er zelfs meer holtes door het zogenaamde wandeffect. Een visualisatie van de oorzaak van het wandeffect staat afgebeeld op Figuur 6. Op de rechtse afbeelding is zichtbaar dat de granulaten een ondoordringbare barrière vormen. De zone tussen de granulaten en het bekistingsoppervlak kan vervolgens niet gevuld worden met cementpap. Dit resulteert in een onregelmatige holte aan het betonoppervlak na het ontkisten. De hoeveelheid holtes is onder andere afhankelijk van de korrelverdeling van de granulaten en de vloeibaarheid van de cementpap. Wanneer de granulaten goed verspreid in het betonmengsel zitten is de kans op holtes kleiner. Het is daarom belangrijk dat de betonspecie voldoende gemengd wordt voordat men overgaat tot storten. Om de kans op luchtholtes verder te verkleinen is het gebruik van bolvormige aggregaten met een beperkte grootte en het gebruik van een zeer fijn type cement een meerwaarde [20].



Figuur 6: Afbeelding van een luchtholte, midden: vooraanzicht van luchtholte, rechts: zijdelingse doorsnede van luchtholte [20]

c Luchtbell

Er kan een onderscheid gemaakt worden tussen luchtbell

De diameter van ongewenste luchtbell

Ongewenste luchtbell

Ten slotte, volgens Marie Martin, onderzoekster aan de universiteit van Cergy-Pontoise in Frankrijk en de universiteit van Laval in Canada, zijn de meeste onderzoekers van mening dat het aanbrengen van een absorberende laag in de bekisting of het gebruik van een absorberende bekisting bijdraagt aan een vermindering van luchtbell

2.4 Invloed van uitvoeringstechnieken op luchtbelgehalte

2.4.1 Bereiding en transport

Stortklaar beton wordt in een betoncentrale vervaardigd. Hier worden de granulaten zorgvuldig gedoseerd door een digitale doseermachine. Vanuit de centrale wordt het beton naar de werf getransporteerd. Het beton moet op de werf aankomen voordat de binding van het cement aanvangt. Voor korte afstanden wordt daarom een roerwagen gebruikt. Een roerwagen behoudt de homogeniteit van de betonspecie tijdens het vervoer. Indien de afstand tot de werf groter is kan het beton in een mengwagen vervoerd worden. In de mengwagen bevindt zich het droge

betonmengsel en water, deze twee worden gemengd wanneer de mengwagen de werf nadert. De betonspecie moet gedurende een voldoende lange tijd gemengd worden om de granulaten te verspreiden in het mengsel om zo holtes te voorkomen.

Kleine hoeveelheden beton kunnen in een betonmolen gemaakt worden. Door de beweging van de betonmolen komt er een hoeveelheid lucht in het beton terecht. Een betonmolen met een horizontale as brengt meer lucht in het betonmengsel dan een betonmolen met een verticale as. Ook door schokken en trillingen tijdens het vervoer kan er een extra hoeveelheid lucht in het betonmengsel terecht komen [20] [23] [24].

2.4.2 Betonsamenstelling

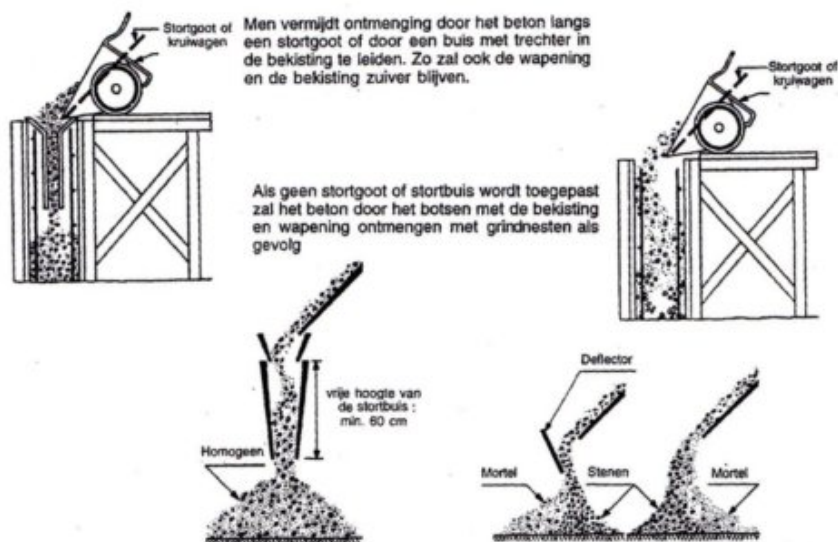
Voor de samenstelling van het beton gelden de algemene eisen die teruggevonden worden in het normontwerp. De eisen zijn dat de samenstelling van het beton tijdens de looptijd van het project niet mag veranderen. Daarnaast mag de aard en de oorsprong van de granulaten niet veranderen en moeten ze voldoen aan de EN 12620. Deze norm verbiedt granulaten die vlekvorming kunnen veroorzaken door de aanwezigheid van ijzerhoudende deeltjes, oerhout, organisch materiaal en anderen.

Voor zichtbetonkwaliteit Q(ZBA)2 en Q(ZBA)3 zijn er bijkomende aanbevelingen. Er wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van hoogovencement of wit portlandcement waarbij het beton in het geval van hoogovencement bij het ontkisten een blauwe kleur kan vertonen. Deze kleur verdwijnt geleidelijk in de loop van de tijd.

In verband met de toevoegsels zijn er voor zichtbeton met kwaliteit Q(ZBA)2 en Q(ZBA)3 nog enkele aanbevelingen. Vliegias is toegestaan indien het voldoet aan de EN450-1. Er moet echter rekening worden gehouden met het gevaar voor afscheiding van koolstofdeeltjes aan het oppervlak van het beton. Kalksteenmeel is ook een toegelaten toevoegsel indien het voldoet aan de EN 12620. Net zoals bij de granulaten geldt er voor de toevoegsels dat de aard en oorsprong van de stoffen niet mag veranderen tijdens het project [9].

2.4.3 Storten van beton

Tijdens het storten van beton kan er lucht worden ingesloten in het beton wanneer er van een te grote afstand wordt gestort. Dit gaat gepaard met ontmenging van de grondstoffen. De storthoogte kan beperkt worden met behulp van een stortkoker. Hierdoor vloeit het beton veeleer dan te vallen in de bekisting. Bij verticale constructies is men daarnaast verplicht om in fases te storten. Laag per laag wordt het beton getrild waarbij de trilnaald eveneens over een afstand van tien centimeter in de onderliggende laag wordt geplaatst. Op deze manier kan de ingesloten lucht ontsnappen, daarnaast draagt dit bij aan een betere verdichting van het beton. Bovenstaande uitleg wordt duidelijk gemaakt aan de hand van onderstaande figuur.



Figuur 7: Weergave van een stortkoker [22]

Ook moet er voor gezorgd worden dat de bekisting niet onderworpen wordt aan schokken of trillingen. Deze zorgen zoals eerder vermeld ook voor een extra hoeveelheid luchtbellens in het mengsel [20].

2.4.4 Verdichten van beton

a Trillen van klassiek beton

Luchtbellens hebben een kleinere massadichtheid dan de rest van de betonspecie, normaliter zouden ze dus doorheen de betonspecie moeten stijgen. Echter door de grote wrijvingsweerstand tussen de granulaten en de cementpap, wordt deze beweging verhinderd. Dankzij de trillingsenergie ondergaat het beton in de buurt van de trilnaald een expansie in alle richtingen. Deze expansie verlaagt de interne wrijvingsweerstand waardoor de luchtbellens zich nu wel doorheen de betonspecie kunnen verplaatsen. In de horizontale richting gebeurt de verplaatsing eerst naar de bekisting en via dit oppervlak omhoog. Via de verticale richting gebeurt dit rechtstreeks doorheen het beton omhoog. Door het trillen wordt het beton ook verdicht, gelijkmatig over de bekisting verdeeld en komt het beter rond de wapening te zitten. De betonspecie is na het trillen compacter, sterker en bevat minder luchtbellens [25].

Het trillen van beton gebeurt met een trilnaald. Beton wordt gestort in lagen van maximum drie kwart van de naaldlengte. De afstand tussen twee opeenvolgende posities van de trilnaald is nooit groter dan tweemaal de werkafstand van deze naald. De waarde van deze werkstraal ligt normaal tussen de 20 en 40 centimeter waardoor er om de 40 tot 80 centimeter getrild moet worden [26] [27].

Indien er gestort wordt in meerdere lagen is, zoals eerder vermeld, het aangeraden de trilnaald tien centimeter in de onderliggende laag te steken om een optimaal resultaat te verkrijgen. Onvoldoende trillen van de betonspecie kan leiden tot een te veel aan lucht in het mengsel, wat resulteert in luchtbellens die zich al dan niet aan het oppervlak van het beton bevinden. Er mag daarentegen ook niet te lang getrild worden, want dit kan leiden tot segregatie van het betonmengsel. Een richtwaarde van de triltijd voor een trilnaald met een lengte van 42

centimeter en 6550 trillingen/ minuut met een centrifugaalkracht van 3,15 kN is gegeven in Tabel 8 [28].

Tabel 8: Triltijden (C = 3,15 kN; N = 6550) [26]

Werkstraal R in cm	Triltijd in seconden bij een laagdikte van 30 centimeter			
	Plastisch beton	Half-plastisch beton	Aardvochtig beton	Droog beton
20	6	12	20	31
25	8	17	26	40
30	11	22	28	55
35	14	29	53	

b Zelfverdichtend beton

Zelfverdichtend beton (ZVB) heeft het voordeel dat het niet mechanisch verdicht moet worden. Kenmerkend aan dergelijke mengsels is de hoge vloeibaarheid, waardoor het door zijn eigengewicht perfect verdeeld wordt in de bekisting met een volledige verdichting. Dit is zeker voordelig indien men gebruikt maakt van complexe bekistingsvormen en op plaatsen met wapeningsknopen. Bij deze mengsels treedt geen ontmenging op, zelfs niet in het geval van een hoge wapeningsdichtheid. Het WTCB heeft wel de opmerking dat bij het klassiek van bovenaf vullen met ZVB men ook een maximale valhoogte van een meter moet behouden om de kans op ontmenging te vermijden. Indien deze maximale valhoogte niet kan gewaarborgd worden kiest men best voor het vullen met een dompelbuis langs de bovenkant van de bekisting of met een pomp langs de onderkant.

Er moet wel rekening gehouden worden met het feit dat ZVB zich in de plastische fase anders gedraagt dan klassiek beton, maar in de vaste fase hetzelfde als klassiek beton. Hiermee wordt bedoeld dat ZVB andere factoren heeft die zijn uiteindelijke uitzicht mede bepalen en dus dat men met andere factoren rekening moet houden. Doorgaans moeten deze factoren nauwkeurig gemonitord worden om een goede reproduceerbaarheid te waarborgen.

Een nadeel van ZVB is de aanwezigheid van ingesloten luchtballen in het beton aangezien het niet getrild mag worden. Een oplossing hiervoor is het storten tegen een lagere snelheid zodat er minder grote luchtholtes gevormd worden. Voor grote storten van ZVB is het belangrijk dat men een continue aanvoer heeft van beton om stornaden te vermijden.

Ondanks de kans op luchtbelvorming moet men ZVB toch overwegen indien men hoge eisen stelt aan de textuur, vooral bij complexe vormen zoals eerder vermeld [22] [29].

2.5 Invloed van gebruikte materialen op luchtbelgehalte

2.5.1 De bekisting

Het uitzicht van het oppervlak van betonelementen is sterk afhankelijk van het bekistingsoppervlak waarmee het element gerealiseerd wordt. In deze paragraaf bespreken we eerst de verschillende soorten bekistingsmaterialen en daarna bespreken we de twee

belangrijkste eigenschappen van het bekistingsoppervlak: de absorptie capaciteit en de ruwheid van het oppervlak [20].

a Soorten bekistingsmaterialen

De meest frequent gebruikte materialen die gebruikt worden voor het vervaardigen van bekistingspanelen zijn: hout, gecoate multiplex, niet-gecoate multiplex, staal en kunststof. We kunnen deze materialen opdelen in drie soorten:

- Absorberende bekistingspanelen

Absorberende bekistingsmaterialen zijn bekistingen gemaakt uit hout of niet gecoate multiplex. Bekistingen uit hout en multiplex worden vaak gebruikt op de werf omdat de panelen eenvoudig versneden en vernageld kunnen worden, dit en hun lichte gewicht maakt de montage gemakkelijker ten opzichte van andere materialen.

Een absorberend bekistingsoppervlak moet voor gebruik behandeld worden om overmatige of ongelijkmatige absorptie van water uit het gestorte beton te voorkomen. Dit kan bijvoorbeeld door het oppervlak voor het storten te besproeien met water. Ook zijn er reeds behandelde houten bekistingspanelen verkrijgbaar. Betonplex is een voorbeeld van een behandelde houtsoort. De panelen bestaan uit een multiplex plaat, een plaat uit verschillende lagen gelijmde houtfijnere lagen, waar aan weerszijde een laag epoxy op wordt aangebracht. De epoxy zorgt er voor dat de waterabsorptie uit het beton door de multiplex wordt beperkt.

Een nadeel van bekistingspanelen uit hout is dat ze maar een kleiner aantal keer hergebruikt kunnen worden dan waterdichte panelen.

- Waterdichte bekistingspanelen

Waterdichte bekistingspanelen bestaan uit staal of kunststof. Met deze materialen is het mogelijk om zeer gladde betonoppervlakken te realiseren. Door hun grotere sterkte kunnen deze bekistingspanelen vaker hergebruikt worden dan de panelen uit hout. In het geval van staal moeten de panelen bij hergebruik behandeld worden tegen roest. Een ander nadeel van bekistingspanelen uit staal is dat ze zeer zwaar zijn en moeten geplaatst worden met behulp van een kraan.

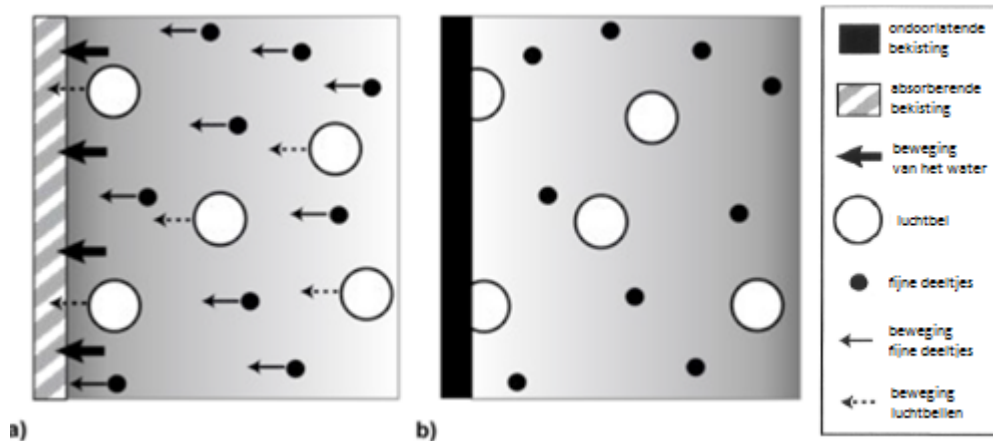
- Drainerende bekistingspanelen

Ook wel bekistingen met een geregelde permeabiliteit genoemd. Deze bekistingen bestaan uit een conventioneel bekistingsoppervlak dat wordt bedekt met een drainerende folie. In deze folie zitten poriën met een diameter van ongeveer 0,07 mm. Tijdens het storten van beton laat deze folie het opstijgen van lucht toe, daarnaast zorgt het voor de afvoer van overtollig water aan het betonoppervlak, dit alles met een minimaal verlies aan cementpap [13] [30].

b Absorptiecapaciteit

Waterabsorptie is een belangrijke parameter als het gaat om het kiezen van de juiste bekisting. Zoals eerder besproken kan er een onderscheid gemaakt worden tussen absorberende bekistingen en waterdichte bekistingen. Een absorberende bekisting onttrekt water uit de buitenste laag van het beton in de kist; deze laag wordt ook wel de huid van het beton genoemd.

Door de waterabsorptie ontstaat een zuigend effect waardoor de luchtbellens en fijne deeltjes in de buitenste laag van het beton ook aangetrokken worden naar het oppervlak. De luchtbellens zullen door het houten oppervlak opgenomen worden wat leidt tot een vermindering van de hoeveelheid luchtbellens aan het oppervlak. Een waterdichte bekisting daarentegen zal geen water opnemen uit de betonspecie en daardoor ook geen luchtbellens aantrekken tot het betonoppervlak. De luchtbellens die zich al aan het oppervlak bevonden zullen ook niet geabsorbeerd worden door de bekisting. Figuur 8 toont het verschil tussen beide bekistingen.



Figuur 8: Absorptie van bekisting bij dalende en stijgende water-cement-factor [20]

De absorptiecapaciteit van het oppervlak van de bekisting heeft niet enkel invloed op het aantal luchtbellens maar ook op de kleur van het betonelement. Een absorberende bekisting onttrekt water uit het betonoppervlak, hierdoor zal de water-cement-factor aan het oppervlak licht verlagen wat leidt tot een donkerder betonoppervlak. Een niet absorberende bekisting zal de water-cement-factor aan het oppervlak licht verhogen, het beton zal hierdoor lichter van kleur zijn.

Eerder werd al vermeld dat absorberende bekistingen op voorhand gelijkmatig besproeid worden met water om een overmatige of ongelijkmatige absorptie van water uit de betonhuid tegen te gaan. Een te grote absorptie van water uit het betonoppervlak kan een onvolledige hydratatie van het cement veroorzaken, wat een slechte invloed heeft op de sterkte van het betonoppervlak. Een ongelijkmatige absorptie van water uit de betonhuid kan lokale kleurverschillen van het betonoppervlak als gevolg hebben.

Bekistingspanelen mogen maar een beperkt aantal keren hergebruikt worden. Door hergebruik van de bekisting zullen de poriën zich immers langzaam vullen met cementpap. De plaatsen waar de poriën van de bekisting gevuld zijn met cementpap zullen bij hergebruik minder water uit het betonmengsel kunnen absorberen wat, zoals hier boven al vermeld, leidt tot een plaatselijk helderder oppervlak. Zo kunnen bekistingspanelen uit multiplex 30 tot 60 keer en OSB-platten 20 keer herbruikt worden [31].

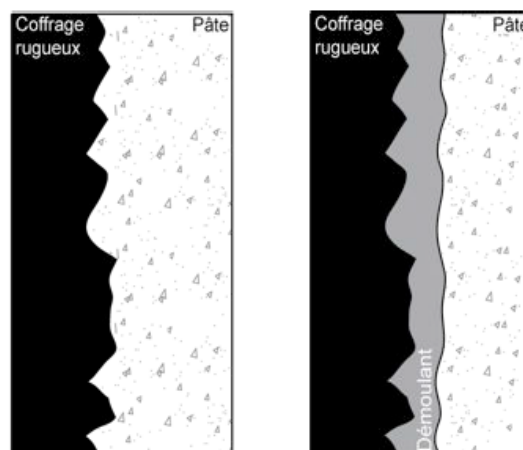
c Ruwheid van het oppervlak

De ruwheid van het bekistingsoppervlak bepaalt de adhesie tussen het vers beton en het bekistingsoppervlak. Adhesie is de aantrekkingskracht tussen het beton en de bekisting. Door de adhesie zal het beton, in de bekisting, de vorm van het bekistingsoppervlak aan nemen. Een

ruw bekistingsoppervlak leidt bijgevolg tot een ruw betonoppervlak en een glad bekistingsoppervlak zal zorgen voor een glad betonoppervlak. De ruwheid van het bekistingsoppervlak heeft niet enkel invloed op de structuur van het betonoppervlak, maar onder anderen ook op het luchtbelgehalte in het oppervlak en de kleur van het betonoppervlak. We maken hieronder een onderscheid tussen het gebruik van een ruw bekistingsoppervlak en een glad bekistingsoppervlak [32].

- Ruw bekistingsoppervlak

Wanneer een ruw oppervlak gebruikt is ontstaat er een grote adhesie tussen het vers beton en de bekisting. Het beton zal dezelfde structuur krijgen als de bekisting en zal dus ook ruw zijn. Door gebruik te maken van ontkistingsolie wordt de adhesie tussen het beton en de bekisting verminderd. De olie zal er voor zorgen dat het bekistingsoppervlak gladder wordt waardoor ook het betonoppervlak na ontkisten gladder zal zijn. Dit wordt geïllustreerd op onderstaande afbeelding. De linkerzijde van Figuur 9 toont het resultaat van een ruw bekistingsoppervlak indien er geen gebruik wordt gemaakt van ontkistingsolie. De rechterzijde van Figuur 9 toont het resultaat van een ruw bekistingsoppervlak wanneer er wel gebruik gemaakt werd van ontkistingsolie.



Figuur 9: Links: bekistingsoppervlak zonder ontkistingsolie, rechts: bekistingsoppervlak met ontkistingsolie [20]

De aanwezigheid van luchtbellens in het betonoppervlak wordt beïnvloed door de ruwheid van het bekistingsoppervlak in combinatie met het na het storten al dan niet trillen van het beton [20]. Figuur 10 toont schematisch de invloed van het trillen van het beton op aanwezigheid van luchtbellens in het betonoppervlak aan.

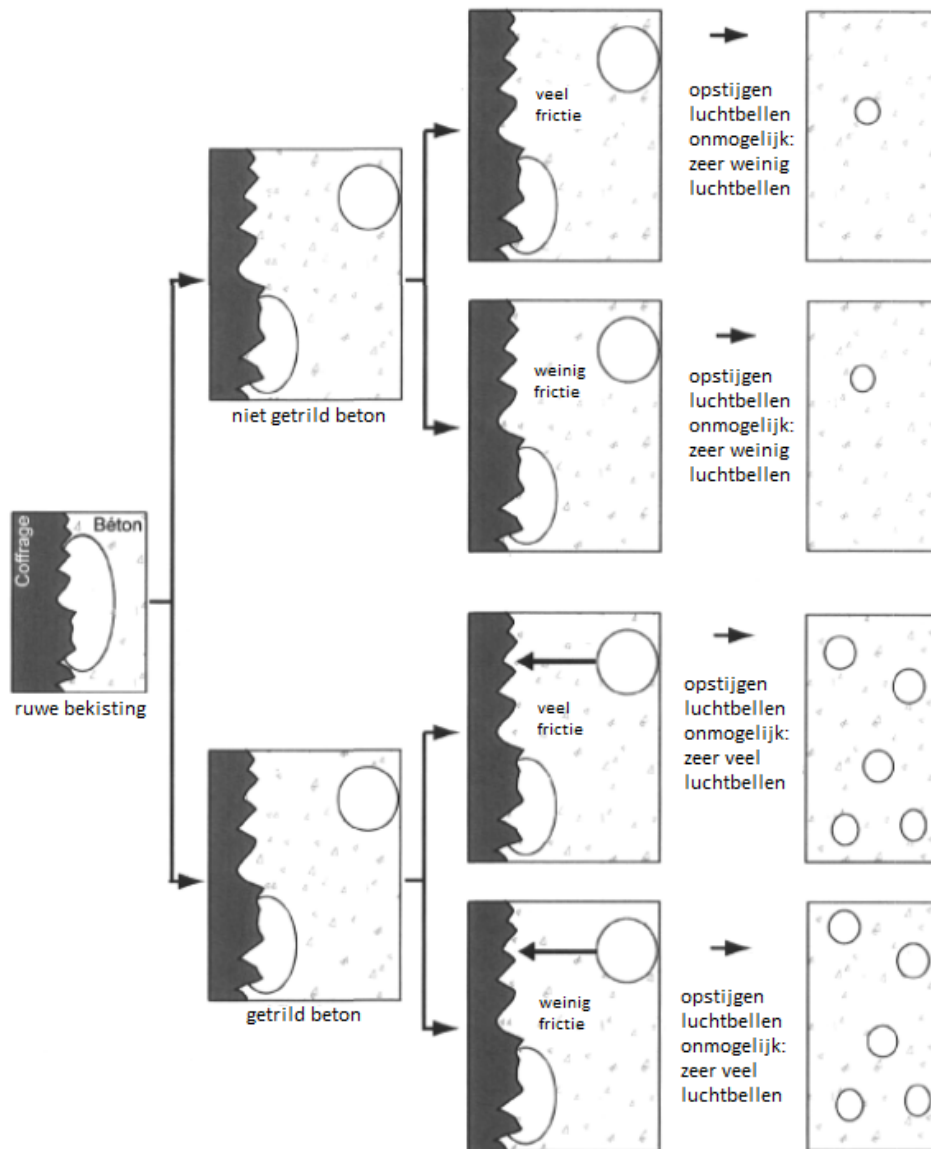
Wanneer het beton niet getrild wordt en de wrijvingsweerstand van de betonspecie groot is kunnen de luchtbellens zich niet verplaatsen door het mengsel. In tegenstelling tot met wat er verwacht wordt, bevinden er zich weinig luchtbellens aan het oppervlak. De verklaring hiervoor is dat ruwe bekistingsoppervlakken meestal van hout zijn en daardoor een grote absorptiecapaciteit hebben. Zoals in paragraaf 2.5.1 vermeld, worden luchtbellens door de bekisting geabsorbeerd omwille van deze absorptiecapaciteit.

Wanneer het beton niet getrild wordt en de wrijvingsweerstand van het betonmengsel laag is zal de verplaatsing van luchtbellens die zich bevinden aan het bekistingsoppervlak verhinderd worden door de grote wrijvingsweerstand met het bekistingsoppervlak. Het luchtbelgehalte aan

het betonoppervlak zal echter opnieuw laag zijn door de hoge absorptiecapaciteit van de ruwe bekisting.

Een belangrijke opmerking hier is dat wanneer er een ruwe niet absorberende bekisting gebruikt wordt het luchtbelgehalte aan het oppervlak zeer hoog zal zijn indien het beton niet getrild wordt, onafhankelijk van de wrijvingsweerstand in het betonmengsel.

