HOGESCHOOL ROTTERDAM

SUSTAINABLE SOLUTIONS

RDM

Herbestemming, Hergebruik & Herbeoordeling van bestaande betonnen daken

Een onderzoek waarbinnen gestreefd is naar een eerste ontwerp van een QuickScan voor bestaande betonnen dakvloeren. Met als doel om eventuele constructieve restcapaciteit aan te tonen. Het onderzoek is beperkt tot het beschouwen en analyseren van lijnvormig (4-zijdig) ondersteunde dakvloeren, welk tevens in het werk geïsoleerd en op basis van de GBV van 1950 en GBV 1962 zijn ontworpen.

Afstudeerscriptie

Auteur:
M.Karim

Classificatie
Begroeide Daken

Reversie:
5.0

Datum:
23 September 2013

Status:
Concept

Vertrouwelijk Behandelen

| betonrestore

COLOFON

EINDRAPPORTAGE AFSTUDEERONDERZOEK: Herbestemming van bestaande betonnen daken

AFSTUDEERSETTING:

Voor het afronden van de Bachelor Building Environment voor de titel Bouwkundig Ingenieur aan de faculteit Bouwkunde aan de Hogeschool Rotterdam met de afstudeerrichting Constructief Ontwerpen.

KORTE OMSCHRIJVING:

Een onderzoek waarbinnen gestreefd is naar een eerste opzet van een QuickScan voor bestaande betonnen dakvloeren. Met als doel om eventuele constructieve restcapaciteit aan te tonen. Het onderzoek is beperkt tot het beschouwen en analyseren van lijnvormig ondersteunde dakvloeren, welk tevens in het werk gestort en op basis van de GBV van 1950 en GBV 1962 zijn ontworpen.

Aanleiding voor dit onderzoek is het doel van de MKB- Classificatie begroeide daken. Waarbij het versneld invoeren van begroeide daken op bestaande daken, het gebrek aan eenduidige regelgeving omtrent begroeide daken en regelgeving omtrent beoordelen van bestaande betonconstructies in Nederland centraal staan.

AUTEUR:

Madina Karim
[Afstudeerder]

Studentnr.	0816995
Opleiding	Bouwkunde
Instituut	IGO
Adres	Stekelbrem 1 3068 TA Rotterdam; Nederland
Contactgegevens:	Mob. : [+31] 6 48 05 0369 E-Mail: madinakarimm@gmail.com

AFSTUDEERBEGELEIDINGSCOMISSIE:

Dr. Drs. Ir. C.M. Ravesloot
[Lectoraat Innovatie Bouwproces en Duurzaamheid HR | Lector HR]

Directiekade 23
3008 KA
Rotterdam; Nederland

Mob. : [+31] 6 16 91 0660
E-Mail: christophmaria@ravesloot.nl

Ing. E.Bruins
[Betonrestore | Technisch Manager & Betononderhoudsdeskundige]

Veersteeg 1
4212 LR
Spijk; Nederland

T : [+31] 83 64 36 66
E-Mail: e.bruins@betonrestore.nl

Dr. Ing. A. Detzel
[Hogeschool Rotterdam | Afstudeerbegeleider]

G.J.de Jonghweg 4-6
3015 GG
Rotterdam; Nederland

T. : [+31] 0 794 5378
E-Mail: a.detzel@hr.nl

VERTROUWELIJKHEIDSVERKLARING:

De informatie in dit afstudeerrapport is uitsluitend bestemd voor de geadresseerde(n). Gebruik van deze informatie door anderen dan de geadresseerde(n) is verboden. Openbaarmaking, vermenigvuldiging, verspreiding en/of verstrekking van deze informatie aan derden is niet toegestaan. Het rapport dient strikt confidentieel te worden behandeld en mag door derden voor geen enkele andere reden worden aangewend dan uit scriptiebeoordelingsperspectief.