Tijdens het trillen van het beton zal het bekistingsoppervlak mee in trilling gebracht worden. De luchtbelllen in de betonspecie zullen aangetrokken worden naar het trillende bekistingsoppervlak. Er zullen zich dus een groot aantal luchtbelllen bevinden aan het oppervlak. Het trillen zal de wrijvingsweerstand in het beton en de wrijvingsweerstand met het bekistingsoppervlak verminderen. Deze reductie is echter onvoldoende om al de luchtbelllen uit het mengsel te elimineren. Er zullen zich bijgevolg veel luchtbelllen bevinden aan het betonoppervlak. Indien het bekistingsoppervlak absorberend is zal een deel van deze luchtbelllen geabsorbeerd worden, maar er zal nog steeds een groot aantal luchtbelllen aan het oppervlak aanwezig zijn.



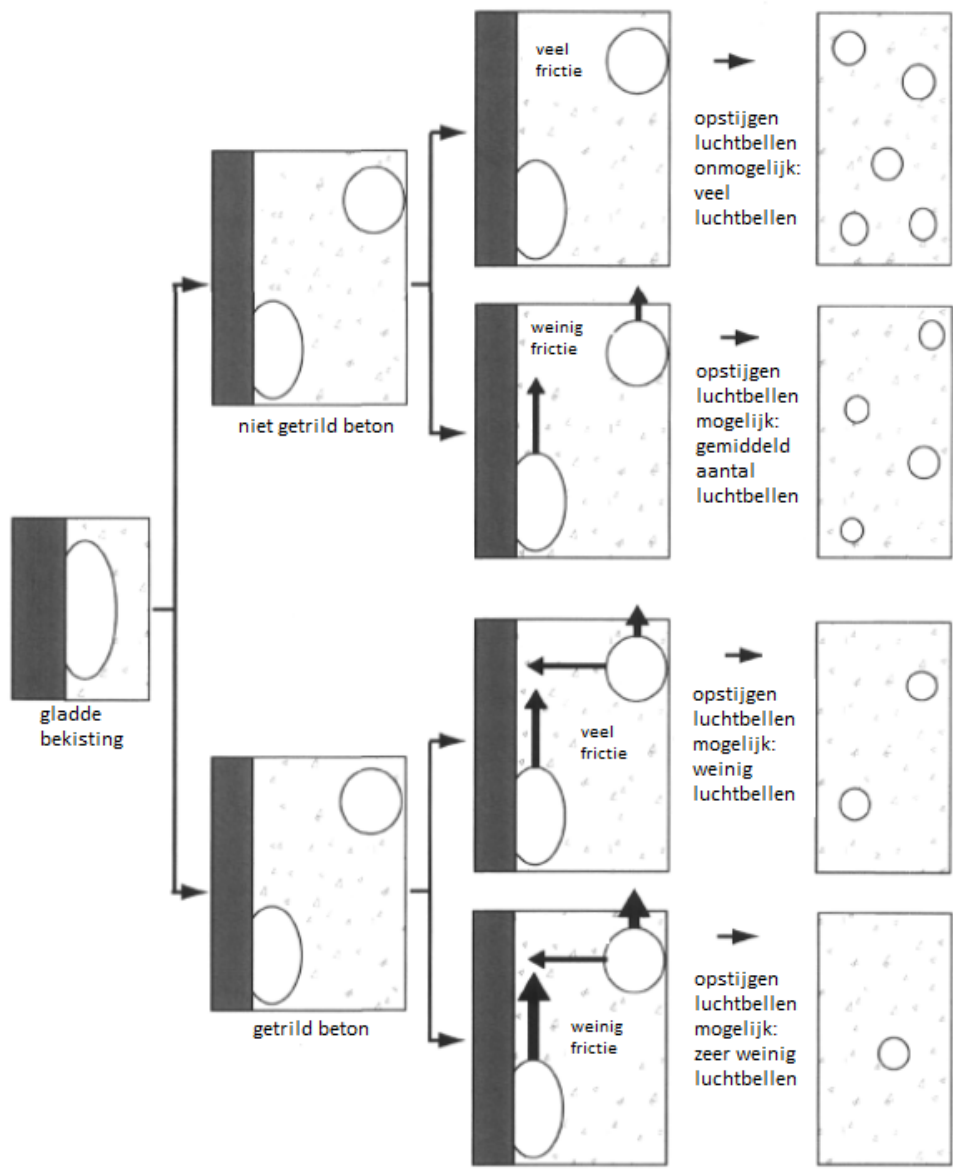
Figuur 10: Invloed van trillen op aanwezigheid van luchtbelllen in het oppervlak indien een ruwe bekisting gebruikt wordt [20]

- Glad bekistingsoppervlak

Wanneer een gladde bekisting gebruikt wordt, zal het oppervlak van het betonelement ook gladder zijn. Luchtbellen kunnen zich tijdens het trillen van het beton makkelijker verplaatsen over het oppervlak omdat een gladde bekisting minder weerstand biedt tegen deze verplaatsing [20]. Op Figuur 11 wordt de invloed van de wrijvingsweerstand in het betonmengsel en het trillen van het beton op de hoeveelheid luchtbellen aan het oppervlak weergegeven [20].

Indien het beton niet getrild wordt en de wrijvingsweerstand in het mengsel groot is zullen de luchtbellen zich niet kunnen verplaatsen door het mengsel met veel luchtbellen aan het oppervlak als resultaat. Als de wrijvingsweerstand in het mengsel laag is, kan een deel van de luchtbellen ontsnappen uit het mengsel, dit zal leiden tot iets minder luchtbellen aan het betonoppervlak. Hoe lager de wrijvingsweerstand in het betonmengsel is, hoe meer luchtbellen er uit het mengsel kunnen ontsnappen.

Tijdens het trillen van het beton worden er veel luchtbellen naar het oppervlak aangetrokken door het meetrillen van de bekisting. De luchtbellen kunnen zich echter gemakkelijk verplaatsen over het gladde bekistingsoppervlak en zo uit het mengsel ontsnappen. Wanneer de wrijvingsweerstand van het mengsel al laag was voor het trillen, zal een groter aantal luchtbellen kunnen ontsnappen uit de betonspecie tijdens het trillen van het beton [20].



Figuur 11: Invloed van trillen op aanwezigheid van luchtbellen in het oppervlak indien een gladde bekisting gebruikt wordt [20]

2.5.2 Ontkistingsolie

Ontkistingsolie is een product dat de ontkisting bevordert omwille van de verlaagde adhesie tussen de bekisting en het beton die met dit product bekomen wordt. Deze adhesie wordt veroorzaakt door het vullen van de aanwezige microporiën en oneffenheden in de bekisting met cementpap. Door het aanbrengen van ontkistingsolie worden deze poriën en oneffenheden gevuld met olie in plaats van cementpap met als resultaat een verlaging van de adhesie. Bijkomende effecten van ontkistingsolie kunnen zijn: behandeling tegen roest, behandeling tegen problemen met hars in geval van ruwe houten bekistingspanelen en een vereenvoudiging van het poetsen van de panelen. Op de markt bestaan er verschillende soorten olie, elk met zijn toepassingsgebied. De toepassingsgebieden staan beschreven in de technische fiches van de verantwoordelijke producent.

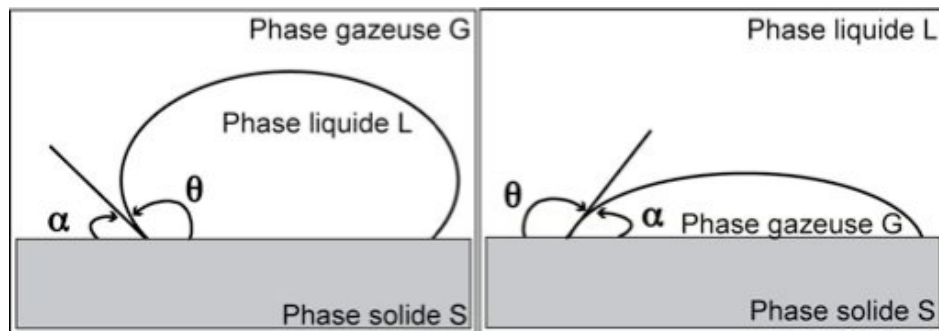
Ontkistingsolie wordt aangebracht met een borstel, een rol of een vernevelaar waarbij de keuze afhankelijk is van de afmetingen van het te behandelen oppervlak en van de desbetreffende aannemer. Overtollige olie wordt eventueel verwijderd met behulp van een schraper. Bij het vervaardigen van zichtbeton is het zeer belangrijk dat de olie aangebracht wordt in een dunne egale laag. De beste manier om deze laag te bekomen is door het vernevelen van de olie op de bekisting of door de olie uit te wrijven met een doek.

Ontkistingsoliën kunnen ingedeeld worden volgens werking en volgens samenstelling. De werking kan men opsplitsen in twee soorten: fysische barrières of chemische barrières. De eerste soort zorgt voor een fysische scheiding tussen het beton en de bekisting, de tweede soort reageert met bepaalde stoffen in het beton om vervolgens een scheiding te vormen.

a Fysische barrières

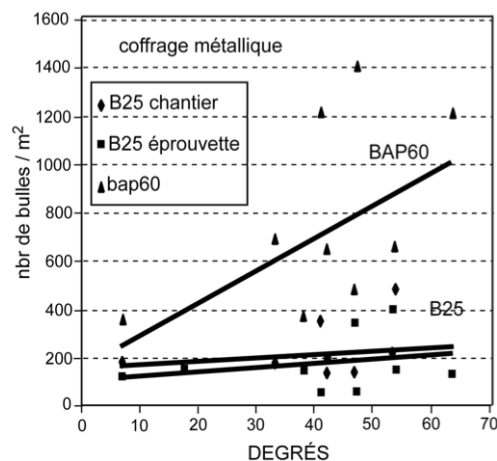
Deze oliën blijven door adhesie aan het bekistingsoppervlak kleven. Door hun waterafstotende werking zorgen ze er voor dat het water uit het beton niet in contact komt met de bekisting. Ontkistingsoliën die fysische barrières vormen reageren niet met het beton en kunnen naar samenstelling ingedeeld worden in vijf types:

- Zuivere oliën of mengsels van oliesoorten zonder toevoeging:
Deze oliën hebben een waterafstotende werking waardoor het contact tussen de betonspecie en de bekisting wordt verhinderd. Door deze waterafstotende werking gaan de waterpartikels in het betonmengsel bolvormig op het bekistingsoppervlak staan. Dit resulteert na de uitharding van het beton en de verdamping van overtollige aanmaakwater in luchtbellens in het betonoppervlak.
- Zuivere oliën of mengsels van oliesoorten met toevoegingen van oppervlakte-actieve stoffen:
Eerst gaan we uit van de oppervlaktespanning van water. Door de onderlinge aantrekkingskracht van de watermoleculen zal een waterdruppel een bolvorm aannemen. Dit resulteert bij contact met een bekisting in een bepaalde contacthoek θ . De contacthoek is weergegeven in Figuur 12. De oppervlakte-actieve stoffen aanwezig in dit type olie verhogen de grensvlakspanning tussen het water in het beton en de ontkistingsolie. Het verhogen van de grensvlakspanning resulteert in een kleiner contactoppervlak tussen beide stoffen. Dit heeft als resultaat dat de contacthoek van water met de bekisting, lees contact van water met de ontkistingsolie, groter wordt. Deze theorie toegepast op het betonoppervlak kan samengevat worden in twee stappen;
 - Door het verhogen van de oppervlaktespanning neemt het water een kleiner oppervlak in beslag indien het op de olie wordt geplaatst. Dit kleiner oppervlak resulteert in een grotere contacthoek θ zoals te zien op Figuur 12.
 - Op Figuur 12 bevindt de hoek θ zich aan de binnenkant of aan de vloeibare kant van de waterdruppel indien de druppel op het bekistingsoppervlak wordt geplaatst. De druppel is in dit geval omgeven door lucht. Op de rechtse figuur is de situatie afgebeeld die in werkelijkheid optreedt. De ingesloten luchtbel wordt omgeven door de vloeibare fase of het water in het beton. In deze situatie ligt de hoek θ aan de buitenkant van de luchtbel, opnieuw aan de vloeibare kant. Een grotere θ zorgt voor een groter contactoppervlak tussen de ingesloten lucht en de bekisting wat resulteert in een luchtbelvrij oppervlak.



Figuur 12: Links: waterdruppel op een bekistingsplaat ingesmeerd met ontlastingsolie, rechts: ingesloten luchtbel in beton op een bekistingsplaat [20]

Onderstaande afbeelding laat het verband tussen verschillende soorten beton en de contacthoek zien. Deze afbeelding komt uit een Canadese studie die als contacthoek de alfa-waarde heeft genomen. Een grotere α -waarde of een kleinere θ -waarde, zorgt voor meer luchtbelletjes per vierkante meter.



Figuur 13: Het effect van de contacthoek op de luchtbelvorming voor betontype B25 (in situ en geprefabriceerd) en BAP60 (zelfverdichtend) [20]

- Water-in-olie emulsies:
Dit zijn mengsels waarin olie de continue fase vormt. Aan deze olie wordt water toegevoegd in de vorm van zeer kleine druppeltjes. Deze druppeltjes worden in stand gehouden met behulp van een emulgator.
Bij deze mengsels wordt de luchtbelvorming aan het oppervlak beperkt en dienen aangebracht te worden in een dunne laag. Ze zijn moeilijk te bereiden op de werf en kunnen niet gebruikt worden bij vriesweer vanwege het water als emulgator;
- Olie-in-water emulsies:
In deze mengsels is het water de continue fase en wordt de olie toegevoegd in de vorm van zeer kleine druppeltjes. De relatief grote hoeveelheid water in dit ontlastingsmiddel kan een nadelig effect hebben op de drogingstijd van het beton.
- Wassoorten op basis van olie:
Deze producten vormen een ondoorlaatbare, waterafstotende beschermlaag op de bekisting. Voordelig aan deze was is de gelijkmatige kleur van het betonoppervlak. Het nadeel is echter dat de luchtballen door deze stof worden bevorderd.

b Chemische barrières

Ontkistingsoliën met een chemische werking bevatten componenten zoals vetzuren en verzeepbare harsen, deze componenten reageren met de aanwezige (aard)alkalimetalen in het cement waardoor er een film van onoplosbaar kalkzout wordt gevormd. Omdat het gevormde kalkzout onoplosbaar is in water, vormt het een waterafstotende laag tussen de bekisting en het beton. Na ontkisten bevindt er zich een zeer dunne laag van fijn stof op het betonoppervlak. Deze kan met een borstel verwijderd worden. Belangrijk is het aanbrengen van een zeer dunne laag olie, volgens Cresset Chemical Co. [33] moet deze laag zelfs beperkt blijven tot 13 µm. Bij deze dikte bereikt men een optimum inzake eenvoudige ontkisting, zeer beperkte luchtbelvorming en beperkte stofvorming.

Kort samengevat betekent dit dat een chemische barrière uiteindelijk een fysische werking heeft die voorafgegaan wordt door enkele chemische reacties [20] [34].

2.6 Voorgaand onderzoek

Mast en Meyndonckx [22] hebben geconcludeerd dat de grootste luchtbelgehalten verkregen werden wanneer er gebruik gemaakt werd van stalen bekistingspanelen. De beste resultaten werden bekomen met betonplex. De luchtbelgehalten verkregen met de kunststofpanelen hadden altijd een waarde tussen die van staal en betonplex. De resultaten waren onafhankelijk van het gebruikte ontkistingsmiddel. Indien er gebruik gemaakt werd van de bij de bekistingspanelen voorgeschreven ontkistingsolie, werden zeer goede resultaten bekomen.

In dit onderzoek werd de ontkistingsolie enkel ingedeeld volgens minerale en plantaardige olie. Er werd voorgesteld om de resultaten van meerdere soorten ontkistingsoliën te vergelijken. Een ander voorstel voor verder onderzoek was het aanpassen van de proefopstelling. In hun onderzoek werd een proefopstelling gebruikt van 1m op 1m. De testoppervlakken hadden een grootte van 50cm op 50cm. Er bevonden zich in één vlak dus vier testoppervlakken, twee onderaan en twee bovenaan. Uit de testen bleek echter dat de luchtbelgehalten van de bovenste testoppervlakken steeds aanzienlijk hoger waren dan de luchtbelgehalten van de onderste testoppervlakken. Er werd daarom geopteerd om een bekisting te maken met enkel testoppervlakken naast elkaar en niet boven elkaar.

Marie Martin [20] heeft geconcludeerd dat betonplex panelen het minste luchtbellens opleveren. Ze vermeld hierbij wel dat dit niet altijd het geval is, volgens haar is het daarom ook moeilijk om de invloed van het bekistingsmateriaal te onderzoeken. Uit het onderzoek blijkt dat de ontkistingsolie wel een grote invloed heeft op het luchtbelgehalte in het betonoppervlak. Zo werden er bij het gebruik van emulsies steeds betere resultaten verkregen dan bij minerale oliën.

2.7 Beoordeling luchtbelgehalte

2.7.1 CIB-rapport nr. 24

CIB-rapport nr. 24: 'Toleranties op het uitzicht van beton' werd uitgegeven door het CIB, in het Frans Conseil International du Bâtiment of in het Engels International Council for Buildings. Het rapport legt eisen op in verband met kleurschakering en luchtbellens in het zichtbare betonoppervlak.

In het CIB-rapport nr. 24 is er een methode terug te vinden om de kwaliteit van het betonoppervlak te beoordelen aan de hand van het procentueel aantal luchtbellen in het betonoppervlak. De methode voor het bepalen van de kwaliteit van een oppervlak is dus een kwantitatieve methode. Er wordt een kwantitatieve limiet opgegeven voor de gebreken in het betonoppervlak. In deze thesis bespreken wij de CIB-luchtbelschaal die aangeeft hoe hoog de graad van luchtbellen in het oppervlak mag zijn om binnen een bepaalde kwaliteitsklasse te vallen.

Omdat het onmogelijk is om een element uit zichtbeton te maken dat helemaal perfect is, wordt er in het rapport ook weergegeven welke gebreken toegelaten zijn. Doordat het rapport aangeeft welke oppervlaktekwaliteit bereikt kan worden, wordt ook de communicatie tussen de opdrachtgevers en de uitvoerders bevorderd [35] [30] [36] [37].

In het rapport kan de CIB-luchtbelschaal terug gevonden worden. De CIB-luchtbelschaal wordt vaak gebruikt om de kwaliteit van een betonoppervlak te beoordelen aan de hand van het procentueel aantal luchtbellen aanwezig in het oppervlak. Dit wordt gedaan met behulp van zeven referentiekaarten. Op elk van de kaarten staat een betonoppervlak afgebeeld met een bepaald luchtbelgehalte in het oppervlak. Het betonoppervlak op kaart 1 heeft het laagste luchtbelgehalte en dus de beste kwaliteit en het betonoppervlak op kaart 7 heeft het hoogste luchtbelgehalte en dus de slechtste kwaliteit. De luchtbelschaal werd eerder getoond in Figuur 4 [15].

2.7.2 Digitale beeldanalyse

Met digitale beeldanalyse wordt er aan de hand van een digitale foto van het betonoppervlak, nagegaan wat het percentage aan luchtbellen is in het betonoppervlak. Voor dit onderzoek werd er gebruik gemaakt van het programma ConcreteBubble, dat ontwikkeld werd door het WTCB.

Er werd telkens een vouwmeter voor het betonoppervlak gehouden wanneer er een foto gemaakt werd. Met behulp van het programma ImageJ kon aan de hand van deze meter de schaal van de foto bepaald worden. Hier wordt uitgebreid op ingegaan in paragraaf 3.2.3 [38].

3 Onderzoek

3.1 Introductie

Uit de literatuurstudie blijkt dat de kwaliteit van een betonoppervlak afhankelijk is van een aantal factoren. Voor dit onderzoek wordt rekening gehouden met enkele van de belangrijkste factoren: het type bekisting, de ontkistingsolie, het beton en de omstandigheden op de werf (het weer, de manier van storten/trillen).

Zoals eerder vermeld, wordt in deze scriptie onderzocht of een betonoppervlak bekomen met een proefbekisting op kleine schaal representatief is voor een betonoppervlak bekomen met een bekisting op reële schaal. De focus in het onderzoek wordt gelegd op het procentuele aandeel aan luchtbellen in de oppervlakken. In de volgende paragrafen wordt de methodologie van het onderzoek en de verschillende uitgevoerde proeven, behandeld.

3.2 Methodologie onderzoek

3.2.1 Labotest

Voordat de proefbekisting gebruikt kon worden op een werf moest deze eerst getest worden in het labo. Er zijn in totaal twee labotesten uitgevoerd. De eerste labotest vond plaats in het Technologiecentrum in Diepenbeek. De tweede test ging door in het labo van het WTCB te Limelette. De proefopstelling en resultaten van deze labotesten worden besproken in paragraaf 3.3.

3.2.2 In situ test

Het was belangrijk dat de proeven op de werf uitgevoerd werden, zodat het beton in de proefbekisting kon uitharden onder dezelfde (weers)omstandigheden als de referentie-elementen. Op de werven, waar de in situ testen plaatsvonden, werden steeds grote elementen uit beton vervaardigd (wanden, kolommen en brugpijlers). Er werd telkens een nog te storten element uitgekozen dat zou dienen als referentie-element voor de proefstukken die vervaardigd werden met de proefbekisting.

De proefbekisting werd voor elke werf uitgerust met bekistingspanelen van hetzelfde type en ongeveer van dezelfde ouderdom als de bekistingspanelen gebruikt bij het referentie-element. Op de werf werden de testpanelen van de proefbekisting ingesmeerd met dezelfde ontkistingsolie die gebruikt werd voor de referentie-elementen. Vervolgens werden zowel de proefbekisting als de bekisting voor het referentie-element gevuld met beton uit dezelfde betonmixer. In de volgende paragrafen wordt per werf besproken welke bekistingspanelen, ontkistingsoliën en betonsamenstellingen gebruikt werden.

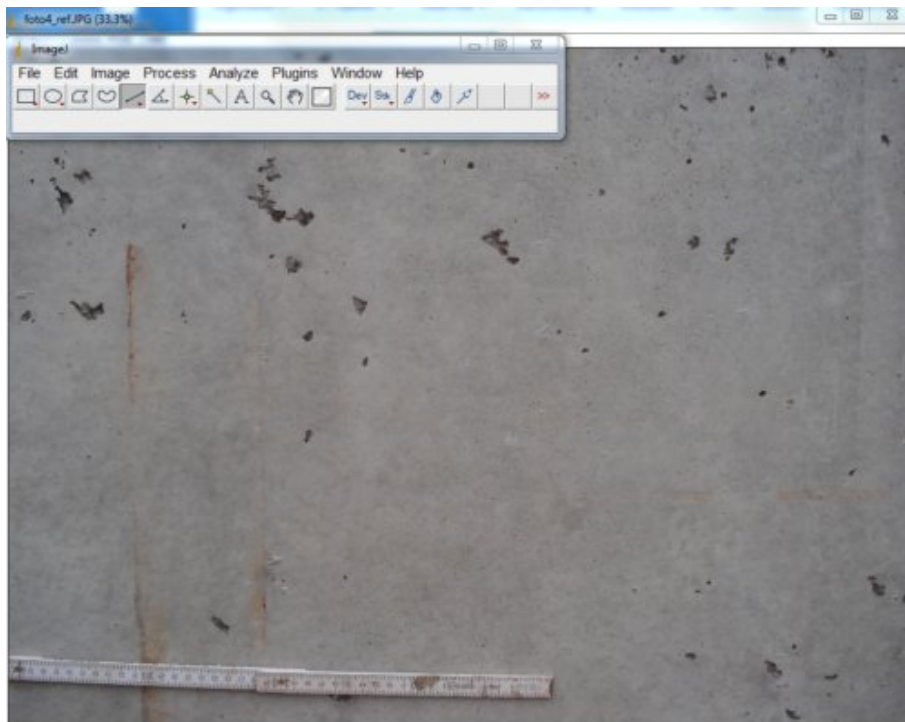
3.2.3 Verwerken resultaten met beeldanalyse

Eenmaal het beton ontkist was, werd er van elk oppervlak apart een foto gemaakt. Belangrijk bij het maken van deze foto's was dat er geen schaduwen zichtbaar waren op het oppervlak en dat de luchtbellen duidelijk te onderscheiden waren. Uit verschillende foto's werd vervolgens per

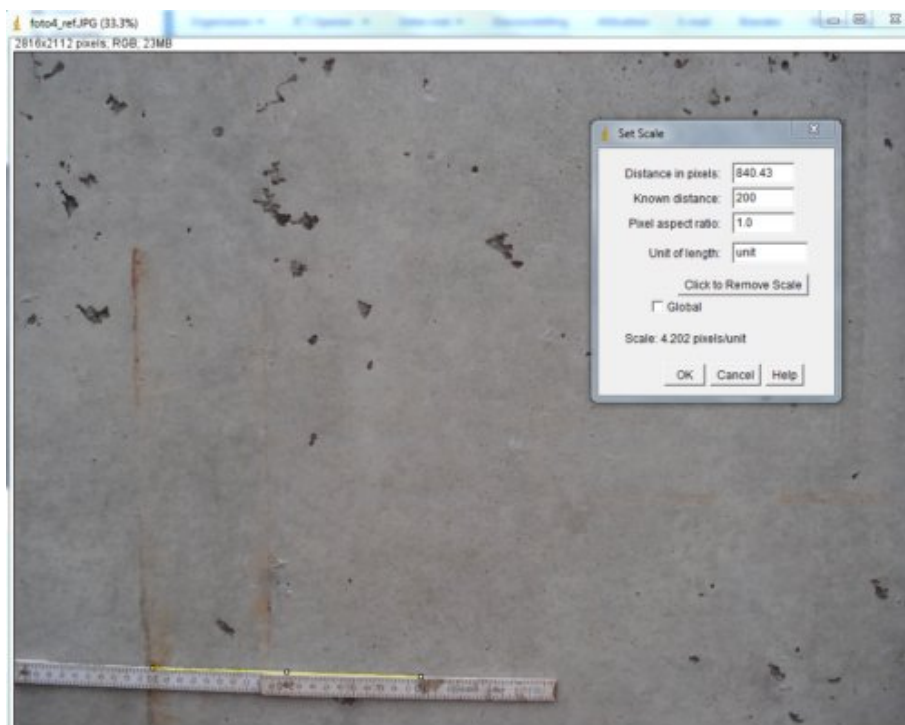
oppervlak diegene gezocht die het best aan deze voorwaarden voldeed. Op elke foto was het noodzakelijk een liniaal te gebruiken zodat de software tijdens de beeldanalyse de grootte van de luchtbellen kon berekenen.

De beeldanalyse verloopt als volgt:

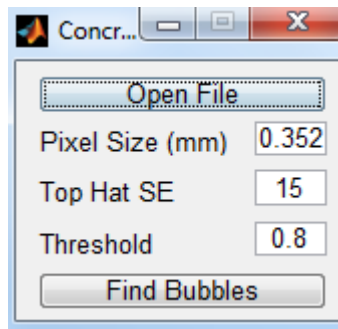
1. De foto van het te onderzoeken oppervlak wordt ingeladen in het programma ImageJ. Met deze software bepalen we de pixelgrootte. Hiervoor wordt het commando 'Straight' gebruikt. Met deze functie wordt er een lijn getrokken evenwijdig met de schaallat, dit over een afstand van 10 cm, zie Figuur 14. ImageJ berekent het aantal pixels dat deze lijn snijdt zoals te zien in Figuur 15. Met dit aantal pixels kan het aantal pixels per mm bepaald worden;
2. Vervolgens wordt met behulp van ConcreteBubble het percentage en de grootte van de luchtbellen bepaald. Deze software werd ter beschikking gesteld door het WTCB. Eerst wordt de afbeelding die in de vorige stap werd gebruikt ingeladen. Deze stap wordt opgevolgd door het ingeven van de pixelgrootte die we in de vorige stap hebben berekend zoals te zien in Figuur 16;
3. We klikken op het commando 'Find Bubbles', hiermee opent ConcreteBubble de afbeelding met de standaardwaarden voor Top Hat SE en Threshold. Vervolgens selecteren we het te onderzoeken gebied op de foto en dubbelklikken we in het geselecteerde kader, zie Figuur 17. De software berekent nu het aantal luchtbellen en zet de percentages uit in twee histogrammen waarvan er één de indeling maakt in luchtbeldoorsnedes van 0-2 mm, 2-15 mm en 15-50 mm en de andere een indeling maakt per millimeter. Daarnaast geeft de software een visualisatie van de gevonden luchtbellen, zie Figuur 18. Luchtbellen worden aangeduid met een verschillende kleur afhankelijk van hun grootte; luchtbellen met een diameter van 0-2 mm worden weergegeven in het blauw, de groene vlekken op de foto's zijn luchtbellen met een afmeting van 2-15 mm en de luchtbellen met een diameter van 15-50 mm krijgen een rode kleur;
4. Indien op deze visualisatie zichtbaar is dat alle luchtbellen in rekening zijn genomen is dit resultaat definitief. Indien zichtbaar is dat de software een groot aantal luchtbellen niet heeft gevonden wordt er een nieuwe analyse gemaakt, ditmaal met een aangepaste waarde voor de Top Hat SE en de Threshold, veelal met een kleine verhoging van beide waarden.



Figuur 14: ImageJ - Commando straight



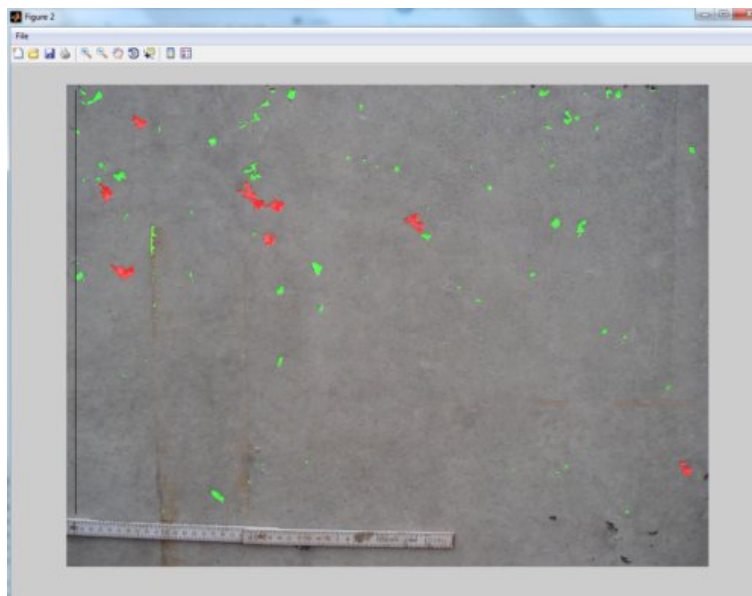
Figuur 15: ImageJ - Commando set scale



Figuur 16: ConcreteBubble - Set-up



Figuur 17: ConcreteBubble - Geselecteerde kader



Figuur 18: ConcreteBubble - Visualisatie luchtbellen

3.2.4 Bepaling nauwkeurigheid beeldanalyse

a Invloed van verschillende foto's

Om de nauwkeurigheid van de beeldanalyse te bepalen zijn er van één betonoppervlak vijf verschillende foto's geanalyseerd. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabel. Van elke reeks getallen werd de standaarddeviatie berekend. Als deze waarde nul is, is er geen afwijking tussen de getallen. De standaarddeviaties van de waarden in de tabel zijn zeer klein, wat wil zeggen dat de afwijking tussen verschillende foto's zeer beperkt is.

Tabel 9: Luchtbelgehalten van één oppervlak berekend uit vijf verschillende foto's

	0-2 mm	2-15 mm	Totaal
Foto 1	0,14 %	0,63 %	0,77 %
Foto 2	0,13 %	0,64 %	0,77 %
Foto 3	0,13 %	0,65 %	0,78 %
Foto 4	0,16 %	0,63 %	0,79 %
Foto 5	0,15 %	0,61 %	0,76 %
Stdev	0,013 %	0,015 %	0,011%

b Invloed van verschillende beeldanalyses op dezelfde foto

Voor een tweede test op de nauwkeurigheid van de beeldanalyse werd met eenzelfde foto vijf keer een beeldanalyse uitgevoerd. Het oppervlak dat aangeduid wordt om te analyseren is immers niet altijd exact hetzelfde. In onderstaande tabel worden de resultaten van de verschillende beeldanalyses weergegeven. Ook hier werd steeds de standaarddeviatie berekend. De standaarddeviaties zijn zeer klein, wat wil zeggen dat de afwijking die gemaakt wordt bij het selecteren van het te analyseren oppervlak onbeduidend is.

Tabel 10: Luchtbelgehalten van één foto uit vijf verschillende beeldanalyses

	0-2 mm	2-15 mm	Totaal
Beeldanalyse 1	0,15 %	0,64 %	0,79 %
Beeldanalyse 2	0,15 %	0,62 %	0,77 %
Beeldanalyse 3	0,15 %	0,65 %	0,80 %
Beeldanalyse 4	0,15 %	0,68 %	0,83 %
Beeldanalyse 5	0,15 %	0,68 %	0,83 %
Stdev	0,00 %	0,026 %	0,026 %

3.2.5 Bespreking resultaten

Het onderzoek in deze scriptie bestaat uit twee delen. Het eerste deel handelt over de proeven met de proefbekisting. In dit deel wordt aan de hand van de hierboven besproken methodologie nagegaan of een proefbekisting al dan niet representatief is voor een bekisting op reële schaal. Er wordt nagegaan of er een verschil is tussen de luchtbelgehalten van de oppervlakken bekomen met de proefbekisting en de oppervlakken van de referentie-elementen op de werf. Indien ze niet gelijk zijn wordt er ook nagegaan of er een ander verband afgeleid kan worden.

In het tweede deel worden de luchtbelgehalten van de proefstukken onderling vergeleken. Ze worden vergeleken op basis van het type ontkistingsolie, bekistingsmateriaal en de toestand van de bekistingspanelen.

3.3 Evaluatie proefbekistingsontwerp

3.3.1 Labotest met oorspronkelijk ontwerp

a Proefopstelling

In het oorspronkelijke ontwerp werd een standaard bekistingspaneel van 120 x 60 cm gebruikt inclusief het stalen frame. De bestaande bekistingsplaat in dit stalen frame deed dienst als basis ter bevestiging van de testoppervlakken. De stevigheid van de constructie werd gewaarborgd door het stalen frame. Op elk van de standaard betonplexplaten was plaats voorzien om twee testoppervlakken te bevestigen van 50 tot 60 cm hoog en 45 tot 55 cm breed, afhankelijk van de beschikbare platen. De testoppervlakken werden op het basispaneel bevestigd met behulp van bouten zodat deze eenvoudig vervangen konden worden door andere platen. Het stalen frame werd bevestigd op een houten platform, met een tussenafstand van 10 cm, om opdrijving te vermijden. De bekistingspanelen werden verbonden met elkaar door vier spanstaven en de zijkanten werden gesloten met behulp van betonplexplaten. Tijdens de eerste labotest werd gebruik gemaakt van twee platen van betonplex, één plaat van kunststof en één plaat van metaal.

b Evaluatie bekistingsontwerp

Omdat het onderzoek gebaseerd is op in situ testen is het van belang om over een lichte, verplaatsbare bekisting te beschikken. Uit de eerste test bleek dat de bekisting voldeed inzake stevigheid en waterdichtheid. Met inbegrip van het stalen frame woog elk bekistingspaneel ongeveer 35 kg en was deze te zwaar om eenvoudig te verplaatsen op een werf. Noodzakelijkerwijs werd de bekisting aangepast om de verplaatsbaarheid wel te garanderen.

3.3.2 Labotest met aangepast ontwerp

a Proefopstelling

Het stalen frame werd weggelaten maar met behoud van de bekistingsplaat van 120 bij 60 centimeter. Dit paneel van betonplex deed opnieuw dienst als bevestigingsplaat voor de testoppervlakken. Op Figuur 19 zijn dit de twee zwarte oppervlakken. Om de bekisting voldoende sterk te maken werden op beide kanten twee houten balken voorzien ter vervanging van het stalen frame. Doorheen deze houten balken werden de spanstaven gestoken. De houten balken met spanstaven zijn te zien op Figuur 20. Op elk van de basispanelen is opnieuw plaats voor twee testoppervlakken met afmetingen tussen 50 en 60 cm hoog en 45 tot 55 cm breed, de grootte van de panelen is wederom afhankelijk van het beschikbare materiaal. De plaatsing van de testpanelen op het bevestigingspaneel gebeurt opnieuw met bouten. De bekisting wordt op een houten platform geplaatst met een tussenafstand van 10 cm en verankerd met behulp van schroeven. Tijdens de eerste labotest met de aangepaste proefbekisting werd er opnieuw gebruik gemaakt van twee testoppervlakken van betonplex, één testoppervlak van kunststof en één testoppervlak van metaal.



Figuur 19: Visualisatie van de bekistingsplaten



Figuur 20: Proefopstelling

b Evaluatie bekistingsontwerp

De vervanging van het stalen frame door houten balken resulteerde in een betere verplaatsbaarheid van de bekisting. De houten balken garandeerden de stijfheid van de bekisting. De afdichting met behulp van een kitvoeg langs de buitenkant zorgde voor minimaal tot geen verlies van cementpap langs de naden.

3.4 In situ testen

In deze paragraaf worden per testlocatie de resultaten van de beeldanalyse weergegeven en geëvalueerd. Voordat de resultaten geëvalueerd worden zal er een toelichting worden gegeven van de proefopstelling en de gebruikte materialen. De ontkistingsoliën werden hiervoor opgedeeld in verschillende types. De onderverdeling van de types ontkistingsolie is dezelfde als in paragraaf 2.5.2 in de literatuurstudie:

- type 1 zuivere olie of mengsel zonder toevoeging;
- type 2 zuivere olie of mengsel met toevoeging van oppervlakte-actieve stof;
- type 3 water-in-olie emulsie;
- type 4 olie-in-water emulsie;
- type 5 wassoort;
- type 6 chemisch werkend ontkistingsmiddel.

Er werd tijdens de onderzoeken enkel gebruik gemaakt van de types 2, 4, 5 en 6. Types 1 en 4 werden niet gebruikt op de testwerven. Volgens Stijn Grevendonck van ESCE Schepens worden deze types weinig tot nooit gebruikt in de praktijk. De luchtbelgehaltenes worden steeds ingedeeld in drie groepen, namelijk 0-2 mm, 2-15 mm en 15-50 mm. Omdat luchtballen met een diameter groter dan 15 mm steeds hersteld zullen worden, nemen we deze niet mee in het totaal luchtbelgehalte.

3.4.1 In situ test te Bergen

a Proefopstelling

Op deze werf werd een landhoofd gestort dat gebruikt werd als referentie-element. De bekisting die voor dit element gebruikt werd was een betonplexpaneel van fabrikant Paschal en bestond uit vier delen. Omdat het landhoofd niet zichtbaar bleef na het afwerken van de brug konden de testen met verschillende soorten ontkistingsoliën uitgevoerd worden. De vier testoppervlakken van de proefbekisting werden vervangen door betonplexpanelen, ook van fabrikant Paschal, met ongeveer dezelfde ouderdom als de panelen gebruikt op de werf.

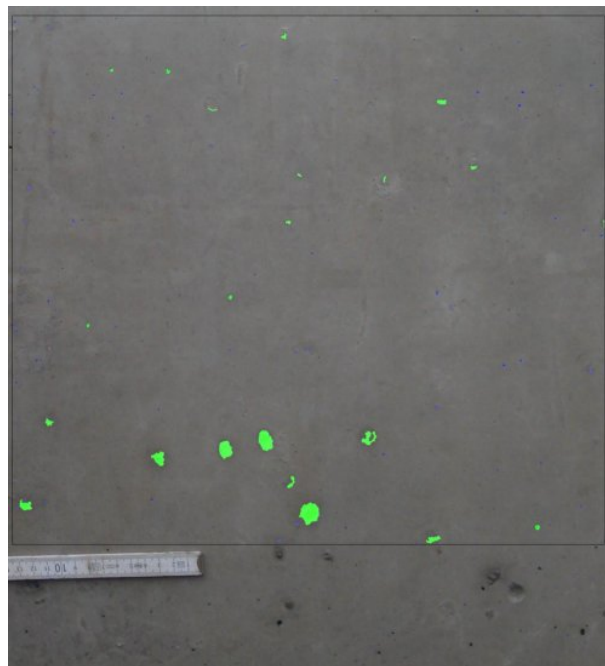
Vervolgens werden de testoppervlakken en referentieoppervlakken genummerd van één tot vier. Op elk oppervlak werd een andere ontkistingsolie aangebracht. In onderstaande tabel is terug te vinden welke olie op welk oppervlak gebruikt werd. De technische fiches van deze oliën zijn terug te vinden in Bijlagen C,D,E en F.

Tabel 11: Bergen - Gebruikte ontkistingsolie

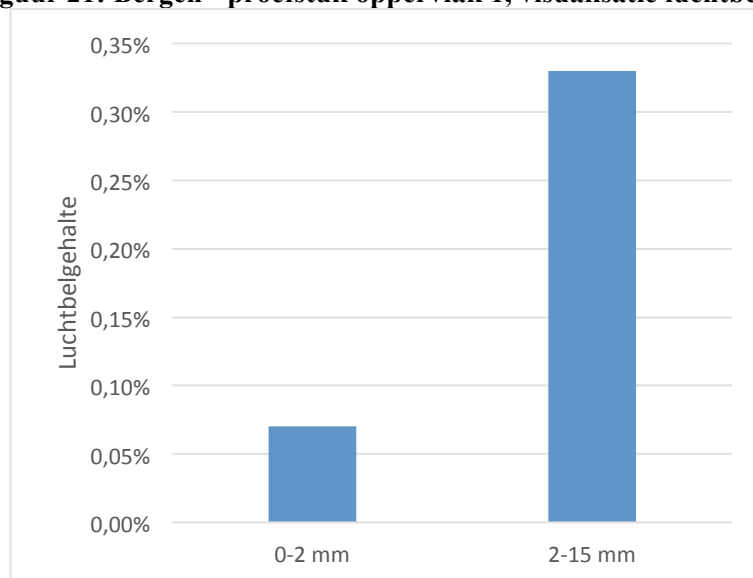
	Ontkistingsolie	Type olie
Oppervlak 1	Zetolan-S	Type 2
Oppervlak 2	Pieri Cire E-31	Type 2
Oppervlak 3	Sika Separol Végétal 50 D	Type 6
Oppervlak 4	Pieri Décobio S-32	Type 2

b Beeldanalyse betonoppervlakken en vergelijking resultaten

De resultaten van de beeldanalyse van oppervlak 1 van zowel het proefstuk als het referentie-element zullen hier weergegeven worden. De resultaten van de overige oppervlakken zijn terug te vinden in Bijlage G: Bergen - visualisatie luchtbellens en histogrammen luchtbelgehalte referentieoppervlakken 2 tem 4 Bijlage H: Bergen - visualisatie luchtbellens en histogram luchtbelgehalte proefstukoppervlakken 2 tem 4 Bergen. Eerst wordt het resultaat van oppervlak 1 van het proefstuk weergegeven, gevolgd door een samenvattende tabel van de resultaten van alle proefstukoppervlakken. Daarna zal het resultaat van de beeldanalyse van oppervlak 1 van het referentie-element getoond worden, opnieuw gevolgd door een samenvattende tabel van de resultaten van alle referentie-elementen.



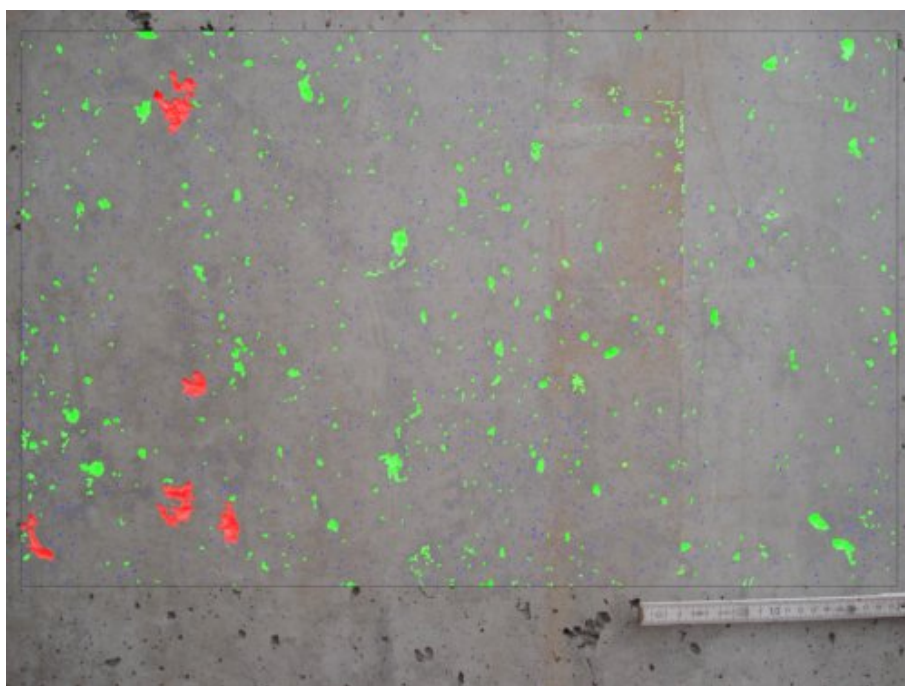
Figuur 21: Bergen - proefstuk oppervlak 1, visualisatie luchtbellens



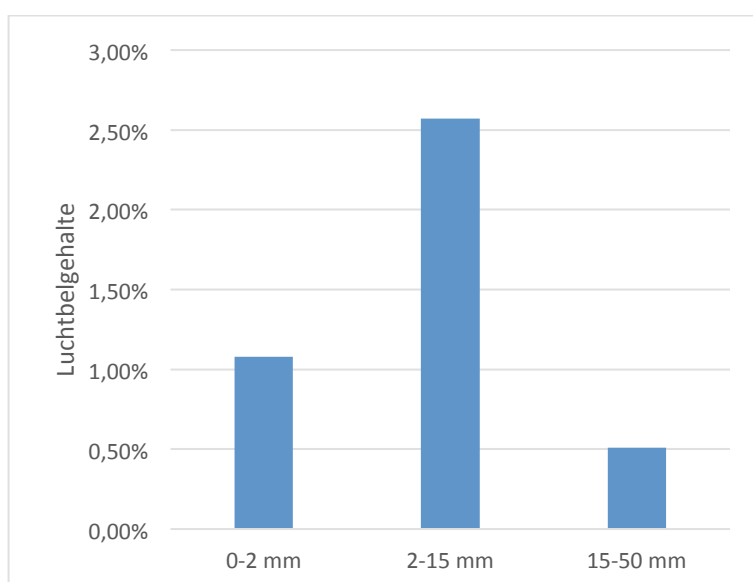
Figuur 22: Bergen - proefstuk oppervlak 1, histogram luchtbelgehalte

Tabel 12: Bergen - Samenvatting luchtbelgehaltes proefstuk

	Oppervlak 1	Oppervlak 2	Oppervlak 3	Oppervlak 4
Luchtbelgehalte 0-2 mm	0,07 %	0,11 %	0,09 %	0,14 %
Luchtbelgehalte 2-15 mm	0,33 %	1,43 %	0,83 %	1,03 %
Luchtbelgehalte 15-50 mm	///	0,6 %	///	0,12 %
Totaal	0,40 %	1,54 %	0,92 %	1,17 %



Figuur 23: Bergen - referentiewand oppervlak 1, visualisatie luchtbelen



Figuur 24: Bergen - referentiewand oppervlak 1, histogram luchtbelgehalte

Tabel 13: Bergen - Samenvatting luchtbelgehaltenes referentiewand

	Oppervlak 1	Oppervlak 2	Oppervlak 3	Oppervlak 4
Luchtbelgehalte 0-2 mm	1,08 %	0,07 %	0,04 %	0,13%
Luchtbelgehalte 2-15 mm	2,57 %	0,65 %	0,44 %	1,2%
Luchtbelgehalte 15-50 mm	0,51 %	0,03 %	///	0,12%
Totaal	3,65 %	0,72 %	0,48 %	1,33 %

Tabel 14: Bergen - Vergelijking totaal luchtbelgehalte proefstuk en referentiewand

	Totaal luchtbelgehalte			
	Oppervlak 1	Oppervlak 2	Oppervlak 3	Oppervlak 4
Proefstuk	0,40 %	1,45 %	0,92 %	1,17 %
Referentiewand	3,65 %	0,72 %	0,48 %	1,33 %

Op het eerste zicht is er geen verband tussen de luchtbelgehaltenes van de referentiewanden en de luchtbelgehaltenes van het proefstuk. Zo heeft oppervlak 1 van de referentiewand het hoogste luchtbelpercentage terwijl oppervlak 1 van het proefstuk het laagste luchtbelpercentage heeft. Daarom kijken we nu of er een verband is tussen de luchtbelgehaltenes in functie van de grootte van de luchtbellens. De luchtbelpercentages worden weergegeven in onderstaande tabel. Ook werd voor elk oppervlak de kwaliteitsklasse bepaald er van uitgaande dat de luchtbellens met een diameter groter dan 15 mm hersteld zijn.

Tabel 15: Bergen - Vergelijking luchtbelgehaltenes per afmeting proefstuk en referentiewand

		0-2 mm	2-15 mm	15-50 mm	Totaal	Kwaliteits-klasse
Oppervlak 1	Referentiewand	1,08 %	2,57 %	0,55 %	3,65 %	///
	Proefstuk	0,07 %	0,33 %	///	0,40 %	LBA 2
Oppervlak 2	Referentiewand	0,07 %	0,65 %	0,03 %	0,72 %	LBA 1
	Proefstuk	0,11 %	1,42 %	0,61 %	1,53 %	LBA 1
Oppervlak 3	Referentiewand	0,04 %	0,44 %	///	0,48 %	LBA 2
	Proefstuk	0,09 %	0,83 %	///	0,92 %	LBA 1
Oppervlak 4	Referentiewand	0,13 %	1,20 %	0,10 %	1,33 %	LBA 1
	Proefstuk	0,14 %	1,03 %	0,10 %	1,17 %	LBA 1

Uit deze vergelijking blijkt dat bij oppervlak 2 en 4 zowel het oppervlak van de referentiewand als dat van het proefstuk tot dezelfde kwaliteitsklasse behoren. Ondanks het feit dat beide oppervlakken in dezelfde kwaliteitsklasse vallen, is het luchtbelgehalte van het proefstuk van oppervlak 2 toch bijna het dubbel van het luchtbelgehalte in de referentiewand van oppervlak 2.

De luchtbelgehaltenes voor oppervlak 4 komen goed overeen, maar omdat hier éénzelfde type ontkistingsolie gebruikt werd als voor oppervlak 1 en 2 kunnen we besluiten dat het proefstuk niet representatief is voor de referentiewand.

Hieronder volgen enkele mogelijke redenen waarom de luchtbelgehaltenes van het proefstuk niet overeenkomen met die van de referentiewand:

- trillen van het beton: het proefstuk werd getrild door verschillende personen. Hierdoor is het mogelijk dat dit op een andere manier gebeurde. Het betonoppervlak van de referentie wand moest na ontkisten immers niet zichtbaar blijven waardoor er minder gronding getrild werd ;
- het aanbrengen van de ontkistingsolie: de ontkistingsolie op de referentiewand werd aangebracht met een verstuiver terwijl de olie op het proefstuk manueel aangebracht werd met een doek;
- de breedte van de wand: het proefstuk was 10 cm breed terwijl de referentiewand veel breder was. Omdat de effecten van het trillen invloed hebben binnen een bepaalde straal heeft deze meer invloed op de wand van het proefstuk dan op deze van de referentiewand indien er enkel in het midden getrild wordt.