INHOUDSOPGAVE

Colofon ***2***

Inhoudsopgave ***3***

Voorwoord ***4***

Samenvatting ***5***

1 Inleiding ***6***

1.1 Aanleidinging Onderzoek 6

1.2 Probleemstelling 6

1.2. Onderzoeksvragen 8

1.3. Doelstelling 9

1.4. Opbouw Rapportage 10

2. Literatuurstudie ***11***

2.1. GBV'62 Versus Eurocode 2 11

2.2. Voordeel EEM - Modellering 18

2.3. Materiaaleigenschappen versus draagvermogen 19

3. CaseStudie ***25***

3.1. Archiefonderzoek 25

3.2. De Bijenkorf: 26

4. QuickScan ***30***

4.1. Analyse Archiefstukken 32

4.2. *Analyse dakvloerconstructie a.h.v. archiefstukken* 32

4.3. Visuele inspectie & *Verifiëren archiefstukken* 33

4.4. Herberekeningen 33

5. Advies & Aanbevelingen ***34***

5.1. Conclusie 34

5.2. Advies & Aanbevelingen 35

Bibliografie ***36***

Lijst met afbeeldingen ***37***

Bijlagen ***38***

Bijlage A: Aanleiding onderzoek ***38***

Bijlage B: Gebruikte eenheden en symbolen ***46***

Bijlage C – Analyse Casestudie ***51***

Bijlage E: Destructief/non-destructief onderzoek ***76***

Bijlage F: Principe begroeide daken ***77***

Bijlage G: QuickScan ***78***

VOORWOORD

Met het schrijven van dit voorwoord realiseer ik dat het einde van een bijzondere periode is aangebroken. Met het afronden van deze scriptie sluit ik namelijk mijn tijd als studente Bouwkunde aan de Hogeschool Rotterdam af.

Voor het verwerven van een geschikt afstudeeronderzoek heb ik het lectoraat Innovatie Bouwproces en Duurzaamheid (IB&D) benaderd. Eerdere ervaringen en samenwerking met een andere lectoraat van de Hogeschool Rotterdam was hiervoor de aanleiding. Lector Christoph Maria Ravensloot had al gauw een onderzoek voor mij klaar liggen, welk bovendien binnen mijn interessegebied lag. Namelijk het aantonen van mogelijke restpotentie van bestaande betonnen daken in de stad Rotterdam.

Gedurende periode februari 2013 tot en met augustus 2013 ben ik in het kader van mijn onderzoek gedetacheerd geweest bij BetonRestore BV te Spijk. Waar ik onder intensieve en enthousiaste begeleiding mijn onderzoek heb verricht.

Mijn onderzoek is een deelonderzoek binnen het onderzoek ''Classificaties begroeide daken van het lectoraat IB&D" [1] Binnen dit grote onderzoek staat het versneld invoeren van begroeide daken centraal. Voor de diverse typen bestaande betonnen dakconstructies is, door het gebrek aan eenduidige berekeningsmethoden, een methode opgezet waarmee mogelijk restdraagvermogen kan worden aangetoond.

Om herbestemming van deze betonnen daken mogelijk te maken, is binnen dit onderzoek aan de hand van een typologisch onderzoek gezocht naar de meest voorkomende typen betonnen dakvloerconstructies. Waarbij de gebruikte normgeving een maatgevende filter was. Overige filters en wijze van afbakening van het onderzoeksgebied is terug te lezen in bijlage [A]. Mijn onderzoek richt zicht uitsluitend op bestaande lijnvormig ondersteund betonnen dakvloeren, welk tevens in het werk gestort en ontworpen & gebouwd zijn in de periode 1950 tot en met 1975.

Voor het opzetten van een QuickScan is een tweetal gebouwen in Rotterdam uit de eerder genoemde bouwperiode nader beschouwd en herberekend. Dit is een interessante en leerzame wijze geweest om de huidige stand van zaken omtrent herberekenen en constructief beoordelen van bestaande betonconstructies in de vingers te krijgen. Naar mijn mening heeft dit onderzoek een nuttig adviesrapport en een eerste ontwerp voor een QuickScan opgeleverd. Dit kan als een handvat dienen voor andere professionals voor verdere verfijning en aanvulling van andere typen bestaande betonnen dakvloeren.

Het opzetten van mijn methode zou niet zijn gelukt zonder de ondersteuning en zeer enthousiaste begeleiding van dhr. Edwin Bruins en Mevr. Annette Detzel. Zij hebben mij begeleid namens BetonRestore Bv en de Hogeschool Rotterdam. Mijn dank is groot!

Ook wil ik dhr. Christoph Maria Ravesloot (Lector van het lectoraat IB&D van de Hogeschool Rotterdam) bedanken voor zijn begeleiding en het aanbieden van dit onderzoek.

Elke begeleider wist mij op zijn eigen manier te motiveren, adviseren en te bekritiseren, mede daardoor is mijn afstudeeronderzoek geworden voor wat het nu is.

Tevens wil ik de verschillende experts/deelnemers van het SIA-RAAK onderzoek bedanken voor hun tijd en medewerking. Eveneens wil Eric Colijn en alle andere collega's van Betonrestore bedanken voor hun tijd, medewerking en gastvrijheid.

Tot slot wil ik mijn ouders en overige familie en vrienden bedanken, die mij gedurende mijn gehele studielooptijd hebben gesteund.