3.4.2 In situ test te Brasschaat: AZ Klina

a Proefopstelling

Voor de vier testoppervlakken van de proefbekisting werd gebruik gemaakt van betonplexpanelen van dezelfde fabrikant als degene gebruikt op de werf, namelijk Construx. De panelen die ons werden aangeboden hadden een verschillende ouderdom. Voor oppervlak 1 en 4 werden oudere panelen gebruikt. Oppervlak 3 werd voorzien van een reeds gebruikt paneel dat in een goede, niet-herstelde toestand verkeerde. Dit oppervlak diende als referentieoppervlak omdat het paneel op de werf hiermee de meeste gelijkenissen vertoonde op vlak van ouderdom. Voor oppervlak 2 werd een nieuw paneel gebruikt.

Op elk oppervlak werd een andere ontkistingsolie aangebracht. Ditmaal werd de olie op alle oppervlakken aangebracht met een verstuiver waarna de overtollige olie verwijderd werd met een aftrekker. Op oppervlak 3 werd dezelfde ontkistingsolie aangebracht als degene gebruikt op de werf. Enkel dit oppervlak werd gebruikt voor de vergelijking met de referentiewand. In onderstaande tabel is terug te vinden welke olie op welk paneel gebruikt werd. De technische fiches van deze oliën zijn terug te vinden in Bijlagen D, E, I en J.

Tabel 16: Brasschaat - Gebruikte ontkistingsolie

	Ontkistingsolie	Type olie
Oppervlak 1	Pieri Cire E31	Type 2
Oppervlak 2	ESCE EM 0711	Type 4
Oppervlak 3	Demula Vormolie 2	Type 2
Oppervlak 4	Sika Separol Végétal 50D	Type 6

b Beeldanalyse betonoppervlak en vergelijking resultaten

Omdat de referentiewand een aanzienlijke grootte had, zijn er twee verschillende plaatsen foto's genomen. Op beide foto's werd een beeldanalyse toegepast, hiermee werd het luchtbelgehalte op een objectieve manier bepaald. Hieronder volgt een samenvattende tabel van de resultaten

van de beeldanalyses op de oppervlakken van het proefstuk en de referentiewanden. De figuren van de visualisatie van de luchtbellens en de histogrammen kunnen terug gevonden worden in Bijlagen K en L.

Tabel 17: Brasschaat - Vergelijking luchtbelgehaltenes proefstuk en referentiewand

	0-2 mm	2-15 mm	15-50 mm	Totaal	Kwaliteits-klasse
Referentiewand 1	0,02 %	0,09 %	///	0,11 %	LBA 3
Referentiewand 2	0,06 %	0,06 %	///	0,12 %	LBA 3
Gemiddelde waarde referentiewand	0,04 %	0,08 %	///	0,12 %	LBA 3
Proefstuk	0,10 %	0,39 %	///	0,49 %	LBA 2

Het luchtbelgehalte in de referentiewanden is aanzienlijk lager dan het percentage van het proefstuk. De referentiewanden voldoen beide aan de zeer hoge eisen voor het luchtbelgehalte van betonoppervlakken in het Belgische normontwerp. Het oppervlak van het proefstuk voldoet slechts aan de hoge eisen. Er kan dus opnieuw gesteld worden dat de testmuur niet representatief is voor de referentiewand. Wel kan er gezegd worden dat de hoge waarde aan luchtbellens met een diameter van 2-15 mm voor een deel te wijten is aan oneffenheden in het bekistingspaneel van het proefstuk. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het oppervlak van de bekisting een rol speelt in de luchtbelvorming.

3.4.3 In situ test te Tervuren

a Proefopstelling

Het proefstuk werd voor deze test voorzien van vier betonplexpanelen van dezelfde fabrikant als degene gebruikt op de werf, namelijk Cometal. De panelen hadden ongeveer de zelfde ouderdom als de panelen gebruikt op de werf.

Op elk oppervlak werd een andere ontkistingsolie aangebracht. Op oppervlak 2 werd dezelfde ontkistingsolie aangebracht als degene gebruikt op de werf. In onderstaande tabel is terug te vinden welke olie op welk paneel gebruikt werd. De technische fiches van deze oliën zijn terug te vinden in Bijlagen D, E, I en J.

Tabel 18: Tervuren - Gebruikte ontkistingsolie

	Ontkistingsolie	Type olie
Oppervlak 1	Pieri Cire E31	Type 2
Oppervlak 2	Demula Vormolie 2	Type 2
Oppervlak 3	ESCE EM 0711	Type 4
Oppervlak 4	Sika Separol Végétal 50D	Type 6

b Beeldanalyse betonoppervlak en vergelijking resultaten

Tijdens het uitvoeren van de test werd er op de werf één kolom en een lange wand gestort. Omdat het beton en de bekisting van hetzelfde type waren als deze van het proefstuk, zijn zowel de wand als de kolom gebruikt als referentiestuk. Omdat de wand zeer lang was en bestond uit drie grote bekistingspanelen zijn er drie foto's gemaakt van deze wand. De resultaten van de

beeldanalyse zijn terug te vinden in de samenvattende Tabel 19. De visualisatie van de luchtbellens en histogrammen met de luchtbelgehaltenes zijn terug te vinden in Bijlagen P en Q.

Tabel 19: Tervuren - Vergelijken luchtbelgehaltenes proefstuk en referentiewand

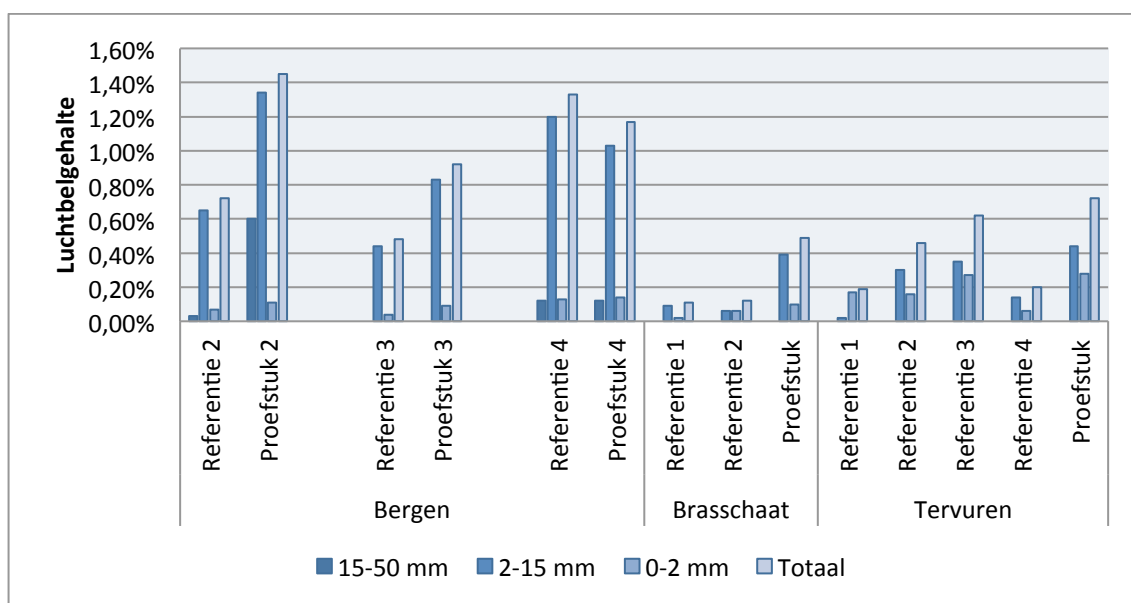
	0-2 mm	2-15 mm	15-50 mm	Totaal	Kwaliteits-klasse
Referentiekolom 1	0,17 %	0,02 %	///	0,19 %	LBA 3
Referentiewand 1	0,16 %	0,30 %	///	0,46 %	LBA 3
Referentiewand 2	0,27 %	0,35 %	///	0,62 %	LBA 2
Referentiewand 3	0,06 %	0,14 %	///	0,20 %	LBA 3
Gemiddelde waarde referentie-elementen	0,17 %	0,20 %	///	0,37 %	LBA 3
Proefstuk	0,28 %	0,44 %	///	0,72 %	LBA 2

De luchtbelgehaltenes in de referentiestukken zijn kleiner dan het luchtbelgehalte in het proefstuk. We kunnen ook besluiten dat slechts één referentiewand dezelfde kwaliteitsklasse heeft als het proefstuk.

Uit deze tabel kunnen we besluiten dat het resultaat van een hele wand niet op voorhand te bepalen is met een klein testoppervlak omdat de luchtbelgehaltenes in de verschillende delen van de wand onderling ook al verschillen vertonen.

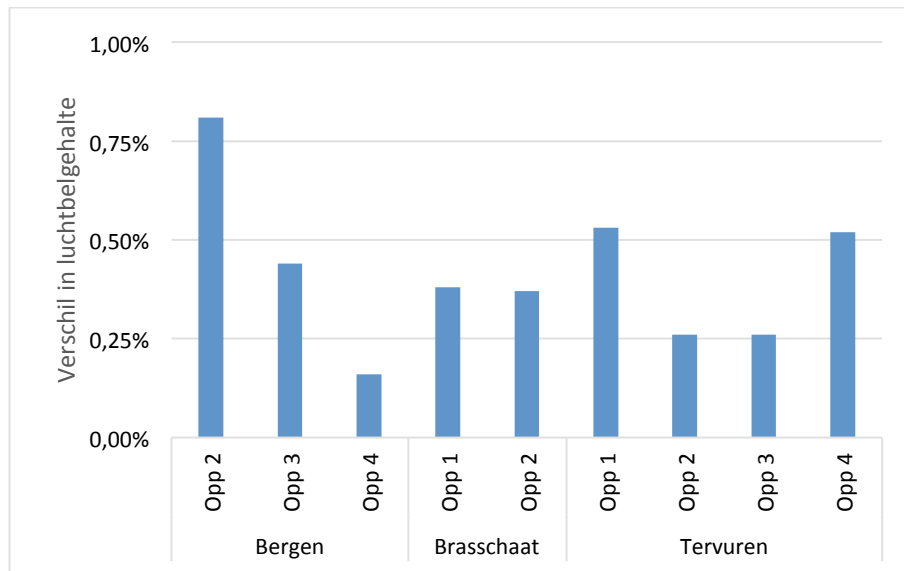
3.4.4 Algemene vergelijking resultaten

De luchtbelgehaltenes in de proefstukken en de bijhorende referentiewanden zijn niet gelijk aan elkaar. Dit wordt nogmaals aangetoond in de grafiek in Figuur 25. Ook hier werden de luchtbellens met een diameter 15-50 mm niet meegerekend in het totaal luchtbelgehalte. In deze paragraaf wordt onderzocht of er een absoluut of relatief verband gevonden kan worden tussen de luchtbelgehaltenes in de proefstukken en die in de referentiewanden. De resultaten van oppervlak 1 uit Bergen worden steeds weggelaten omdat deze te afwijkend zijn.



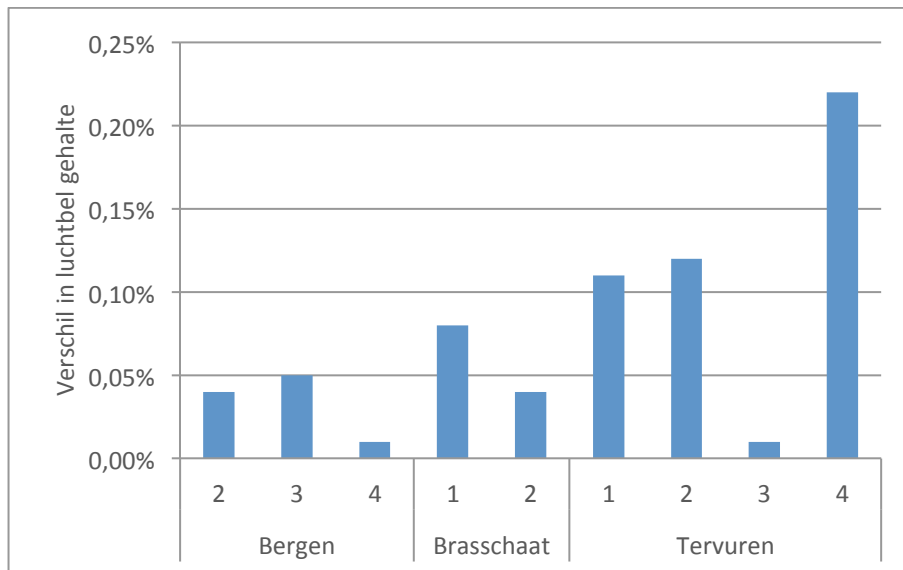
Figuur 25: Grafiek vergelijking van referentieoppervlakken en proefstukken

Om na te gaan of er een absoluut verband gevonden kan worden tussen de luchtbelgehalten, wordt het verschil tussen de luchtbelgehalten in de referentiewanden en de bijhorende proefstukken berekend. Op de grafiek in Figuur 26 wordt het verschil gegeven tussen de totale luchtbelgehalten in de referentieoppervlakken en de bijhorende proefstukken. Het valt direct op dat de absolute verschillen in de totale luchtbelgehalten zeer uiteenlopend zijn, waardoor er geen direct absoluut verband gevonden wordt.

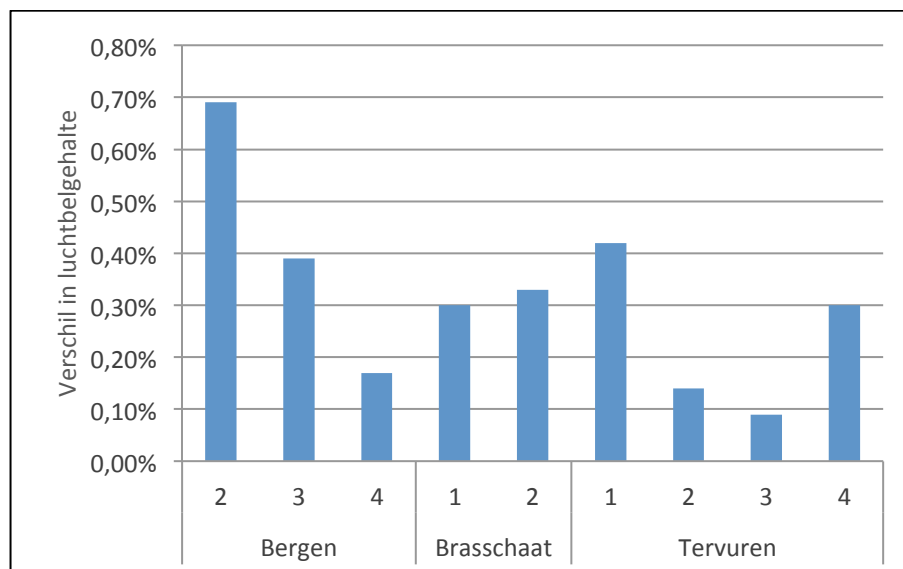


Figuur 26: Grafiek absoluut verschil in totaal luchtbelgehalte per oppervlak

Omdat er geen direct verband wordt gevonden tussen de verschillen in de totale luchtbelgehalten, werden er ook grafieken gemaakt van het verschil tussen de luchtbelgehalten ingedeeld in groepen van 0-2 mm en 2-15 mm diameter. Er werd geen grafiek gemaakt van de luchtbelllen met een diameter van 15-50 mm omdat in de meeste oppervlakken geen luchtbelllen met deze afmeting aanwezig zijn. In Figuur 27 is de grafiek gegeven die het absolute verschil weergeeft tussen de luchtbelgehalten van de luchtbelllen met een diameter van 0-2 mm en in de grafiek in Figuur 28 het verschil van de luchtbelllen met een diameter van 2-15 mm. Ook in deze grafieken kunnen we opnieuw zien dat de verschillen in luchtbelgehalten tussen de verschillende oppervlakken zeer uiteenlopend zijn en er geen direct verband gevonden kan worden.

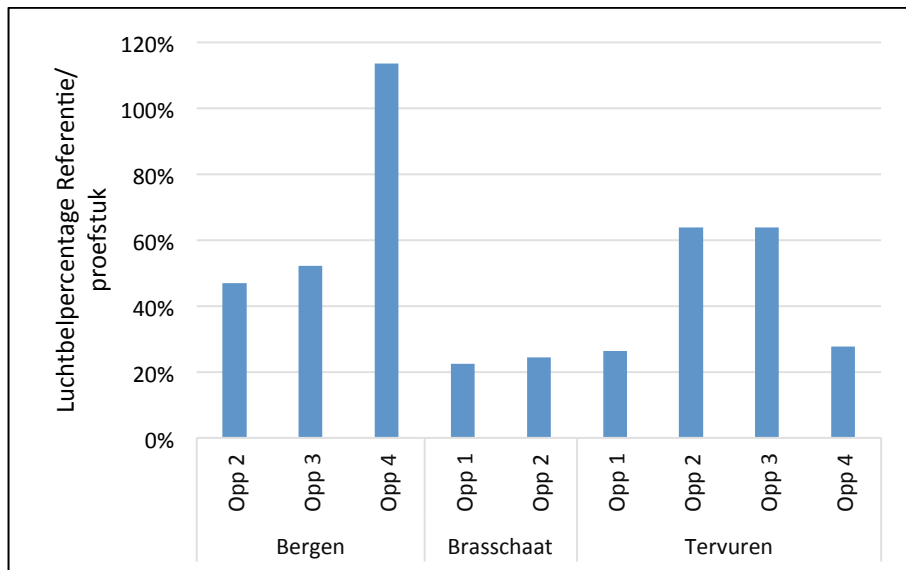


Figuur 27: Grafiek absoluut verschil in gehalte van luchtbelletjes met diameter 0-2 mm



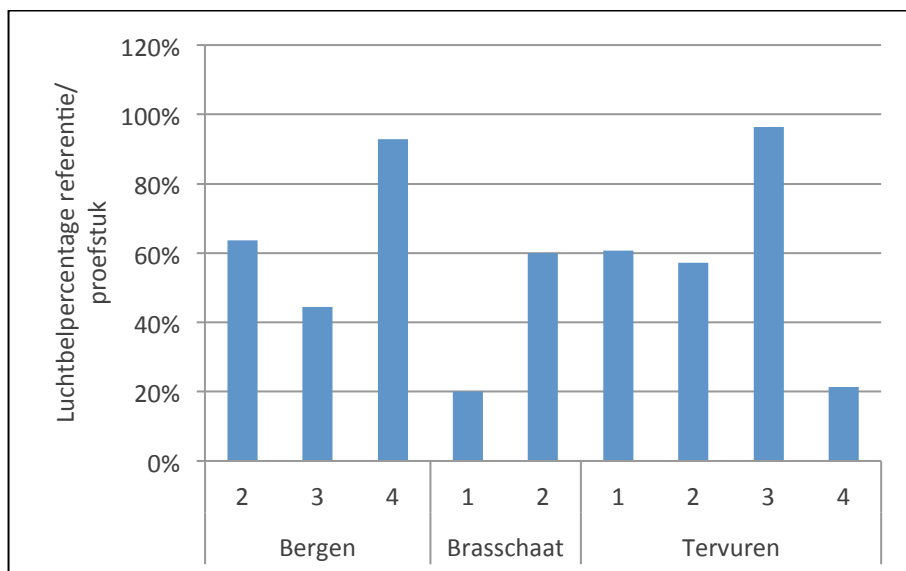
Figuur 28: Grafiek absoluut verschil in gehalte van luchtbelletjes met diameter 2-15 mm

Als tweede worden ook de verhoudingen tussen de luchtbelgehaltes in de referentiewanden en de bijhorende proefstukken berekend. In de grafiek op Figuur 29 staan de verhoudingen van de totale luchtbelgehaltes in de referentiewanden ten opzichte van de totale luchtbelgehaltes in de bijhorende proefstukken weergegeven. Ook hier kunnen we zien dat de verhoudingen zeer uiteenlopend zijn.

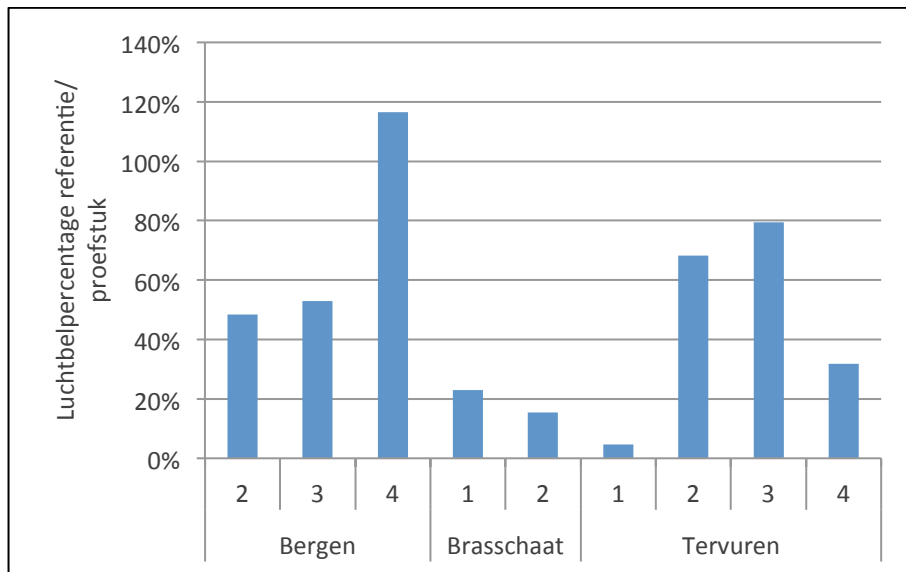


Figuur 29: Grafiek verhouding totale luchtbelgehalten van de referentieoppervlakken ten opzichte van de proefstukken

Omdat de verhoudingen van de totale luchtbelgehalten in de referentieoppervlakken ten opzichte van de proefstukken zeer uitlopend zijn, werden ook de verhoudingen van de gehalten van luchtbelletjes met een verschillende afmeting berekend. In Figuur 30 is de grafiek weergegeven van de verhoudingen van de luchtbelgehalten van luchtbelletjes met een diameter van 0-2 mm en in Figuur 31 deze van de luchtbelletjes met een diameter van 2-15 mm. Bij de luchtbelgehalten van luchtbelletjes met een diameter van 0-2 mm hebben 4 van de 9 oppervlakken een verhouding van rond de 60 %. Omdat de overige oppervlakken zeer afwijkende resultaten hebben, wijten we dit aan toeval. De verhouding van de luchtbelgehalten van luchtbelletjes met een diameter van 2-15 mm zijn opnieuw zeer uiteenlopend.



Figuur 30: Grafiek verhouding in gehalten luchtbelletjes met diameter 0-2 mm referentieoppervlak ten opzichte van proefstuk



Figuur 31: Grafiek verhouding in gehalten luchtbellen met diameter van 2-15 mm referentieoppervlak ten opzichte van proefstuk

3.4.5 Conclusie

Slechts twee van de tien referentiewanden vertonen een luchtbelgehalte dat overeenkomt met dat van het proefstuk. Op beide wanden werd gebruik gemaakt van een ontkistingsolie type 2. Omdat dit type ontkistingsolie gebruikt werd bij acht vergelijkingen kunnen we besluiten dat deze overeenkomst te wijten is aan toeval.

Daarnaast blijkt dat bij grote referentieoppervlakken, waarbij de bekisting is opgebouwd uit verschillende bekistingspanalen, uiteenlopende resultaten bekomen werden voor het luchtbelgehalte van delen van eenzelfde wand.

Een derde opvallend resultaat is dat slechts één van de tien referentiewanden een luchtbelgehalte vertoont dat groter is dan het luchtbelgehalte van het proefstuk.

Wanneer er een vergelijking werd gemaakt van het absolute verschil en de verhouding tussen luchtbelgehalten van de oppervlakken kon er opnieuw geen verband gevonden worden.

Deze conclusies in acht genomen kunnen we besluiten dat deze proefbekisting niet geschikt is om het luchtbelgehalte in reële betonelementen op voorhand te bepalen.

3.4.6 Voorstellen voor verder onderzoek

De kwaliteit van een betonoppervlak is afhankelijk van een aantal parameters. De proefbekisting, die gebruikt werd voor dit onderzoek, werd opgebouwd zodat enkele van deze parameters overeen kwamen met de reële bekistingen die gebruikt werden op de proefwerven. De parameters die constant werden gehouden in deze studie waren:

- de betonsamenstelling,
- het bekistingsmateriaal,
- de fabrikant van het bekistingsmateriaal,
- de ontkistingsolie,
- de manier waarop de ontkistingsolie wordt aangebracht.

Ook werd er voor gezorgd dat de ouderdom van de gebruikte bekistingspanelen ongeveer overeenkwam. De resultaten omtrent de kwaliteit van de betonoppervlakken kwamen echter niet overeen. Dit zou kunnen liggen aan een verschillende absorptiecapaciteit van de bekistingspanelen. De absorptiecapaciteit heeft een niet onbelangrijke invloed op de hoeveelheid luchtbelletjes in een betonoppervlak en daalt naarmate de bekistingspanelen vaker gebruikt worden.

In een volgend onderzoek zou er tijdens het uitvoeren van de proeven gebruik gemaakt kunnen worden van panelen met exact dezelfde absorptiecapaciteit. De meest eenvoudige manier wordt bekomen door gebruik te maken van nieuwe panelen. Indien het niet mogelijk is om met nieuwe bekistingen te werken kan de absorptiecapaciteit van de panelen gemeten worden met een Karstenpijp. Wanneer de absorptiecapaciteit gekend is, kan men gebruikte panelen met exact dezelfde absorptiecapaciteit nemen of het verschil in absorptiecapaciteit in rekening nemen.

3.5 Onderlinge vergelijking gebruikte materialen

Als tweede test wordt een vergelijking gemaakt tussen de oppervlakken van de proefstukken onderling. Hierdoor wordt de invloed van het trillen beperkt. Er wordt een vergelijking gemaakt op basis van type bekistingsolie, bekistingsmateriaal en toestand van de bekistingspanelen.

De vergelijking werd gedaan aan de hand van de gemiddelde waarden van elke reeks luchtbelgehalten. Om te bepalen of er uitschieters tussen de luchtbelgehalten zaten werd ook steeds het interval berekend waarin de waarden zich moesten bevinden. Dit interval werd berekend door bij het gemiddelde drie maal de standaarddeviatie op te tellen of af te trekken. De standaarddeviatie is ook gegeven voor elke reeks luchtbelgehalten.

3.5.1 Gebruikte materialen per proefstuk

Er werd gebruikt gemaakt van verschillende soorten bekistingsmaterialen waaronder kunststof, staal en betonplex. De betonplexpanelen werden geleverd door verschillende fabrikanten.

De verschillende types ontkistingsolie die geleverd werden door verschillende fabrikanten werden onderverdeeld zoals in paragraaf 2.5.2 in de literatuurstudie:

- type 1: zuivere oliën of mengsels van oliesoorten zonder toevoeging,
- type 2: zuivere olie of mengsel met toevoeging van oppervlakte-actieve stof,
- type 3: water-in-olie emulsie,
- type 4: olie-in-water emulsie,
- type 5: wassoorten,
- type 6: chemisch werkend ontkistingsmiddel.

De testen werden uitgevoerd met nieuwe, gebruikte of herstelde bekistingen. Een gebruikt paneel vertoont lichte kenmerken van gebruiksschade. Bij een hersteld paneel zijn zware kenmerken van gebruiksschade opgevuld zodat het paneel weer vlak is.

In onderstaande tabel zijn de verschillende materiaalcombinaties terug te vinden ingedeeld per testlocatie. Voor de tweede labotest in het technologiecentrum werd op het kunststofpaneel gebruik gemaakt van de door Becona voorgeschreven ontkistingsolie nl. BEKU-Oil. De technische fiche van deze ontkistingsolie is terug te vinden in Bijlage R: Technische fiche BEKU-OIL.

Tabel 20: Materiaalcombinaties per testlocatie

Locatie	Type bekisting	Toestand bekisting	Type olie
Technologiecentrum	Staal	Nieuw	Type 5
	Kunststof	Nieuw	Type 5
	Betonplex	Nieuw	Type 5
	Betonplex	Nieuw	Type 5
Labo Limelette	Staal	Nieuw	Type 2
	Kunststof	Nieuw	Type 2
	Betonplex	Nieuw	Type 2
	Betonplex	Nieuw	Type 2
Werf te Bergen	Betonplex	Hersteld	Type 2
	Betonplex	Hersteld	Type 2
	Betonplex	Hersteld	Type 6
	Betonplex	Hersteld	Type 2
Werf te Brasschaat	Betonplex	Hersteld	Type 2
	Betonplex	Nieuw	Type 4
	Betonplex	Gebruikt	Type 2
	Betonplex	Hersteld	Type 6
Werf te Tervuren	Betonplex	Gebruikt	Type 2
	Betonplex	Gebruikt	Type 2
	Betonplex	Gebruikt	Type 4
	Betonplex	Gebruikt	Type 6
Technologiecentrum	Staal	Nieuw	Type 6
	Kunststof	Nieuw	Type 6
	Betonplex	Cometal	Type 6
	Betonplex	Nieuw	Type 4

3.5.2 Vergelijking op basis van bekistingsmateriaal

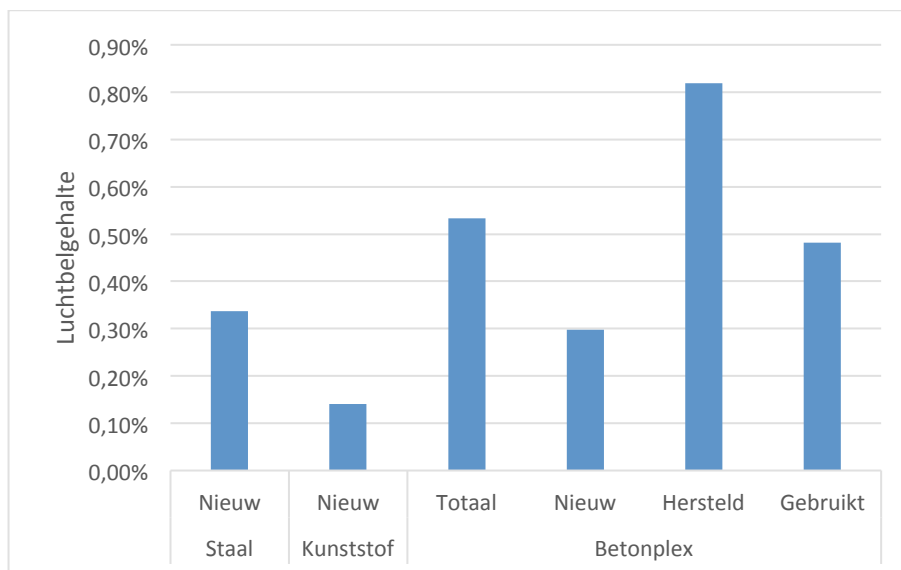
In deze paragraaf worden de luchtbelgehalten vergeleken op basis van het bekistingsmateriaal. Het overzicht aan testen met betonplex is te wijten aan het feit dat de testen uitgevoerd moesten worden met dezelfde bekistingspanelen die gebruikt werden op die werf.

Tabel 21: Indeling op basis van bekistingsmateriaal

Type bekisting	Toestand bekistingsoppervlak	Type olie	Luchtbelgehalte			
			0-2 mm	2-15 mm	15-50 mm	Totaal
Staal	Nieuw	Type 5	0,17 %	0,12 %	//	0,29 %
	Nieuw	Type 2	0,06 %	0,32 %	//	0,38 %
	Nieuw	Type 6	0,17 %	0,17 %	//	0,34 %
	Gem = 0,34 % Stdev = 0,05 % Interval = [0,20 % ; 0,47 %]					
Kunststof	Nieuw	Type 5	0,15 %	0,07 %	//	0,22 %
	Nieuw	Type 2	0,05 %	0,07 %	//	0,12 %
	Nieuw	Type 6	0,06 %	0,02 %	//	0,08 %
	Gem = 0,14 % Stdev = 0,07 % Interval = [-0,08 % ; 0,36 %]					
Betonplex	Nieuw	Type 5	0,20 %	0,05 %	//	0,25 %
	Nieuw	Type 5	0,17 %	0,11 %	//	0,28 %
	Nieuw	Type 2	0,16 %	0,74 %	//	0,90 %
	Nieuw	Type 2	0,03 %	0,11 %	//	0,14 %
	Nieuw	Type 4	0,06 %	0,04 %	//	0,10 %
	Nieuw	Type 4	0,08 %	0,04 %	//	0,12 %
	Gem = 0,30 % Stdev = 0,30 % Interval = [-0,61 % ; 1,21 %]					
	Hersteld	Type 2	0,07 %	0,33 %	//	0,40 %
	Hersteld	Type 2	0,11 %	1,43 %	0,60 %	1,53 %
	Hersteld	Type 6	0,09 %	0,83 %	//	0,92 %
	Hersteld	Type 2	0,14 %	1,03 %	0,12 %	1,29 %
	Hersteld	Type 2	0,05 %	0,41 %	//	0,46 %
	Hersteld	Type 6	0,14 %	0,28 %	//	0,42 %
	Gem = 0,82 % Stdev = 0,47 % Interval = [-0,60 % ; 2,24 %]					
	Gebruikt	Type 2	0,09%	0,41 %	//	0,50%
	Gebruikt	Type 2	0,14 %	0,30 %	//	0,44 %
	Gebruikt	Type 2	0,28 %	0,44 %	//	0,72 %
	Gebruikt	Type 4	0,10 %	0,06 %	//	0,16 %
	Gebruikt	Type 6	0,20 %	0,14 %	//	0,34 %
	Gebruikt	Type 6	0,48 %	0,25 %	//	0,73 %
Gem = 0,48 % Stdev = 0,22 % Interval = [-0,18 % ; 1,14 %]						

Uit deze resultaten blijkt dat kunststof bekistingspanelen het beste resultaat bieden op vlak van luchtbellden in het oppervlak, gevolgd door staal als tweede en betonplex op de derde plaats. We moeten hierbij wel vermelden dat de gebruikte bekistingspanelen uit staal en kunststof steeds nieuw waren. Indien we enkel de resultaten van de nieuwe panelen vergelijken kunnen we zien dat de resultaten behaald met betonplex beter zijn dan die bekomen met een stalen bekisting. Dit wordt visueel weergegeven in de grafiek in Figuur 32. in de grafiek worden gemiddelde

luchtbelgehaltenes met elkaar vergeleken. Bij betonplex zijn de gemiddeldes apart berekend op basis van toestand van de bekisting.



Figuur 32: Grafiek vergelijking totaal luchtbelgehalte op basis van bekistingsmateriaal

3.5.3 Vergelijking op basis van ontkistingsolie

Met deze vergelijking willen we nagaan of er eventueel een verband is tussen het gebruikte type olie en het luchtbelpercentage in het beton.

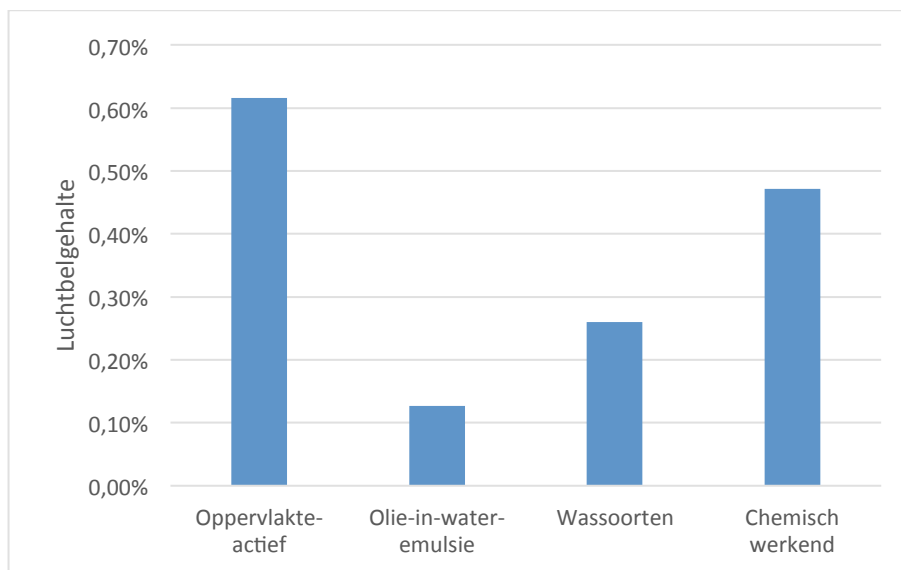
Tabel 22: Indeling op basis van type ontkistingsolie

Type ontkistingsolie	Bekistingsmateriaal	Toestand bekistingsoppervlak	Luchtbelgehalte			
			0-2 mm	2-15 mm	15-50 mm	Totaal
Type 2: oppervlakte actief	Staal	Nieuw	0,06 %	0,32 %	//	0,38 %
	Kunststof	Nieuw	0,05 %	0,07 %	//	0,12 %
	Betonplex	Nieuw	0,16 %	0,74 %	//	0,90 %
	Betonplex	Nieuw	0,03 %	0,11 %	//	0,14 %
	Betonplex	Hersteld	0,07 %	0,33 %	//	0,40 %
	Betonplex	Hersteld	0,11 %	1,43 %	0,60 %	1,54 %
	Betonplex	Hersteld	0,14 %	1,03 %	0,12 %	1,17 %
	Betonplex	Hersteld	0,05 %	0,41 %	//	0,46 %
	Betonplex	Gebruikt	0,09%	0,41 %	//	0,50%
	Betonplex	Gebruikt	0,14 %	0,30 %	//	0,44 %
	Betonplex	Gebruikt	0,28 %	0,44 %	//	0,72 %
Gem = 0,62 % Stdev= 0,44 % Interval = [-0,69 % ; 1,92 %]						
Type 4: olie-in-water	betonplex	Nieuw	0,06 %	0,04 %	//	0,10 %
	betonplex	Nieuw	0,08 %	0,04 %	//	0,12 %
	betonplex	Gebruikt	0,10 %	0,06 %	//	0,16 %
	Gem = 0,13 % Stdev= 0,03 % Interval = [0,04 % ; 0,22 %]					
Type 5: wassoorten	Staal	Nieuw	0,17 %	0,12 %	//	0,29 %
	Kunststof	Nieuw	0,15 %	0,07 %	//	0,22 %
	Betonplex	Nieuw	0,20 %	0,05 %	//	0,25 %
	Betonplex	Nieuw	0,17 %	0,11 %	///	0,28 %
	Gem = 0,26 % Stdev= 0,19 % Interval = [-0,29 % ; 0,86 %]					
Type 6: chemisch	Staal	Nieuw	0,17 %	0,17 %	//	0,34 %
	Kunststof	Nieuw	0,06 %	0,02 %	//	0,08 %
	Betonplex	Hersteld	0,09 %	0,83 %	//	0,92 %
	Betonplex	Hersteld	0,14 %	0,28 %	//	0,42 %
	Betonplex	Gebruikt	0,20 %	0,14 %	//	0,34 %
	Betonplex	Gebruikt	0,48 %	0,25 %	//	0,73 %
	Gem = 0,47 % Stdev= 0,31 % Interval = [-0,54 % ; 1,39 %]					

Uit deze tabel kan er besloten worden dat het beste resultaat met betrekking tot luchtballen verkregen wordt met ontkistingsolie type 4: olie-in-wateremulsie. Dit type ontkistingsolie wordt doorgaans uitsluitend gebruikt in de prefabindustrie omdat dit product zeer gevoelig is aan weersomstandigheden. Vaak wordt op de werf de ontkistingsolie al ruime tijd op voorhand aangebracht waardoor dit type olie enkel op de werf toegepast kan worden indien de omstandigheden optimaal zijn.

Een tweede opmerkelijk besluit is ontkistingsolie type 5: wassoorten goede resultaten levert in tegenstelling tot de in de literatuurstudie besproken wassoort. De wassoort die gebruikt werd tijdens de testen was op basis van water, dit blijkt wel een positief resultaat op te leveren.

In onderstaande grafiek wordt het gemiddelde luchtbelgehalte per type ontkistingsolie weergegeven.



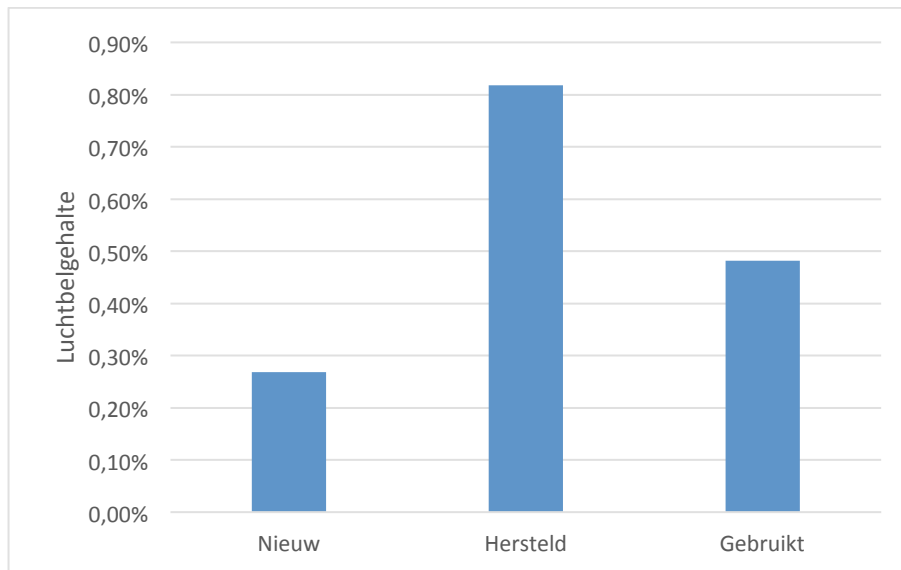
Figuur 33: Grafiek vergelijking gemiddeld totaal luchtbelgehalte op basis van type ontkistingsolie

3.5.4 Vergelijken op basis van toestand bekistingspaneel

Tabel 23: Indeling op basis van toestand bekistingspaneel

Toestand bekistingsoppervlak	Bekistingsmateriaal	Type ontkistingsolie	Luchtbelgehalte			
			0-2 mm	2-15 mm	15-50 mm	Totaal
Nieuw	Staal	Type 2	0,06 %	0,32 %	//	0,38 %
	Staal	Type 5	0,17 %	0,12 %	//	0,29 %
	Staal	Type 6	0,17 %	0,17 %	//	0,34 %
	Kunststof	Type 2	0,05 %	0,07 %	//	0,12 %
	Kunststof	Type 5	0,15 %	0,07 %	//	0,22 %
	Kunststof	Type 6	0,06 %	0,02 %	//	0,08 %
	Betonplex	Type 2	0,16 %	0,74 %	//	0,90 %
	Betonplex	Type 2	0,03 %	0,11 %	//	0,14 %
	Betonplex	Type 4	0,06 %	0,04 %	//	0,10 %
	Betonplex	Type 5	0,20 %	0,05 %	//	0,25 %
	Betonplex	Type 5	0,17 %	0,11 %	//	0,28 %
	Betonplex	Type 4	0,08 %	0,04 %	//	0,12 %
Gem = 0,27 % Stdev= 0,22 % Interval = [-0,40 % ; 0,94 %]						
Hersteld	Betonplex	Type 2	0,07 %	0,33 %	//	0,40 %
	Betonplex	Type 2	0,11 %	1,43 %	0,60 %	1,54 %
	Betonplex	Type 2	0,14 %	1,03 %	0,12 %	1,17 %
	Betonplex	Type 2	0,05 %	0,41 %	//	0,46 %
	Betonplex	Type 6	0,09 %	0,83 %	//	0,92 %
	Betonplex	Type 6	0,14 %	0,28 %	//	0,42 %
Gem = 0,82 % Stdev= 0,47 % Interval = [-0,60 % ; 2,24 %]						
Gebruikt	Betonplex	Type 2	0,09%	0,41 %	//	0,50%
	Betonplex	Type 2	0,14 %	0,30 %	//	0,44 %
	Betonplex	Type 2	0,28 %	0,44 %	//	0,72 %
	Betonplex	Type 4	0,10 %	0,06 %	//	0,16 %
	Betonplex	Type 6	0,20 %	0,14 %	//	0,34 %
	Betonplex	Type 6	0,48 %	0,25 %	//	0,73 %
Gem = 0,48 % Stdev= 0,22 % Interval = [-0,18 % ; 1,14 %]						

Zoals verwacht, wordt het beste resultaat bekomen met nieuwe bekistingspanelen. De reeds gebruikte panelen vertonen slechts lichte schade aan het oppervlak. Dit in combinatie met ontkistingsolie kan toch een behoorlijk resultaat opleveren. De herstellende panelen scoren het slechtst. Dit kan te wijten zijn aan het gebruik van herstellmiddelen die het oppervlak egaliseren. In onderstaande Figuur 34 worden de gemiddelde waarden van het totale luchtbelgehalte per toestand van bekistingsoppervlak weergegeven.



Figuur 34: Grafiek vergelijking gemiddeld totaal luchtbelgehalte op basis van toestand paneel

3.5.5 Conclusie

Kunststofpanelen komen als beste uit de resultaten gevolgd door staal als tweede en betonplex als derde. Dit is in tegenstelling met de resultaten van de onderzoeken van Mast Meynendoncks en Martin zoals beschreven in paragraaf 2.6.

Indien enkel de nieuwe panelen vergeleken worden komt kunststof opnieuw als beste uit de test, betonplexpanelen komen in dit geval op de tweede plaats en bekistingen uit staal op de derde plaats. Hieruit kunnen we concluderen dat indien er met betonplex een zeer goed resultaat dient behaald te worden, best gebruik wordt gemaakt van nieuwe bekistingspanelen.

Bij hergebruik van bekistingspanelen neemt de ruwheid van het oppervlak toe. De verplaatsing van de luchtbellen over het bekistingsoppervlak wordt hierdoor belemmerd. In combinatie met ontkistingsolie kan er toch een behoorlijk resultaat geleverd worden. Opvallend is dat de herstellende panelen het slechtst scoren ondanks het gebruik van herstelmiddelen die het oppervlak egaliseren. Er werden steeds luchtbellen gevormd aan de rand van de herstellende zones. Dit kan te wijten zijn aan een ongelijkmatigheid in de overgang tussen het herstelmiddel en het bekistingspaneel.

Wanneer er ontkistingsoliën vergeleken worden komt de olie-in-wateremulsie als beste uit de test. Dit was ook de conclusie in het onderzoek van Martin zoals in paragraaf 2.6 vermeld is. Een belangrijke opmerking bij dit type olie is dat er rekening moet gehouden worden met de weersomstandigheden op de werf; dit type olie is hier immers zeer gevoelig voor en wordt hierdoor meestal in de prefabindustrie gebruikt.

Opvallend is dat de wassoorten als tweede beste uit de vergelijking komen terwijl in paragraaf 2.5.2 van de literatuurstudie staat dat deze soort ontkistingsolie de luchtbellen in het oppervlak bevordert.

3.6 Besluit

Uit het eerst deel van het onderzoek kan besloten worden dat de proefbekisting niet geschikt is voor het op voorhand bepalen van het luchtbelgehalte. Belangrijk om te vermelden is dat wanneer er een wand gestort werd waarbij gebruik gemaakt moest worden van verschillende bekistingspanelen, de resultaten van de luchtbelgehaltenes in de verschillende delen van de wand niet overeenkwamen. Wanneer de absolute verschillen in luchtbelgehaltenes tussen de referentiewanden en bijhorende proefstukken vergeleken werden met de andere sets referentiewand-proefstuk, werd er geen constante waarde gevonden. Hetzelfde geldt voor de verhouding van de luchtbelgehaltenes in de referentiewand ten opzichte van deze in het proefstuk.

Uit de vergelijkingen van de gebruikte materialen kunnen we besluiten dat kunststofpanelen het beste resultaat leveren op vlak van luchtbellens. Olie-in-wateremulsies worden het best als ontkistingsmiddel gekozen, er moet dan wel rekening gehouden worden met de weersomstandigheden. En zoals verwacht wordt er het beste gebruik gemaakt van nieuwe bekistingspanelen indien een laag luchtbelgehalte gewenst is.

Bibliografie

- [1] WTCB, 'Informatie en ondersteuning,' [Online]. Available: <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=bbri&sub=presentation>. [Geopend 2015].
- [2] J. Desmyter, N. Cauberg en J. Piérard, 'Ter plaatse gestort zichtbeton : aandacht voor de kwaliteit,' 2007. [Online]. Available: http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=wtcb_artonline_2007_4_nr4.pdf&lang=nl.
- [3] D. Damme, P. Hoske, G. Stanke en M. Weigel, 'Objektiviertes Beurteilungsverfahren für Sichtbeton mittels automatisierter Bildverarbeitung unter Berücksichtigung von Beleuchtungsvariationen,' Duitsland.
- [4] S. Verhaeghe, 'Gepolijst, uitgewassen, gekleurd, gefigureerd ... beton in de woning !,' 2013. [Online]. Available: <http://www.holcim.be/nl/bouwen-met-beton/zichtbeton.html>. [Geopend 02 2015].
- [5] N. Cauberg, 'Evolutie in zichtbeton,' 2011. [Online]. Available: <http://www.betonica.be/media/betondagen/2011/CD%202011%20Zichtbeton.pdf>.
- [6] J. Apers, 'Belgisch normatief document ZICHTBETON stand van zaken,' 2013. [Online]. Available: <http://www.betonica.be/media/presentaties/betonenbekistingen/130221%20stdg%20bekisting%20zichtbeton3.pdf>.
- [7] Joost Devree, 'Schoonbeton,' [Online]. Available: <http://www.joostdevree.nl/shtmls/schoonbeton.shtml>.
- [8] N. Cauberg, J. Piérard en J. Wijnants, 'Normering van zichtbeton in zicht,' 2012. [Online]. Available: <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact36&art=552>.
- [9] C. Callandt en J. Baeten, 'Ontwerp van aanbevelingen met btrekking tot het voorschrijven van zichtbeton,' Fedbeton, 2011. [Online]. Available: [http://www.betonica.be/media/betondagen/2011/CD%202011%20%20zichtbeton%202011.12.05%20\[Compatibility%20Mode\].pdf](http://www.betonica.be/media/betondagen/2011/CD%202011%20%20zichtbeton%202011.12.05%20[Compatibility%20Mode].pdf). [Geopend 2015].
- [10] N. Migeotte, 'Influence de la réutilisation des coffrages en bois OSB et contreplaqué marin sur la texture des parements en béton,' Université de Liège, Faculté des sciences appliquées, Liège, 2009.
- [11] Bureau voor normalisatie, *Read-only room: NBN EN 13670*, 2010.
- [12] J. Wijnants, 'Dimensionale toleranties op betonconstructies,' 2013. [Online]. Available: http://www.betonica.be/media/NBNEN13670/5_%20Toleranties_JWijnants.pdf.
- [13] Belgische BetonGroepering, 'Studiedag 'Zichtbeton. Beheersing van de kwaliteit van het uiterlijk', ' 2007. [Online]. Available: http://www.gbb-bbg.be/no_cache/fr/studiedagen/2007/bbg-zichtbeton-25-09-07/.
- [14] *Deel 1 C: Zichtbeton: op weg naar norm en aanbevelingen (BBG)*. [Film]. Betonica, 2013.
- [15] CIB Working Commission, 'Tolerance on blemishes of concrete,' [Online]. Available: <http://www.irbnet.de/daten/iconda/06059000983.pdf>. [Geopend 2015].