Madina Karim

1 Lectoraat innovatie bouwproces duurzaamheid, Geraadpleegd op 1 februari 2013, http://www.rdmcampus.nl/onderzoek/innovatie-bouwproces-en-duurzaamheid

Rotterdam, september 2013

SAMENVATTING

Steeds meer steden in Nederland hebben te kampen met wateroverlast. Als gevolg van onder andere het veranderde klimaat en de daarmee toenemende hevige regenval in combinatie met een gebrek aan (openbaar) groen & water en de aanwezigheid van veel verhard oppervlak in de stad.

Eén van die grote steden is Rotterdam. Daarom stelde Gemeente Rotterdam in 2007 nieuwe beleidsplannen op ten aanzien van de wateroverlast en bracht deze onder in het 2e Waterplan. Het 2e Waterplan geeft diverse mogelijkheden voor het oplossen van de wateroverlast in de stad Rotterdam. Een van de mogelijke oplossingen is het toepassen van (waterbufferende) begroeide daksystemen op bestaande betonnen daken.

In hoeverre dit (technisch) haalbaar is, wordt binnen het onderzoek ''Classificaties van Begroeide daken'' onderzocht. Dit is een lopend onderzoek van het lectoraat Innovatie Bouwproces & Duurzaamheid (IB&D), welk in samenwerking met studenten en diverse experts uit het bedrijfsleven wordt uitgevoerd. (Deel)onderzoeken binnen dit onderzoek hebben betrekking op de onderwerpen; wind, water, waarde, warmte, sterkte & energie.

Dit (deel)onderzoek heeft betrekking op het onderwerp sterkte. Specifiek gaat het om de constructieve eigenschappen van de bestaande betonnen onderconstructie van de begroeide daksystemen. Binnen de kaders van het onderzoek is er gezien de omvang van het onderzoek voor gekozen om het onderzoek te beperken tot het beschouwen en analyseren van in het werk gestorte en lijnvormig (4-zijdig) ondersteunde betonnen dakvloeren uit de periode 1950-1975. Deze keuze heeft betrekking tot de wens van de Gemeente Rotterdam en van het lectoraat IB&D om op een versnelde tempo een groot oppervlak bestaande daken in Rotterdam te voorzien van begroeide daksystemen. Daarvoor is aan de hand van een typologisch onderzoek gezocht naar het meest voorkomende type dakconstructie en naar een gebied met het meeste wateroverlast. Nadere toelichting en uitwerking van deze afbakening is terug te lezen in bijlage [A].

Het onderzoek heeft geresulteerd in een eerste ontwerp van een QuickScan, waarmee constructeurs/ontwerpers op een snelle en eenvoudige manier de constructie van bestaande betonnen dakvloeren kunnen analyseren voor doeleinden als hergebruik en herbestemming. De QuickScan moet het mogelijk maken om eventuele restdraagvermogen in lijnvormig ondersteunde dakvloerenconstructies (indicatief) aan te tonen. Enkele aspecten die in de QuickScan zijn opgenomen zijn onder andere:

- De verschillen tussen de huidige normgeving en de normgeving uit de periode 1950-1975 omtrent de constructieve veiligheid van betonconstructies
- De conditie van een dakvloerconstructie; positieve en negatieve materiaaleigenschappen
- Aandachtspunten bij het verrichten van archiefonderzoek voor het achterhalen van technische gegevens, welk noodzakelijk zijn om een betrouwbare uitspraak te doen over de bestaande constructie.

Uit deze literatuurstudie is er aangetoond dat er een verschil is tussen de veiligheidsfilosofie van de GBV'62 en de huidige EC2 zit. Maar dat de huidige conditie van een constructie een maatgevende invloed uitoefent op de aanwezigheid van de daadwerkelijke restdraagvermogen. Het verzamelen van de juiste technische gegevens bij het verrichten van archiefonderzoek dient als aandachtspunt bij het doorlopen en aanvullen van de QuickScan.

Doordat ik mij in de eerste instantie een beetje heb verkeken op de omvang van het onderzoek en de diversiteit in betonnen dakvloerconstructies en invloedsfactoren realiseerde ik dat een volledige uitwerking van een QuickScan haast een onmogelijke opgave is binnen de gegeven afstudeermogelijkheden (tijd). Waardoor het onderzoek heeft geresulteerd in een eerste ontwerp van een QuickScan voor 4-zijdig opgelegde bestaande dakvloerconstructies. Waarbij dan ook niet is getracht om volledig te zijn, maar om een eerste aanzet te geven met een meer concrete uitwerking van een QuickScan. Zowel op bouwkundige als constructieve onderzoeksvlak dient er nader onderzoek te volgen. Het ontwerp voor de QuickScan is gedurende het onderzoek diverse malen bijgesteld en kan na dit onderzoek met nieuwe inzichten en vervolgonderzoeken aangevuld en bijgesteld worden.