- [16] N. Cauberg, J. Piérard en J. Desmyter, 'Ter plaatse gestort zichtbeton : aandacht voor de kwaliteit,' 2007. [Online]. Available:
http://www.wtcb.be/homepage/download.cfm?dtype=publ&doc=wtcb_artonline_2007_4_nr4.pdf&lang=nl.
- [17] T. Henderyckx en L. Minnebo, 'Beeldanalyse van luchtbellen op een zichtbetonoppervlak,' 2013. [Online]. Available:
<http://doks.khbo.be/doks/do/files/FiSeff8080813df9766f013e5f83d84e047d/Beeldanalyse%20van%20luchtbellen%20op%20een%20zichtbetonoppervlak.pdf;jsessionid=19655E1FAEACC36BB3A1941139196C2E?recordId=SKHBff8080813df9766f013e5f83d84e047c>.
- [18] T. Freimann en S. Höver, 'Betonflächen mit Sichtbeton anforderungen,' 2004.
- [19] Ministère des Travaux Publics, 'CAHIER DES CHARGES CONCERNANT LES TRAVAUX DE BÉTONNAGE (CDC-BET),' 2007.
- [20] M. Marie, 'Etude de la texture de la surface coffrée des parements verticaux en béton,' 2007.
- [21] Bouwpix, 'Grindnest,' Cement & Beton, [Online]. Available:
<http://www.joostdevree.nl/shtmls/grindnest.shtml>. [Geopend 2015].
- [22] K. Mast en R. Meynendonckx, 'Uitvoering van zichtbeton: Proefopstelling om het luchtbelgehalte van het betonoppervlak te bepalen,' 2014.
- [23] Opzoekingscentrum voor de Wegenbouw, 'Handleiding voor de uitvoering van betonverhardingen,' 2005. [Online]. Available:
<http://www.brrc.be/publications/a/a7505.pdf>. [Geopend 2015].
- [24] A. Buteneers, 'Betonbereiding en transport,' in *Bouwmaterialen: betontechnologie*, pp. VIII: 1-16.
- [25] J. Vierling, 'Beheerst verdichten van beton,' [Online]. Available:
http://w3.bwk.tue.nl/fileadmin/bwk/sdct/Uitvoeringstechniek/Afstudeerverslagen/2010_-_2019/2012/547Vierling_EC.pdf. [Geopend 2015].
- [26] J. Ritzen, *Betonbouw. Deel 4: Materiaalstudie, technologie, duurzaamheid, renovatie*, Gent: J. Story-Scientia bvba Wetenschappelijke Boekhandel, 2004.
- [27] NBN - Bureau for Standardisation, 'Beproeving van verhard beton - Deel 2: Vervaardiging en bewaring van proefstukken voor sterkteproeven,' 2009. [Online]. Available: http://www.bbri.be/antenne_norm/beton/nl/fiches/12390-2.pdf. [Geopend 2015].
- [28] Lievers Holland, 'Optimaal werken met een trilnaald,' 2010. [Online]. Available:
<http://www.lieversholland.nl/docs/PDF/artikelverdichten-trilnaaldenwebsite.pdf>. [Geopend 2015].
- [29] P. Van Itterbeeck en V. Dieryck, 'Zelfverdichtend beton: aandachtspunten voor de uitvoering,' 2012. [Online]. Available:
<http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact35&art=535>. [Geopend 2015].
- [30] J. Apers, 'Het uiterlijk van beton,' 2000. [Online]. Available:
http://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment-94-08/nl/22_nl.pdf. [Geopend 2015].

- [31] L. Courard, C. Goffinet, N. Migeotte, M. Martin, J. Pierard en V. Polet, 'Influence of the reuse of OSB and marine plywood formworks on concrete surface aesthetics,' RILEM, 2012.
- [32] A. Deplazes, *Constructing Architecture: Materials, Processes, Structures, a Handbook*, Birkhäuser, 1997.
- [33] G. Baty en R. Reynolds, 'Release Agents- What are they? How do they work?,' Cresset Chemical Co..
- [34] S. Freedman, 'Composition of form release agents,' The Aberdeen Group, Chicago, 1975.
- [35] WTCB, 'Het functionele aspect moet primeren,' 2010. [Online]. Available: <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=publications&sub=bbri-contact&pag=Contact25&art=373>.
- [36] A. Klovas en M. Dauksys, 'The Evaluation Methods of Decorative Concrete Horizontal Surfaces Quality,' 2013. [Online]. Available: <http://www.matsc.ktu.lt/index.php/MatSc/article/viewFile/2006/2833>. [Geopend 2015].
- [37] WTCB, 'Toleranties op ter plaatse gestort beton: evolutie van de specificaties,' 2004. [Online]. Available: http://www.bbri.be/antenne_norm/beton/nl/publications/publications/download.cfm_dtype=publ&doc=wtcb_aronline_2004_4_nr4.pdf. [Geopend 2015].
- [38] ImageJ, 'Introduction,' [Online]. Available: <http://imagej.nih.gov/ij/docs/intro.html>. [Geopend 2015].
- [39] Ponts et Chaussées, 'CAHIER DES CHARGES concernant la fabrication et la mise en oeuvre,' 1999. [Online]. Available: <http://www.pch.public.lu/fr/publications/c/cdc-epb/cdc-epb.pdf>.
- [40] BetonLexicon, 'Wandeffect,' [Online]. Available: <http://betonlexicon.nl/W/Wandeffect/>.
- [41] H. Ouwerkerk, 'Uitvoering schoon beton: Gietbouw in de architectuur,' 2008.
- [42] Beton, 'Sichtbeton: Betonoberflächen mit festgelegten Anforderungen an das Aussehen,' [Online]. Available: <http://www.beton.org/wissen/beton-bautechnik/sichtbeton/>. [Geopend 2015].
- [43] WTCB, 2014. [Online]. Available: <http://www.wtcb.be/homepage/index.cfm?cat=bbri&sub=presentation>.
- [44] Construx, [Online]. Available: <http://onsite.construx.be>.

Bijlagen

Bijlage A: Oorspronkelijk ontwerp van de proefbekisting	78
Bijlage B: CUR-aanbeveling – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton.....	79
Bijlage C: Technische fiche – Zetolan – S	80
Bijlage D: Technische fiche – Pieri Cire E-31	82
Bijlage E: Technische fiche – Sika Separol Végétal 50 D.....	83
Bijlage F: Technische fiche – Pieri Decobio S-32	87
Bijlage G: Bergen - visualisatie luchtbellen en histogrammen luchtbelgehalte referentieoppervlakken 2 tem 4.....	88
Bijlage H: Bergen - visualisatie luchtbellen en histogram luchtbelgehalte proefstukoppervlakken 2 tem 4 Bergen	90
Bijlage I: Technische fiche – ESCE EM 0711	93
Bijlage J: Technische fiche – demula vormolie 2	94
Bijlage K: Brasschaat – visualisatie luchtbellen en histogrammen luchtbelgehalten referentieoppervlakken 1 en 2	95
Bijlage L: Brasschaat – visualisatie luchtbellen en histogrammen luchtbelgehalte proefstukoppervlak 3	97
Bijlage M: Technische fiche – Zetolan-MA	98
Bijlage N: Technische fiche - ESCE BIO 25 R 2	100
Bijlage O: Technische fiche – Sika Separol Végétal 61 D.....	101
Bijlage P: Tervuren – visualisatie luchtbellen en histogrammen luchtbelgehalte referentieoppervlakken 1 t.e.m. 4.....	105
Bijlage Q: Tervuren – visualisatie luchtbellen en histogrammen proefstukoppervlak 2	108
Bijlage R: Technische fiche BEKU-OIL	109

Bijlage A: Oorspronkelijk ontwerp van de proefbekisting



Bijlage B: CUR-aanbeveling – overzicht kwaliteitsklassen zichtbeton

Onderwerp	Klasse A volgens NEN 6722 (VBU 2002)	Klasse B1 CUR-Aanbeveling 100
Bekisting ¹⁾		
Paneel/plaatpatroon	Geen bijzondere eisen	Conform projectspecificatie schoon beton
Plaatnaden	≤ 2 mm	≤ 1 mm
Elementnaden	≤ 3 mm	≤ 2 mm
Minimumafmeting bekistingselement	Niet opgenomen ²⁾	Geen eisen (bij niet opgelegd patroon)
Afwerking centerpensparingen	Niet opgenomen	Conform projectspecificatie
Bramen bij naden	≤ 3 mm	≤ 2 mm
Plaatselijke doorbuiging, gemeten met rei 400 mm	≤ 1 mm	≤ 1 mm
Plaatselijke afwijking, gemeten met rei 400 mm	≤ 2 mm	≤ 2 mm
Vlakheid groot oppervlak, gemeten met rei 2000 mm	≤ 7 mm	≤ 5 mm
Hoeken, profilering, afwerking	Vellingkanten toepassen	Conform projectspecificatie
Betonoppervlak		
Kleur	Geen bijzondere eisen	Vallen binnen overeengekomen tolerantie
Variatie in kleur/grijs tint ³⁾	Niet opgenomen	Ten hoogste 2 schaaldelen verschil
Vlekvorming	Niet opgenomen	Niet acceptabel
Luchtbellen plaatselijk	≤ 50 mm ² /dm ²	Niet zichtbaar op 5 m en ≤ 50 mm ² /dm ²
Luchtbellen totaal	≤ 1500 mm ² /m ²	Niet zichtbaar op 5 m en ≤ 1000 mm ² /m ²
Grindnesten	Niet opgenomen	≤ 50 mm ² /dm ²
Zandstrepen	Geen bijzondere eisen	Ten hoogste 1 per 10 m ²
Kalkstrepen ⁴⁾	Geen bijzondere eisen	Niet acceptabel
Aftekenen schroef- en spijkergaatjes	Niet opgenomen	Conform projectspecificatie
Betonverwerking		
Vulling aansluitingen, naden en hoeken	Niet opgenomen	Ten minste 95%
Aftekening stortnaden en stortonderbrekingen	Geen bijzondere eisen	Niet acceptabel
Orvolkomenheden		
Aftekening wapening of roeststrepen	Geen esthetische eisen	Niet acceptabel
Aftekening stophout	Geen esthetische eisen op gemarkeerde plaatsen	Niet acceptabel
Aftekening afstandhouders	Geen esthetische eisen	Niet acceptabel
Aftekening reparaties	Geen esthetische eisen	Acceptabel indien de afwijking in lokale grijs tint en vlekgerigheid niet meer dan 1 schaaldeel bedraagt ten opzichte van het omringende beton en het oppervlak net zo vlak is als het omringende niet gerepareerde beton
scheuren	Niet opgenomen	Ten hoogste 0,1 mm
Voegen ⁵⁾		
Voegwijdtevariatie loodrecht op vlak	Niet opgenomen	Tolerantie ten hoogste 25%
Voegwijdtevariatie evenwijdig aan vlak	Niet opgenomen	Tolerantie ten hoogste 30%

LeycoChem LEYDE

De kostenbesparing en optimalisering van uw winst



ZETOLAN[®]-S

EEN ONTKISTINGSMIDDEL VOOR ALLE SOORTEN BEKISTINGEN, VOOR PRACHTIGE, VLEKKENVRIJE, GLADDE OPPERVLAKKEN

ZETOLAN-S werd in nauwe samenwerking met onze succesvolle partners uit de bouwindustrie ontwikkeld

Profiteer van de positieve ervaringen van uw commerciële collega's!



ZETOLAN-S kan zowel in houten, kunststof en stalen mallen gebruikt worden. Dankzij de waterafstotende werking kan men ZETOLAN-S gebruiken wanneer de bekisting nog vochtig is. Door de uitstekende afstotende werking wordt het ontkisten van beton vergemakkelijkt en de levensduur van de bekisting spectaculair verlengd.

ZETOLAN-S bevat ABSOLUUT GEEN oplosmiddelen zoals detergents, solventen, aromaten, zware metalen of andere toevoegingen die op welke manier dan ook de gezondheid kunnen schaden. Men kan het product in zowel open als ge-sloten ruimte zonder bijzondere beschermingsmaatregelen gebruiken.

Bij gebruik van ZETOLAN-S verkrijgt men een prachtig glad oppervlak met een prachtige heldere kleur, gelijkmatig en absoluut porienvrij.

ZETOLAN-S is zowel geschikt voor gebruik op horizontale als verticale vlakken en in de prefab-industrie waar met hoge temperaturen gewerkt wordt en daar waar met zware trillingen geproduceerd wordt.

- Geen risico voor de gezondheid
- Heel goed beloopbaar
- Beschermt tegen roest en corrosie
- Een hoge bedrijfszekerheid
- Goede afstotende werking en stabiliteit
- Vermindert de reinigingstijd
- Uitstekende, gelijkmatige, porienvrije beton
- Verdikt niet bij lage temperaturen



ZETOLAN®-S

- Geen risico voor de gezondheid
- Heel goed beloopbaar
- Beschermt tegen roest en corrosie
- Een hoge bedrijfszekerheid
- Goede afstotende werking en stabiliteit
- Vermindert de reinigingstijd
- Gebruiksklaar
- Uitstekende, gelijkmatige, porienvrije beton
- Verdikt niet bij lage temperaturen

ZETOLAN®-S

Product-Nr. 10.031

EEN ONTKISTINGSMIDDEL VOOR ALLE SOORTEN BEKISTINGEN, VOOR PRACHTIGE, VLEKKENVRIJE, GLADDE OPPEVLAKKEN

VERWERKING

ZETOLAN®-S is gebruiksklaar en wordt niet met water verdund. Het middel wordt met spuitapparatuur, borstel of doek aangebracht. Het kan verwerkt worden bij temperaturen tussen -50°C en +80°C.

ZETOLAN®-S verdund of verdikt niet onder invloed van lage temperaturen. Een gelijkmatige, dunne laag zorgt voor een groot rendement, zeker met spuitapparatuur, dat achtmaal zo groot is als bij de traditionele producten.

ZETOLAN®-S eenmaal opgedroogd, kan door zijn zeer sterke binding met de bekisting, niet meer opgelost worden met water. De beschermende film blijft, ook onder weersinvloeden houdbaar en veroorzaakt geen slipgevaar op bekistingsoppervlakken. ZETOLAN®-S bevat geen parafine of andere mens- en milieu onvriendelijke producten. De gebruikte hoeveelheid is afhankelijk van de soort bekisting en het aanbrengen. Bij bekisting van geschaafd hout gebeurt het aanbrengen met een borstel, dan ligt het verbruik rond 40g/m². Bij het aanbrengen met spuitapparatuur ligt het verbruik veel lager n.l. ongeveer 15g/m².

VOORDELEN

- Geen risico voor de gezondheid
- Een hoge bedrijfszekerheid
- Heel goed beloopbaar
- Beschermt tegen roest en corrosie
- Verbruik is gering 15 - 40 m²/l²
- Goede afstotende werking en stabiliteit
- Vermindert de reinigingstijd

TECHNISCHE GEGEVENS

Kleur: helder, geelachtig
Vorm: vloeibaar
Viscositeit: 40°C, 7,5 mm²/S
Dichtheid: 15°C, 0,84 g/m³
Vampunt OT, C: > 126
Dampdruk: 20°C, < 0,01 hPa

AANVULLENDE INFORMATIE

Technische gegevens en richtlijnen zijn verkrijgbaar voor een brede reeks betonstophulpmiddelen, waaronder:

VLOEIMIDDELEN	VERSNELLERS
VERTRAGERS	ONTLUCHTINGSMIDDELEN
WATERPROOFERS	OPPEVLAKTEVERTRAGERS

VERWERKINGSHULPMIDDELEN EN REPARATIEMATERIALEN

Verder is een gebruiksklaar bekistingsmiddel (ZETOLAN) leverbaar.

Het LEYDE-programma vloerstopproducten omvat ook speciale toevoegmiddelen voor cementplaten en matten, bitumineuze afdichtingsdeken en een groot assortiment afwerkingsmiddelen, coatings en afdichtmiddelen op basis van polyurethaan en epoxyhars, geschikt voor uiteenlopende industriële toepassingen en omstandigheden. Daarnaast biedt het bedrijf technische ondersteuning door een team van specialisten op dit gebied.

Opmerkingen

Mit deze uitgave worden alle eerder uitgegeven Technische Gegevensbladen opgeëld. Onze adviezen, die wij naar beste weten en gebaseerd op onze jarenlange ervaring geven, zijn vrijblijvend en vormen niet de grondslag tot een contractuele relatie. De toepassingsmethode en de hoeveelheid te verwerken materiaal moeten aan de plaatselijke omstandigheden worden aangepast.
16.11.2008

Voor meer informatie:

Nederland: 06 20 42 44 00 België: 0497 48 69 88

LeycoChem **LEYDE**

www.leyde.com

LEYCO CHEMISCHE LEYDE GmbH Industriestr. 155, D-50999 Köln, Fax: +49 2236 966 00 10
Tel.: +49 2236 966 00 50 Nederland: 06 20 42 44 00 België: 0497 48 69 88



Architectural Concrete

P R O D U C T I N F O R M A T I O N

Pieri® Cire E-31

(formerly Eurocire 2000)

Releasing wax for architectural concrete

Description

Pieri® Cire E-31 produces architectural concrete surfaces of very high quality, on elements made with white, grey, or coloured cements.

After drying, Pieri Cire E-31 forms a fine waxy film on the mould surface, which promotes a smooth, glazed, and bubble-free concrete, which is perfectly homogeneous in colour.

Applications

Architectural concrete elements intended to be off-form or to have a subsequent surface finish, such as sandblasting, polishing, grinding, acid etched or bush-hammered.

Directions for use

Pieri Cire E-31 should be used on clean steel or sealed timber moulds. It should be applied by spray with a suitable pressure to ensure an even application, at the rate of 20 to 25 m²/litre.

A drying time of about 15 minutes is recommended before pouring concrete.

Technical Specifications

- Straw coloured.
- Density: 0.81 ± 0.02.
- Viscosity: < 7 cSt ISO cup N° 2431 at 20°C.
- Flash point: 37°C (SETAFLASH method).
- Recommended Pieri nozzle X5 and X8.

Storage

2 years in unopened original packaging.

Packaging


25 litre jerrycan.
220 litre drum.
1000 litre tank.

Safety

Flammable. Do not smoke during the application.
Recommended extinguishers: powder, foam, or carbon dioxide.
For further information, consult our Safety Data Sheet.

Transport

- Class: 3.
- UN N° = 1268.

 Visit our web site at: www.graceconstruction.com

Grace Construction Products, 852 Birchwood Boulevard, Birchwood, Warrington, Cheshire WA3 7JQ, England. Tel: (01925) 824824 Fax: (01925) 824033


Pieri is a registered trademark of W. R. Grace & Co.-Gems.

We trust information here will be helpful. It is based on data and knowledge considered to be true and accurate and is offered for the user's consideration, investigation and verification. We do not warrant the results to be obtained. Please read all instructions, recommendations or suggestions in conjunction with our conditions of sale, which apply to all goods supplied by us. No warranty, representation or suggestion is intended for any use which would infringe any patent or copyright. Grace Construction Products Limited, 852, Birchwood Boulevard, Birchwood, Warrington, WA3 7JQ, Cheshire, England.


This product may be covered by patents or patent pending. Copyright 2005 W. R. Grace & Co.-Gems. PER1008

Printed in UK - 03/05

GRACE
Construction Products

BUILDING TRUST

TECHNISCHE FICHE



Sika® Separol Végétal 50 D

PLANTAARDIGE ONTKISTINGSOLIE

PRODUCTBESCHRIJVING	Sika® Separol Végétal 50 D is een gebruiksklare plantaardige ontkistingsolie voor uitgestelde ontkisting voor beton en mortels.
TOEPASSINGEN	Sika® Separol Végétal 50 D wordt gebruikt als ontkistingsmiddel op werven en in prefab bedrijven. <ul style="list-style-type: none">▪ Voor klassiek getrild beton of speciaal niet getrild beton (zelfdichtend beton)▪ Voor beton gestoomd tot 50°C▪ Toegepast op metalen, plasticen, houten en polyester ondergronden
EIGENSCHAPPEN / VOORDELEN	Sika® Separol Végétal 50 D is bruikbaar op de meeste soorten bekistingen en gietvormen om verzorgde vlakken te bekomen. <ul style="list-style-type: none">▪ Vermijd aanhechting van het beton of cementhuid op de behandelde oppervlakken▪ Laat, na ontkisting, geen spoor van olie achter▪ Geeft de mogelijkheid om nadien het oppervlak te bezetten of te verven (de kwaliteit van de ondergrond is de verantwoordelijkheid van de uitvoerder).

PRODUCTINFORMATIE	
VORM	UITERLIJK / KLEUR
	Lichtgele vloeistof
	VERPAKKING
	Vat van 210 l (verloren verpakking)
	Vat van 1000 l (verloren verpakking)

Technische fiche
Sika® Separol Végétal 50 D
29/10/2013, VERSIE 1
02 08 01 01 002 000003

NL/België

1/4

OPSLAG	OPSLAGCONDITIES / HOUDBAARHEID 12 maanden na productiedatum in originele-, verzegelde, ongeopende en onbeschadigde verpakking, droog opgeslagen. Voldoen aan de lokale wetgeving inzake opslag van ontkistingsmiddelen Niet stockeren in de buurt van ontvlambare producten of voedingsmiddelen.																
CONFORMITEIT	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">SYNAD classificatie voor ontkistingsmiddelen Version 2010</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Gebruiker</td> <td>Brandveiligheid</td> <td>●●</td> </tr> <tr> <td>Hygiëne</td> <td>●●●●○</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Milieu</td> <td>VOS</td> <td>●●●●○</td> </tr> <tr> <td>Biologisch afbreekbaar</td> <td>●●●●○</td> </tr> <tr> <td colspan="2">● gunstig</td> <td>○ ongunstig</td> </tr> </tbody> </table>	SYNAD classificatie voor ontkistingsmiddelen Version 2010			Gebruiker	Brandveiligheid	●●	Hygiëne	●●●●○	Milieu	VOS	●●●●○	Biologisch afbreekbaar	●●●●○	● gunstig		○ ongunstig
SYNAD classificatie voor ontkistingsmiddelen Version 2010																	
Gebruiker	Brandveiligheid	●●															
	Hygiëne	●●●●○															
Milieu	VOS	●●●●○															
	Biologisch afbreekbaar	●●●●○															
● gunstig		○ ongunstig															
TECHNISCHE GEGEVENS	DENSITEIT BIJ +20°C 0,86 kg/l VLAMPUNT ≥61 °C VISCOSITEIT OP 20°C 11,5 mPa.s OPLOSMIDDELEN Gedesaromatiseerd (Aromaten <0,03%) TOTAAL AROMATEN < 1% BIOLOGISCHE AFBREEKBAARHEID Maximale biologische afgebroken hoeveelheid na 28 dagen: >60% (NF EN ISO 9408 – OCDE 301 F) HOEVEELHEID PLANTAARDIGE GRONDSTOFFEN De concentratie van olie of plantaardige oplosmiddelen > 50%																

Technische fiche
Sika® Saperol Végétal 50 D
29/10/2013, VERSIE 1
02 08 01 01 002 000003

NL/De/§§

2/4

BUILDING TRUST



SYSTEEMINFORMATIE

TOEPASSINGSDetails

VERBRUIK

1 liter Sika® Separol Végétal 50 D dekt 30 à 60 m² naargelang de ondergrond en de verwerkingsomstandigheden.

TOEPASSINGSINSTRUCTIES

TOEPASSINGSMETHODE

Sika® Separol Végétal 50 D onverdund gebruiken

Strijk een dunne film van het product uniform over het oppervlak zonder plaatsen over te laten of te dik aan te brengen.

Voor kleinere en/of complexere gietvormen raden we aan het oppervlak van de bekisting na behandeling op te wrijven met een doek

GEREEDSCHAP

- Verstuiver of pneumatische spuitapparatuur met een minimale druk van 5 bar om een optimale verdeling te bekomen.
- Kwast
- Verfrol

OPMERKINGEN/BEPERKINGEN

Niet gebruiken in het bijzijn van een open vlam

Indien voor een spuitapplicatie gekozen wordt, moeten de nodige voorzorgmaatregelen genomen worden om de nevel van het product niet in te ademen.

Wij raden aan de elementaire regels in verband met de hygiëne op te volgen.

Voorafgaande testen zullen uitwijzen of de methode en omstandigheden van het aanbrengen van het product voldoende zijn.

WAARDENBASIS

Alle technische gegevens vermeld in deze Technische Fiche zijn gebaseerd op laboratoria testen.

Actueel gemeten gegevens kunnen verschillend zijn door omstandigheden buiten ons controle.

LOKALE BEPERKINGEN

Let op dat als gevolg van specifieke plaatselijke voorschriften, de prestaties van dit product van land tot land kunnen variëren. Raadpleeg het lokale productinformatieblad voor de precieze beschrijving en toepassingsmogelijkheden.

VEILIGHEIDS- EN GEZONDHEIDSVoORSCHRIFTEN

Voor informatie en advies over de veilige hantering, opslag en verwijdering van chemicaliën verwijzen wij de gebruiker naar het recentste veiligheidsinformatieblad die fysische, ecologische, toxicologische en andere veiligheidsgegevens bevat.

HERINNERING

Onze producten dienen zorgvuldig te worden opgeslagen, aangebracht en gehanteerd.

Technische Fiche
Sika® Separol Végétal 50 D
29/10/2013, VERSIE 1
02 08 01 01 002 000003

NL/België

WETTELIJKE INFORMATIE

De informatie, en met name de aanbevelingen met betrekking tot de toepassing en het eindgebruik van Sika-producten, wordt in goed vertrouwen verstrekt op basis van de huidige kennis en ervaring van Sika met producten die op de juiste wijze zijn opgeslagen, behandeld en toegepast onder normale omstandigheden in overeenstemming met de aanbevelingen van Sika. In de praktijk zijn de verschillen in materialen, onderlagen en werkelijke omstandigheden ter plaatse zodanig dat er geen garantie kan worden ontleend met betrekking tot verhandelbaarheid of geschiktheid voor een bepaald doel, noch enige aansprakelijkheid voortvloeiend uit enige juridische relatie, op basis van deze informatie, of uit enige schriftelijke aanbevelingen of enig ander advies dat wordt gegeven. De gebruiker van het product moet de verhandelbaarheid van het product testen voor de beoogde toepassing en doel. Sika behoudt zich het recht om de producteigenschappen te wijzigen. Onze verantwoordelijkheid zou in geen enkel geval in het gedrang kunnen worden gebracht, in de veronderstelling van een uitvoering die niet conform is met onze inlichtingen. De eigendomsrechten van derden dienen te worden gerespecteerd. Alle bestellingen worden aanvaard onder de huidige verkoop- en leveringsvoorwaarden. Gebruikers dienen altijd de meest recente uitgave van het lokale technische informatieblad te raadplegen voor het betreffende product; exemplaren hiervan worden op verzoek verstrekt.

VOOR MEER INFORMATIE OVER DE SIKI ONTKISTINGSMIDDELEN:



SIKA NV
Concrete
Pierre Dupontstraat 167
1140 Brussel
Belgium
www.sika.be

Tel.: +32 (0)2 726 16 85
Fax: +32 (0)2 726 28 09
E-mail: info@be.sika.com

Technische fiche
Sika® Separol Végétal 50 D
29/10/2013, VERSIE 1
02 08 01 01 002 000003

NL/België

4/4

BUILDING TRUST



© 2013 Sika NV/België



Architectural Concrete

PRODUCT INFORMATION

Pieri® Decobio S-32

(formerly Decobio S)

Vegetable Oil based Release Agent

Description

Pieri® Decobio S-32 is entirely free of all petroleum oil and has been designed to meet the strict requirements of environmental protection and hygienic working conditions.

The products vegetable base gives us new possibilities in concrete releasing technology both operator safety and quality surface finishes. Rigorous control of the product's formulation guarantees excellent working conditions and quality performance because it is:

- non staining
- virtually odourless
- difficult to ignite
- non toxic and non-irritating to the skin

Pieri Decobio S-32 is perfect for factory working conditions where normally the confined atmosphere and frequent spray of releasing oils combine to produce unpleasant, persistent odours to the detriment of safety and hygiene standards.

Pieri Decobio S-32 forms a thin, colourless film of vegetable based oil on the surface of the formwork, facilitating the even dispersion of the concrete and assists bubble resorption during vibration.

Applications

May be used whenever a smooth stain and bubble-free concrete finish is required and it is suitable for use in most conditions : hot and cold concretes, heated or not, with or without additives.

Pieri Decobio S-32 is designed for cold weather concreting, difficult vibration conditions and whenever the conjugation of the formwork skin microporosity and the washing out of the release agent by the concrete results in heavy build up.

Directions for use

Can be applied with a sprayer on all types of mould and formwork: steel, plastic coated or sealed plywood or polyester. Can be applied in a very thin film due to its low viscosity. Extremely economical, consumption 1 litre/40 m²plus.

Recommendation

Pieri Decobio S-32 should only be used on the actual formwork casting area, as any other areas of form or equipment i.e. for protection and cleaning purposes, will be effected by prolonged exposure to ultra violet (sunlight) and leave sticky residues.

Technical Specifications

- Straw-yellow colour liquid
 - Density: 0.85 ± 0.02 at 20°C.
 - Viscosity: 12 ± 2 cSt ISO cup 2431 N°3 at 20°C.
 - Freezing point: <- 25°C.
 - Flash point: 65°C (SETAFLASH method).
 - Ready to use.
 - Recommended PIERI nozzles: X 10 or fan nozzle.
- Does not affect catching wrench of plaster coats, rough-casting and paints.
CERIB Test report 93 DPO 362.

Storage

2 years in original unopened packaging.
Store in a bunded area to avoid spillage.

Packaging


25 litre drum
220 litre drum
1000 litre tank.

Safety

Not regulated
For further information, please consult our Safety Data Sheet.

Transport

Not regulated.

 Visit our web site at: www.graceconstruction.com

Grace Construction Products 852 Birchwood Boulevard, Birchwood, Warrington, Cheshire WA37 7JZ, England. Tel: (01925) 824824 Fax: (01925) 824033

Pieri is a registered trademark of W. R. Grace & Co.-Gems.

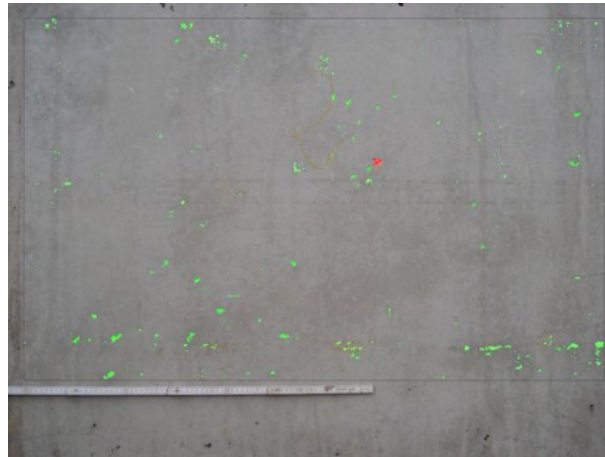
We keep information that will be helpful. It is based on data and knowledge considered to be true and accurate and is offered for the user's consideration, investigation and verification. We do not warrant the results to be obtained. Please read all instructions, recommendations or suggestions in conjunction with your conditions of sale, which apply to all goods supplied by us. No statement, recommendation or suggestion is intended that may not, which would infringe any patent or copyright. GPC Construction Products Limited, 852, Birchwood Boulevard, Birchwood, Warrington, WA3 7JZ, Cheshire, England.

This product may be covered by patents or patent pending. Copyright 2005 W. R. Grace & Co.-Gems PER0119

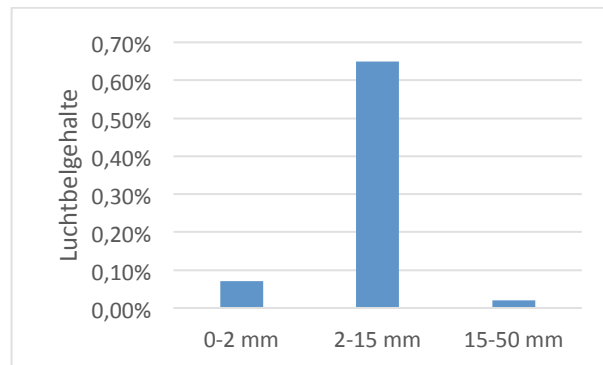
Printed in UK - 02/05

GRACE
Construction Products

Bijlage G: Bergen - visualisatie luchtbellen en histogrammen luchtbelgehalte referentieoppervlakken 2 tem 4



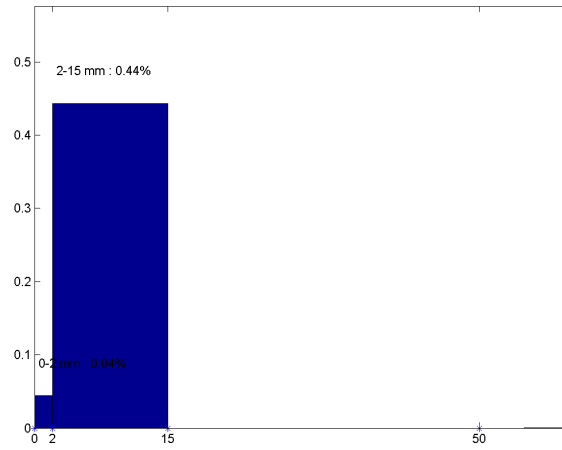
Bergen - referentiewand oppervlak 2, visualisatie luchtbellen



Bergen - referentiewand oppervlak 2, histogram luchtbelgehalte



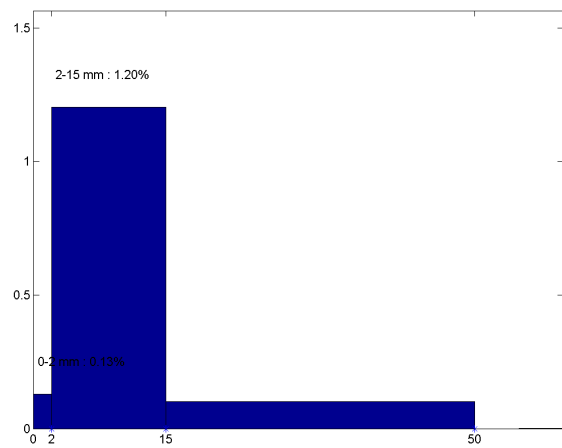
Bergen - referentiewand oppervlak 3, visualisatie luchtbellen



Bergen - referentiewand oppervlak 3, histogram luchtbelgehalte

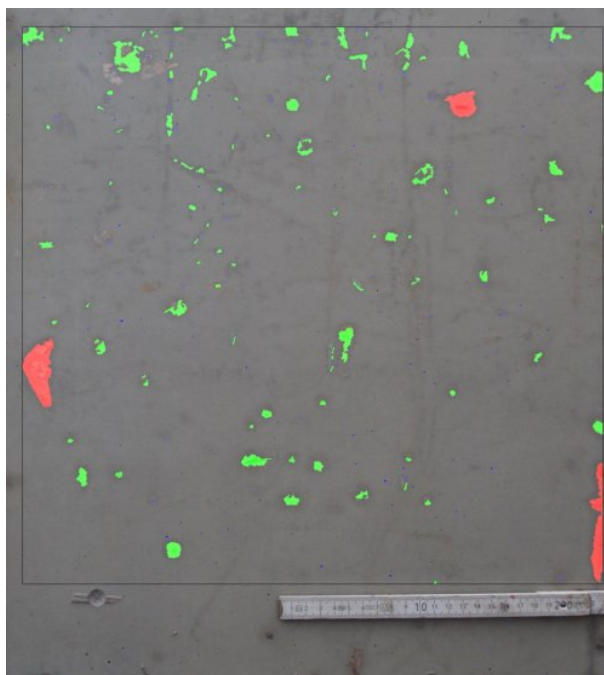


Bergen - referentiewand oppervlak 4, visualisatie luchtballen

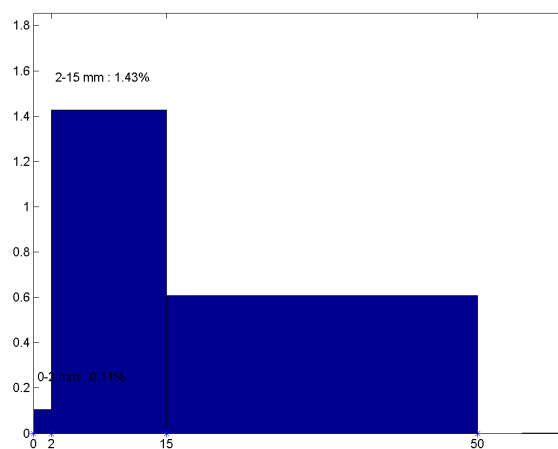


Bergen - referentiewand oppervlak 4, histogram luchtbelgehalte

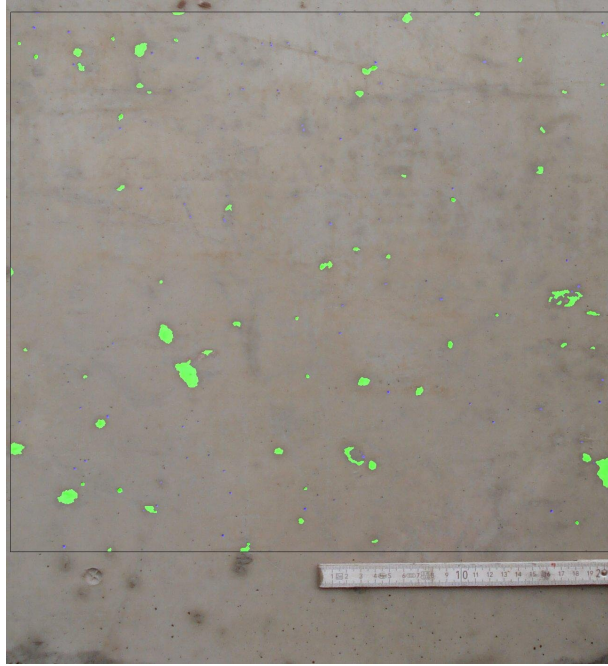
Bijlage H: Bergen - visualisatie luchtbellen en histogram luchtbelgehalte proefstukoppervlakken 2 tem 4 Bergen



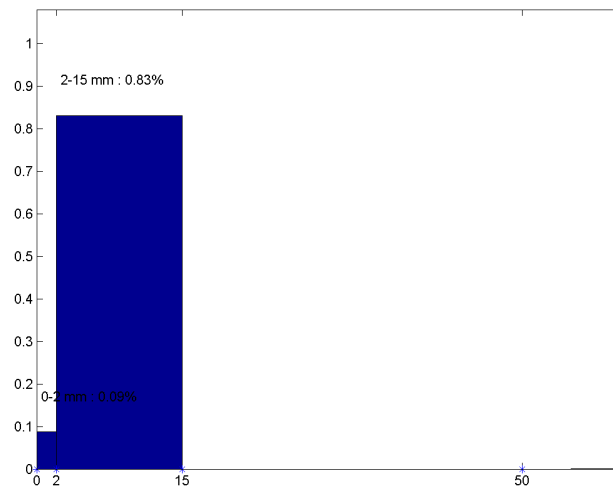
Bergen - proefstuk oppervlak 2, visualisatie luchtbellen



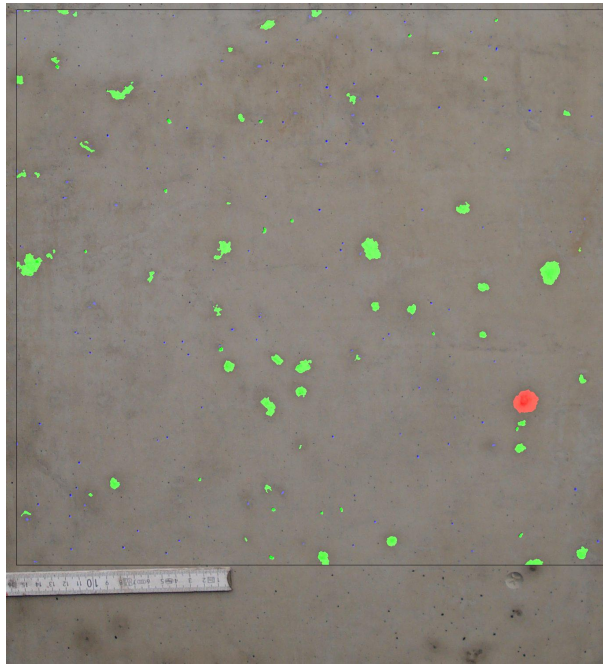
Bergen - proefstuk oppervlak 2, histogram luchtbelgehalte



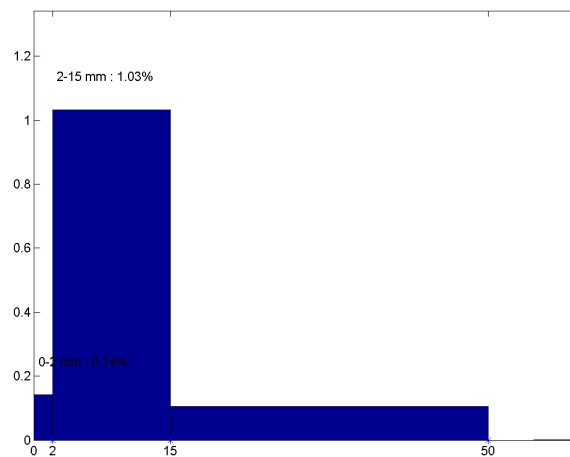
Bergen - proefstuk oppervlak 3, visualisatie luchtbelen



Bergen - proefstuk oppervlak 3: histogram luchtbelgehalte



Bergen - proefstuk oppervlak 4 visualisatie luchtbellen



Bergen - proefstuk oppervlak 4, histogram luchtbelgehalte

ESCE EM 0711



Ontkistingsmiddel voor de productie van zichtbeton .

BESCHRIJVING

Esce EM 0711 is een nieuwe generatie, water gebaseerd ontkistingsmiddel, opgebouwd uit plantaardige oliën . Dit volledig biologisch afbreekbaar ontkistingsmiddel is uitermate geschikt voor prefabelementen waaraan hoge kwaliteitseisen worden gesteld.

WERKING

Esce EM 0711 wordt onder de vorm van een emulsie aangebracht, die na een korte droogtijd een microfilm vormt. De tensio actieve stoffen in de emulsie zorgen voor een perfecte stabiliteit gedurende een langere periode. Bij een oordeelkundig gebruik zorgt het product voor

- een eenvoudige ontkisting.
- onderdrukking van de luchtbellen en roestvlekken in het betonoppervlak.
- probleemloze nabehandeling van het betonoppervlak.
- stof- en vlek vrij betonoppervlak.

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN

- dichtheid : 0.96-0.99 Kg/l bij 20°C
- vorm : vloeibaar
- kleur : wit
- geur : neutraal
- vriespunt : 0°C
- pH : 6-8
- viscositeit : 4-7 mPa's bij 25°C

TOEPASSING

Esce EM 0711 werd speciaal ontwikkeld voor de productie van zichtbeton op metaal, rubber en ondoordringbare houten bekisting. Esce EM 0711 geeft goede resultaten bij het oplossen van roestproblemen op metalen mallen.

DOSERING

Theoretisch: meer dan 100 m² per liter.
Praktijkcijfer: 50 à 60 m² per liter. Het aanbrengen vereist speciale aandacht. Bij overdosering kunnen er problemen ontstaan met stofvorming, luchtbelvorming en verkleuring en de afwerking met verven en pleisters.

GEBRUIKSAANWIJZING

- 1- Voor het aanbrengen dient men de mallen te controleren op olie- beton- en andere chemische resten.
- 2- Speciale sproeitechnieken worden aanbevolen
- 3- Controleer of alle hoeken goed ingeoliëd werden
- 4- Steeds goede verluchting voorzien.
- 5- Esce EM 0711 dient korte tijd op te drogen voor men beton mag storten.

VERPAKKING

Esce EM 0711 kan worden geleverd in:

- bussen van 25 liter.
- vaten van 210 liter.
- containers van 1.000 liter.

VEILIGHEID

Zie HSE - info

BEWARING

Esce EM 0711 bevat biocides.
Esce EM 0711 is max. 6 maanden houdbaar

BELANGRIJK !

Esce EM 0711 bevriest bij 0°C. Onherstelbare schade aan product.

Uitgever : nr. (24-02-10)

De hieringesloten inrichtingen zijn het resultaat van onze studies en ervaringen. Ze worden ter goede trouw gegeven, maar garanties kunnen hieruit niet worden afgeleid.

N V SCHEPENS SA

Kanaalstraat 9, 3560 Lummen
Tel. 0032(0)1145 85 20 (3L.) Fax 0032(0)11/45 85 29



demula vormolie 2

ONTKISTINGSMIDDEL

TOEPASSING

demula vormolie 2 wordt aangewend daar waar een glad en egaal beton van groot belang is. (gladde welfsels, architectonisch beton,...)

Eventuele afwerkklagen (pleisterwerk, schilderwerk,...) hechten goed op het betonoppervlak indien het ontkistingsmiddel niet te dik is opgezet.

demula vormolie 2 zorgt er voor dat er geen hechting optreedt tussen beton en bekisting

demula vormolie 2 voorkomt de vorming van luchtbellens.

demula vormolie 2 voorkomt verkleuring van het beton bij goed aanbrengen.

GEBRUIKSAANWIJZING

Bij niet poreuze bekistingen licht vermevelen, poreuze bekistingen (vurenhout of niet-gecoate betonplex) royaal bespuiten.

U dient, afhankelijk van de zuigende kracht van de ondergrond rekening te houden met een rendement van 20 à 50 m² per liter ontkistingsmiddel.

Let op: bij onzorgvuldig aanbrengen, ontstaan verschillen in absorptie door het bekistingsoppervlak. Dit heeft kleurverschillen in het betonoppervlak tot gevolg. Ook wanneer de cementhuid plaatselijk aan de bekisting hecht, ontstaan bij het ontkisten kleurverschillen.

PRODUCTEIGENSCHAPPEN

productnaam	: demula vormolie 2
volumieke massa bij 15°C (water = 1)	: 0,82 kg/l
fysische toestand	: vloeibaar
viscositeit bij 40°C	: 2,3 mm ² /s
vlampunt (C.C.)	: >67°C
vriespunt	: <-20 °C
kookpunt	: > 180°C
zelfontbrandingstemperatuur	: > 200°C
explosiegrenzen	: 0,6 - 8% (v/v)
dampspanning	: <0,15kPa
soortelijke geleiding bij 20°C	: <0,4x10 ⁻¹² S/m
kleur	: helder lichtgeel
geur	: terpentijn-achtig
oplosbaarheid in water	: onoplosbaar
kleurcode	: oranje

VERPAKKING EN OPSLAG

demula vormolie 2 is leverbaar in vaten en containers.

demula vormolie 2 wordt bewaard in gesloten verpakking.

demula vormolie 2 wordt opgeslagen onder afdak

GEZONDHEIDSASPECTEN

milieu	: kan in het aquatisch milieu op lange termijn schadelijke effecten veroorzaken.
inwendig	: GEEN braken opwekken. Als spoedig herstel niet plaatsvindt, medische hulp invoeren.
uitwendig	: verontreinigde kledij verwijderen, wassen met water en zeep, ogen spoelen met veel water.
veiligheid	: geen bijzondere gevaren.

januari 2007. Alle voorafgaande informatie betreffende dit product vervalt hierbij.

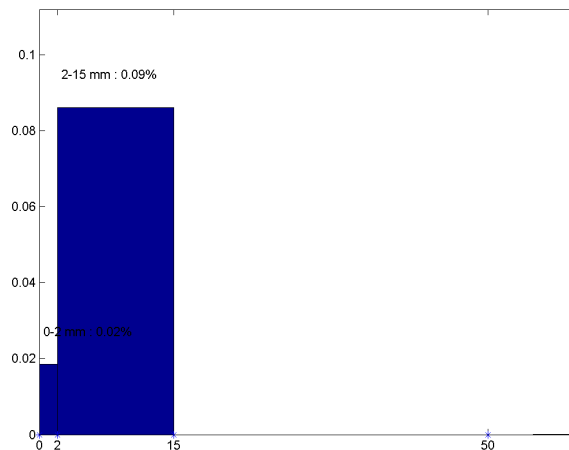
De informatie en adviezen op deze fiche vermeld worden verstrekt op basis van onze huidige kennis en ervaring met het product. In geen enkel geval aanvaarden wij enige aansprakelijkheid of bieden wij garantie in verband met de verwerking ervan. Proeven door uzelf uit te voeren geven uitsluitend omtrent de juiste omstandigheden onder dewelke het product moet gebruikt en verwerkt worden. Bij twijfel kan u ons steeds contacteren voor eventueel bijkomend advies.



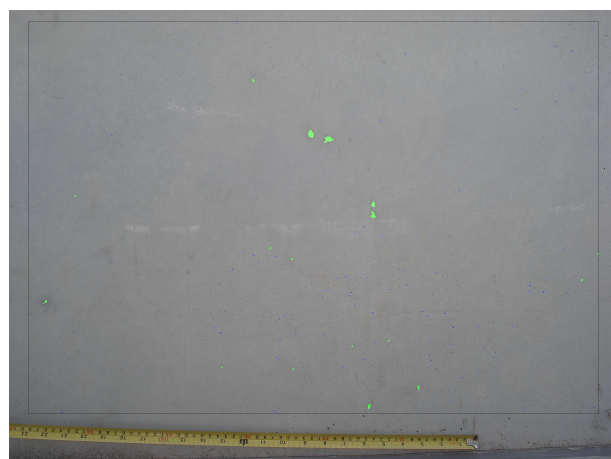
Bijlage K: Brasschaat – visualisatie luchtbellens en histogrammen luchtbelgehalten referentieoppervlakken 1 en 2



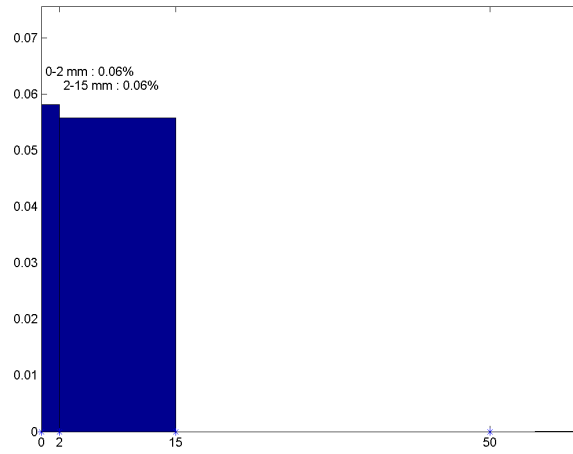
Figuur 35: Brasschaat - referentiewand oppervlak 1, visualisatie luchtbellens



Figuur 36: Brasschaat - referentiewand oppervlak 1, histogram luchtbelgehalten



Figuur 37: Brasschaat - referentiewand oppervlak 2, visualisatie luchtbellens

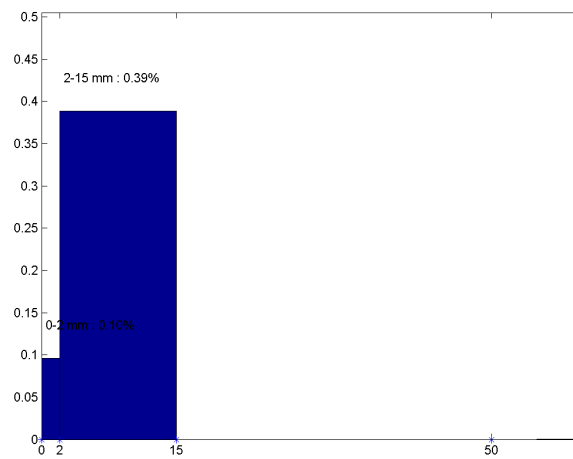


Figuur 38: Brasschaat - referentiewand oppervlak 2, histogram luchtbelgehalte

Bijlage L: Brasschaat – visualisatie luchtballen en histogrammen luchtbelgehalte proefstukoppervlak 3



Brasschaat - proefstuk oppervlak 3, visualisatie luchtballen



Figuur 39: Brasschaat - proefstuk oppervlak 3, histogram luchtbelgehalte

ZETOLAN-MA

**EEN ONTKISTINGSMIDDEL VOOR
ALLE SOORTEN BEKISTINGEN**



- geen gevaar voor de omgeving; is biologisch heel goed afbreekbaar
- een goede kwaliteit bij vers beton
- gebruiksklaar
- heel economisch

LeycoChem **LEYDE**

ZETOLAN®-MA wordt gebruikt bij verschillende soorten bekisting, nl. hout, staal, aluminium, PVC, enz. Men kan het ook gebruiken bij prefab-delen, vers- en behangbeton. Dankzij zijn waterafstotende kracht kan men ZETOLAN®-MA gebruiken wanneer de bekisting nog vochtig is.



ZETOLAN®-MA

Product-Nr. 10.030

EEN ONTKISTINGSMIDDEL VOOR ALLE SOORTEN BEKISTINGEN

BESCHRIJVING

De kracht van de ontlasting door ZETOLAN®-MA is sterker geworden dankzij zijn nieuwe bestanddelen die ervoor zorgen de beste resultaten en een gladde betonoppervlakte te verkrijgen. Door zijn uitstekende vochtigheidskracht zorgt ZETOLAN®-MA bij ontvormde vlakken voor een optimale hechting van pleisterkalk, verf of kleefstof. De schaden bij hechtungen gevormd door olie of bekistingsmiddelen met was, worden hierdoor vermeden. Hij vermijdt het roesteren van staal en verhindert roestvlekken op betonoppervlakken. Het hout wordt waterdicht en beschermd tegen verrotting en opzwellling.

VOORDELEN

- geen gevaar voor de omgeving; is bioafbreekbaar.
- een goede kwaliteit bij vers beton.
- gebruiksklaar
- heel economisch

TOEPASSING

ZETOLAN®-MA is gebruiksklaar en wordt niet met water verdund. Het middel wordt met spuitapparatuur, borstel, doek of dwijl aangebracht. Het kan verwerkt worden bij temperaturen tussen -50°C en +80°C.

ZETOLAN®-MA verdund of verdikt niet onder invloeden van lage temperaturen. Een gelijkmatige, dunne laag zorgt voor een rendement, zeker met spuitapparatuur, die achtmaal zo groot is als bij de traditionele olie- en wachsmiddelen.

ZETOLAN®-MA eenmaal opgedroogd, kan het, door zijn chemische verbinding met bekisting, niet meer opgelost worden met water. De beschermende film blijft, ook door weersinvloeden houdbaar en veroorzaakt geen slipgevaar op bekistingsoppervlakken.

ZETOLAN®-MA bevat geen parafin, smeer-, diesel-, en traditionele bekistingsolie. De gebruikte hoeveelheid is afhankelijk van de soort bekisting en van de soort aanwending. Bij bekisting van geschaafd hout gebeurt de aanwending met een borstel, dan ligt het verbruik rond 40g/m². Bij aanwending met spuitapparatuur ligt het verbruik veel lager nl. ongeveer 15g/m².

TECHNISCHE GEGEVENS

Kleur: helder, geelachtig
Vorm: vloeibaar
Viscositeit 40 C, mm²/S: 5,1
dichtheid 15 C, kg/m³: 825
TAN, mg KOH/g: 10,2
Vlampunt OT, C: 134
Temperatuurbestendigheid: tot +180 °C
Verwerkbaar: van -20°C tot +180°C
Bewaren: goed afgesloten

Opmerkingen

Met deze uitgave worden alle eerder uitgegeven Technische Gegevensbladen ongeldig. Onze adviezen, die wij naar beste weten en gebaseerd op onze jarenlange ervaring geven, zijn vrijblijvend en vormen niet de grondslag tot een contractuele relatie. De toepassingsmethode en de hoeveelheid te verwerken materiaal moeten aan de plaatselijke omstandigheden worden aangepast. 22.03.04

LEYCO CHEMISCHE LEYDE GmbH, Industriestr. 155, 50999 Keulen

Tel.: +49 2236 - 9 66 00 0, Fax: +49 2236 - 9 66 00 11

email: leycochem@leyde.com, internet: www.leyde.com

LeycoChem LEYDE

ESCE BIO 25 R 2



Universeel ontkistingsmiddel voor de produktie van architectonische betonelementen.

BESCHRIJVING

ESCE Bio 25 R 2 is een biodegradable ontkistingsmiddel op basis van aromaatvrije solventen met hoge biologische afbreekbaarheid, en een mengsel van plantaardige oliën en vetzuren. ESCE Bio 25 R 2 is uitermate geschikt voor voorgespannen beton, architectonisch beton en gebruik op de werf.

EIGENSCHAPPEN

ESCE Bio 25 R 2 is een kant en klaar product. Het wordt in een dunne microfilm aangebracht. De tensio-actieve stoffen in het product zorgen voor een glad uitzicht van het betonoppervlak.

Bij oordeelkundig gebruik zorgt Bio 25 R 2 voor :

- een eenvoudige lossing
- geen betonaangroei op de mal
- minimale stofvorming
- egale betonkleur
- minimum aan luchtbellen
- nabehandeling betonoppervlak is overbodig.

FYSISCHE EIGENSCHAPPEN

- dichtheid : 0.85-0.87 Kg/l. bij 20°C
- vorm : vloeibaar
- kleur : lichtgeel
- geur : paraffinisch zoet/solvent
- vlampunt : 79°C
- viscositeit : 8-10 mPa's bij 25°C

TOEPASSING

ESCE Bio 25 R 2 is goed bruikbaar op niet zuigende materialen zoals staal, kunststof en betonplex. ESCE Bio 25 R 2 is enkel geschikt voor elementen welke drogen in de vorm.

DOSERING

Met 1 liter product kan tot 50 vierkante meter en meer ingeoliëd worden. Indien men het product airless wil vernevelen, is een minimale druk van 4 bar gewenst. Bij overdosering kunnen er problemen ontstaan zoals overmatige stofvorming, verkleuring en luchtbelvorming. Tevens kunnen er hechtproblemen optreden met pleisters en verven.

GEBRUIKSAANWIJZING

1- Voor het aanbrengen dient men de mallen te controleren op :

- scheuren en roestvlekken
- betonresten
- water- en olieresten
- resten van chemische producten

2- Afhankelijk van de afmeting en de vorm van de te behandelen mal, kan het product worden aangebracht met een rol, borstel of nevelspuit.

3- Controleer af alle hoeken goed ingeoliëd werden

4- Bij gebruik van nevelapparatuur, steeds goede verluchting voorzien.

VERPAKKING

ESCE Bio 25 R 2 kan worden geleverd in :

- bulk vanaf 1000 liter
- containers van 1000 liter
- vaten van 210 of 60 liter

BEWARING

ESCE Bio 25 R 2 gaat stollen bij temperaturen onder het vriespunt. Een roerwerk of circulatiepomp verhindert sedimentatie.

Uitgave : nr. (27-03-02)

De hieringesloten inlichtingen zijn het resultaat van onze studies en ervaringen. Ze worden ter goede trouw gegeven, maar garanties kunnen hieruit niet worden afgeleid.

N V SCHEPENS SA

Kanaalstraat 9, 3560 Lummen
Tel. 0032(0)1145 85 20 (3L.) Fax 0032(0)11/45 85 29



TECHNISCHE FICHE

Sika® Separol Végétal 61 D



PLANTAARDIGE ONTKISTINGSOLIE

PRODUCTBESCHRIJVING

Sika® Separol Végétal 61 D is een ontkistingsolie voor prefab beton en -mortels, op basis van plantaardige oliën, gemakkelijk biologisch afbreekbaar en zonder oplosmiddelen.

Is vooral aangeraden voor niet verwarmde bekistingen.

TOEPASSINGEN

Sika® Separol Végétal 61 D wordt gebruikt als ontkistingsmiddel voor in prefab bedrijven.

- Voor getrild of niet getrild beton, van plastisch tot zelfdichtend beton
- Voor beton dat NIET gestoomd wordt.
- Toegepast op ondergronden van metaal, polyester, betonplex of geschilderd hout.

EIGENSCHAPPEN / VOORDELEN

Sika® Separol Végétal 61 D biedt:

- Een uitstekende kwaliteit van de vlakken
- Meer respect voor het milieu en meer veiligheid voor de gebruiker

Sika® Separol Végétal 61 D is bruikbaar op de meeste soorten bekistingen en gietvormen om verzorgde vlakken te bekomen:

- Vermindert aanzienlijk de luchtballen aan het oppervlak
- Geen poedervorming op het beton of gietvorm/bekisting.
- Deactiveert het betonoppervlak niet
- Verontreinigt de gietvorm/bekisting niet
- Uitstekende hechting op verticale ondergronden
- Vermijd aanhechting van het beton of cementhuid op de behandelde oppervlakken
- Laat, na ontkisting of ontvormen, geen spoor van olie achter
- Maakt geen vlekken op wit of gekleurd beton
- Laat het toe om nadien het oppervlak te bezetten of te verven (de beoordeling van de geschiktheid van de ondergrond is de verantwoordelijkheid van de uitvoerder).

PRODUCTINFORMATIE

VORM**VERPAKKING**

Vat van 210 l (verloren verpakking)
Vat van 1000 l (verloren verpakking)

OPSLAG**OPSLAGCONDITIES / HOUDBAARHEID**

5°C en + 25 °C

Sika® Separol Végétal 61 D is een water gebaseerde emulsie en kan dus niet tegen vorst.

9 maanden (bij 20°C) na productiedatum in originele, verzegelde, ongeopende en onbeschadigde verpakking.

CONFORMITEIT**SYNAD classificatie voor ontlastingsmiddelen
Version 2010**

Gebruiker	Brandveiligheid	●●
	Hygiëne	●●●●
Milieu	VOS	●●●●
	Biologisch afbreekbaar	●●●●

● gunstig

○ ongunstig

TECHNISCHE GEGEVENS**DENSITEIT BIJ +20°C**

~0,98 kg/l

VLAMPUNT

≥ 100 °C

KRISTALLISATIEPUNT

= 0 °C

VISCOSITEIT OP 20°C

~10 mPa.s

OPLOSMIDDELEN

Bevat geen oplosmiddelen

TOTAAL AROMATEN

< 1%

BIOLOGISCHE AFBREEKBAARHEID

Maximale biologisch afgebroken hoeveelheid na 28 dagen: 90%

(NF EN ISO 9439 – OCDE 301 B)

Gemakkelijk biologisch afbreekbaar product.

SYSTEEMINFORMATIE

TOEPASSINGSDetails

VERBRUIK

Met 1 liter Sika® Separol Végétal 61 D kan- afhankelijk van de omstandigheden- volgende oppervlakte behandeld worden:

- 20 tot 40 m² voor een absorberend, onbehandeld oppervlak.
- 40 tot 60 m² voor hout, dat aan zijn oppervlak behandeld is.
- 60 tot 100 m² voor metalen bekistingsmaterialen, polyester, betonplex of geschilderd hout

TOEPASSINGSINSTRUCTIES

TOEPASSINGSMETHODE

Sika® Separol Végétal 61 D onverdund gebruiken.

Verstuif een dunne film van het product uniform over het oppervlak zonder plaatsen over te laten of te dik aan te brengen. Het oppervlak moet uniform bedekt worden met micro-druppels zonder lopers te maken.

Het wordt aangeraden om 20 minuten (bij 20°C) te wachten, tot volledige verdamping van het water en tot de microdruppels een effen laag zijn gaan vormen, om zo een homogene beschermende film te bekomen.

Toepassing op van kunststofgietsvormen zijn niet aanbevolen (oa polyurethaan), voor elke andere kunststof is een geschiktheidstest aanbevolen.

Voor kleinere en/of complexere gietvormen raden we aan het oppervlak van de bekisting na behandeling op te wrijven met een propere doek.

GEREEDSCHAP

- Lage druk tuinsproeier (minimum 3 bar) met oranje ref 251680, gele ref 251688 of groene ref 282489 spuitkop (LASER). Opgelet de blauwe of rode spuitkop geven teveel debiet.
- Airless spuitapparatuur of pneumatische spuitapparatuur, druk 1 tot 3 bar met een platte spuitmond type Spraying System Unijet 11001, voor een optimale dekking.
- Een optimaal resultaat wordt bereikt door gebruik van luchtondersteunde lagedruk pneumatische spuitapparatuur, met een druk van de vloeistof (<1 bar) en luchtdruk (ongeveer 1 bar) die veel minder nevelvorming teweeg brengt tijdens de verstuiving.

OPMERKINGEN/BEPERKINGEN

De nodige voorzorgmaatregelen nemen om de nevel van het product niet in te ademen.

Wij raden aan de elementaire regels in verband met de hygiëne op te volgen tijdens het hanteren van het product .

Voorafgaande testen zullen uitwijzen of de verwerkingsmethode en – omstandigheden voor het product aan uw eisen voldoen.

WAARDENBASIS

Alle technische gegevens vermeld in deze Technische Fiche zijn gebaseerd op laboratoria testen.

Actueel gemeten gegevens kunnen verschillend zijn door omstandigheden buiten ons controle.

LOKALE BEPERKINGEN

Let op dat als gevolg van specifieke plaatselijke voorschriften, de prestaties van dit product van land tot land kunnen variëren. Raadpleeg het lokale productinformatie-blad voor de precieze beschrijving en toepassingsmogelijkheden.

Technische fiche
Sika® Separol Végétal 61 D
5/11/2013, VERSIE 1

NI/Belg®



**VEILIGHEIDS- EN
GEZONDHEIDSVOORSCHRIFTEN**

Voor informatie en advies over de veilige hantering, opslag en verwijdering van chemicaliën verwijzen wij de gebruiker naar het recentste veiligheidsinformatieblad die fysische, ecologische, toxicologische en andere veiligheidsgegevens bevat.

HERINNERING

Onze producten dienen zorgvuldig te worden opgeslagen, aangebracht en gehanteerd.

WETTELUKE INFORMATIE

De informatie, en met name de aanbevelingen met betrekking tot de toepassing en het eindgebruik van Sika-producten, wordt in goed vertrouwen verstrekt op basis van de huidige kennis en ervaring van Sika met producten die op de juiste wijze zijn opgeslagen, behandeld en toegepast onder normale omstandigheden in overeenstemming met de aanbevelingen van Sika. In de praktijk zijn de verschillen in materialen, onderlagen en werkelijke omstandigheden ter plaatse zodanig dat er geen garantie kan worden ontleend met betrekking tot verhandelbaarheid of geschiktheid voor een bepaald doel, noch enige aansprakelijkheid voortvloeiend uit enige juridische relatie, op basis van deze informatie, of uit enige schriftelijke aanbevelingen of enig ander advies dat wordt gegeven. De gebruiker van het product moet de verenigbaarheid van het product testen voor de beoogde toepassing en doel. Sika behoudt zich het recht om de producteigenschappen te wijzigen. Onze verantwoordelijkheid zou in geen enkel geval in het gedrang kunnen worden gebracht, in de veronderstelling van een uitvoering die niet conform is met onze inlichtingen. De eigendomsrechten van derden dienen te worden gerespecteerd. Alle bestellingen worden aanvaard onder de huidige verkoop- en leveringsvoorwaarden. Gebruikers dienen altijd de meest recente uitgave van het lokale technische informatieblad te raadplegen voor het betreffende product; exemplaren hiervan worden op verzoek verstrekt.

VOOR MEER INFORMATIE OVER DE SIKA ONTKIESTINGSMIDDELEN:



SIKA NV
Concrete
Pierre Dupontstraat 167
1140 Brussel
Belgium
www.sika.be

Tel.: +32 (0)2 726 16 85
Fax: +32 (0)2 726 28 09
E-mail: info@be.sika.com

Technische fiche
Sika® Saperol Végétal 61 D
5/11/2013, VERSIE 1

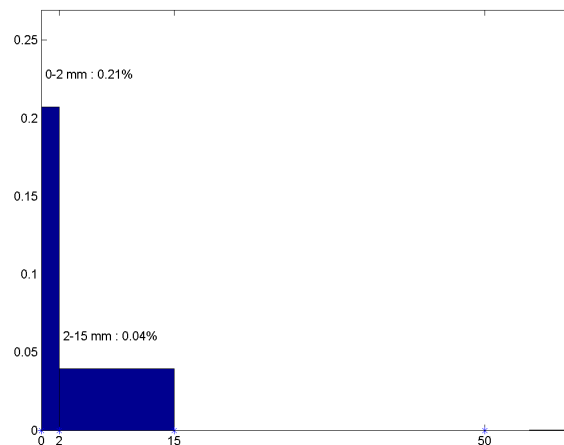
NL/Belg®

© 2013 Sika nv/Belg®

Bijlage P: Tervuren – visualisatie luchtbellen en histogrammen luchtbelgehalte referentieoppervlakken 1 t.e.m. 4



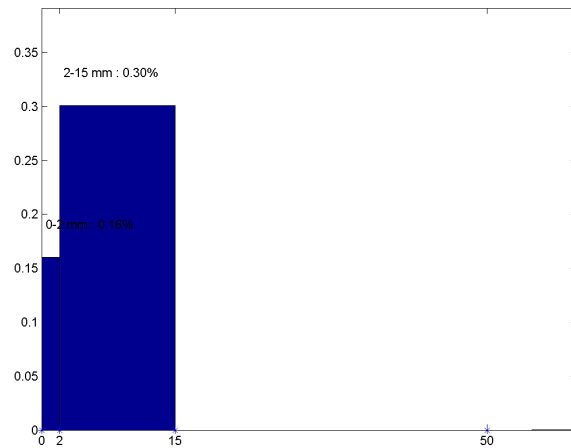
Figuur 40: Tervuren - referentiekolom , visualisatie luchtbellen



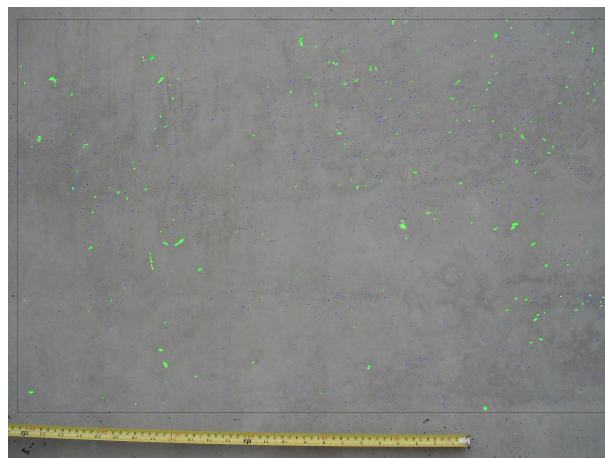
Figuur 41: Tervuren - referentiekolom , histogram luchtbelgehalte



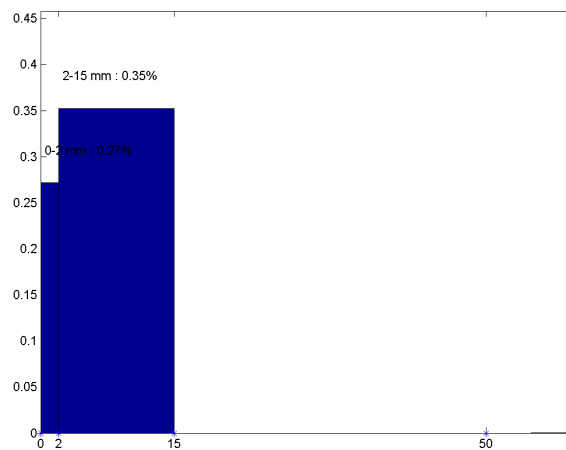
Figuur 42: Tervuren - referentiewand 1, visualisatie luchtbellen



Figuur 43: Tervuren - referentiewand 1, histogram luchtbelgehalte



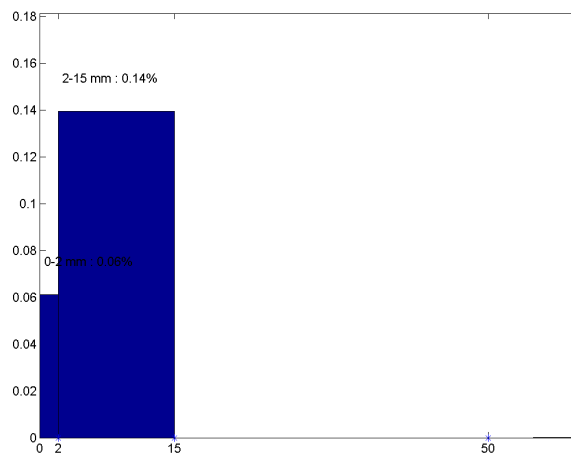
Figuur 44: Tervuren - referentiewand 2, visualisatie luchtbelen



Figuur 45: Tervuren - referentiewand 2, histogram luchtbelgehalte

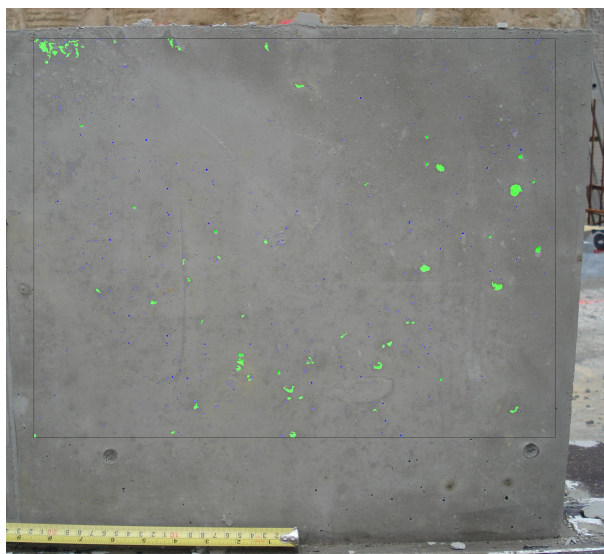


Figuur 46: Tervuren - referentiewand 3, visualisatie luchtbellen

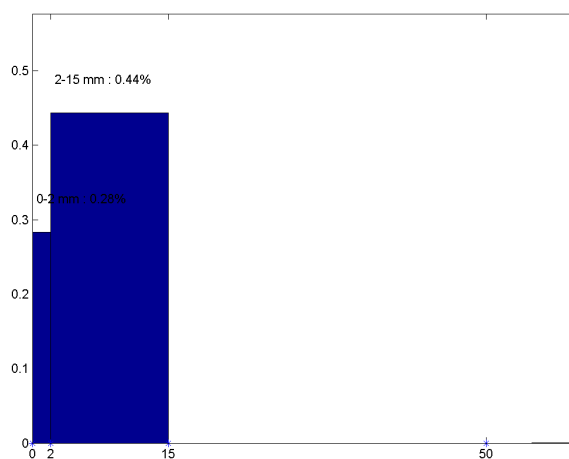


Figuur 47: Tervuren - referentiewand 3, histogram luchtbelgehalte

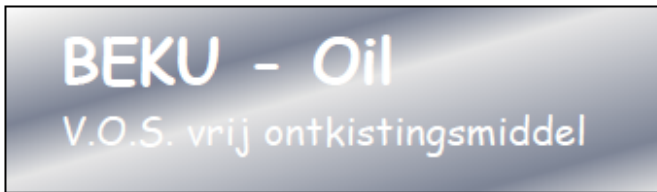
Bijlage Q: Tervuren – visualisatie luchtbellen en histogrammen proefstukoppervlak 2



Figuur 48: Tervuren - proefstuk oppervlak 2, visualisatie luchtbellen



Figuur 49: Tervuren - proefstuk oppervlak 2, histogram luchtbelgehalte



V.O.S. vrij milieuvriendelijke vormolie, geschikt voor de productie van architectonische betonelementen en werfgebruik.

Toepassing

- afsluitingen
- balken en kolommen
- wandelementen, kelders, gietmuren.

Beschrijving

Het ontkistingsmiddel Beku-Oil bevat enkel aromaatvrije en minerale basisoliën, en biologisch snel afbreekbare additieven. Beku-Oil bevat geen vluchtige oplosmiddelen. (V.O.S.)
Beku-Oil wordt onverdund gebruikt

Eigenschappen

- dichtheid 20°C : 0.87 kg/l (iso 3675)
- viscositeit 25°C : 13 mm²/sec (iso 3104)
- kleur : licht geel
- reuk : quasi reukloos

Gebruik

Beku-Oil wordt bij voorkeur aangebracht met een vernevelingsspuit of rol (Spray tip SS800067 of SS800050)
Zorg dat het product in een gelijkmatige film wordt aangebracht, zo vermijdt U vlekvorming en overmatig gebruik..

Opslag en verpakking

Beku-Oil is beschikbaar in bulk, in vaten van 210 liter, bussen van 25 liter.
De bulk tanks en leidingen zijn bij voorkeur uit staal, PE of roestvrij staal. Vermijdt het gebruik van zink (galva), koper of messing

Milieu

Geen vluchtige componenten (V.O.S. tot 25°C)

Veiligheid

- Vlampunt : >100°C
- Vluchtige Organische Stoffen : geen (bij 25°C)
- R-Zinnen : geen
- Aromaten : < 0.02
- HSE informatie op aanvraag

De geciteerde inlichtingen worden ter goeder trouw gegeven. Geen gevaar bij gebruik van het product volgens de voorschriften en voor de toepassing waarvoor ze voorzien zijn.

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling:

Voorspelbaarheid van de luchtbelvorming in zichtbeton door middel van een proefbekisting

Richting: **master in de industriële wetenschappen: bouwkunde**

Jaar: **2015**

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

Universiteit Hasselt zal mij als auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

De Gronckel, Brecht

Oome, Eline

Datum: **30/05/2015**