1 INLEIDING

1.1 AANLEIDINGING ONDERZOEK

1.1.1. ACHTERGROND & AANLEIDING

Het Lectoraat Innovatie Bouwproces en Duurzaamheid is in januari 2012 begonnen met het onderzoek: *Classificatie technische eigenschappen van begroeide daken*. Dit onderzoek heeft als hoofdvraag hoe een uniforme reken- en meetmethode voor technische specificaties van begroeide daken ontwikkeld kan worden en kan bijdragen aan versnelde invoering van begroeide daken in Nederland. De specificaties hebben betrekking op thermische, water-bufferende en andere eigenschappen, die zowel voor particulier belang als voor publiek belang voordelen opleveren. [2] Bij het onderzoek dat door SIA RAAK wordt gefinancierd, zijn diverse belanghebbende partijen aangesloten, waaronder de Gemeente Rotterdam.

Het beleid van de Gemeente Rotterdam is vastgelegd in het 2e Waterplan en heeft betrekking op het reduceren van de wateroverlast in de stad Rotterdam door onder andere het toepassen van (waterbufferende) begroeide daksystemen.

Met een aandeel van ca. 79% aan platte dakoppervlakte in Rotterdam en de wens om ca. 50mm/m^2 te bufferen en deze gedurende 24-uur vertraagd af te voeren, kan het 2e Waterplan een realiseerbaar plan maken. Met het doel dat de regenpieken tijdens hevige regenbuien worden weggenomen en hiermee het rioleringsstelsel ontlast wordt en de wateroverlast in de stad voorkomen wordt.

1.2 PROBLEEMSTELLING

1.1.1. PROBLEEMSTELLING

Het toepassen van begroeide daken op bestaande daken betekent doorgaans een belastingtoename.

In hoeverre het toepassen van begroeide daken op huidige betonnen daken in Nederland mogelijk is, dient nog onderzocht te worden doordat bestaande betonnen dakvloeren:

- Ontworpen zijn volgens andere rekenmethoden
- Technische gegevens slecht of te weinig gedocumenteerd
- Bloot staan aan ouderdomseffecten

Dit betekent dat er aangetoond moet worden of bestaande daken in Nederland constructieve restpotentie[3] bezitten om deze toegankelijk te maken voor herbestemming en hergebruik.

2 Lectoraat innovatie bouwproces duurzaamheid, Geraadpleegd op 1 februari 2013,

http://www.rdmcampus.nl/onderzoek/innovatie-bouwproces-en-duurzaamheid

3 In bijlage 2 is er een product-analyse opgenomen, welk de lezer een beeld moet geven om hoeveel meer extra belasting-toename het gaat bij het toepassen van een extensieve dakbegroeiing-systeem.

1.1.2. HUIDIGE STAND

Het aantonen van mogelijke restdraagvermogen voor bestaande bouwwerken is pas mogelijk als de scala aan bouwwerken naar een bepaalde typologie gerangschikt wordt. Rangschikken naar type constructie en naar de daarbij behorende normgeving lijken hierbij de meest voor de hand liggende eerste stappen in deze rangschikking.

Aan de hand van een methodische aanpak moet het vervolgens mogelijk zijn elk type constructie te analyseren en te toetsen met het oog op het aantonen van mogelijke restdraagvermogen. Hoe snel men hierover een uitspraak kan doen is afhankelijk van de beschikbaarheid van de benodigde constructieve gegevens.

Gezien de omvang van het onderzoek en de vastgestelde onderzoekstermijn is ervoor gekozen om dit onderzoek te beperken tot het beschouwen van: in het werk gestorte en 4-zijdig ondersteunde betonnen dakvloeren.

De herbeoordeling van de constructieve veiligheid van bestaande constructies dient aan de hand van landelijke normgevingen te geschieden. Echter ontbreken dergelijke eenduidige en uniforme normgevingen voor de bestaande bouw. Wel zijn deze in ontwikkeling en worden onder de codering NEN-8700-serie anno 2019 verwacht. Overigens zijn de grondslagen (8700) en belastingen & belastingenaannamen (8701) reeds verschenen.

Ondanks het gebrek aan uniforme normgeving is het mogelijk om bestaande betonconstructies her te beoordelen. Dit door allereerst een weg te vinden tussen alle bestaande modellen en normgeving(-en) en huidige normgeving(en) omtrent het beoordelen van de constructieve veiligheid. Uit de scala aan bestaande normgeving(en) is voor dit onderzoek specifiek gekozen voor de gewapende betonvoorschriften van 1962 (GBV'62). Deze keuze is nader onderbouwd en toegelicht in bijlage [A]

Met de genoemde verschillen is een ontwerp voor een QuickScan opgezet waarmee een mogelijke restdraagvermogen in bestaande constructies kan worden aantonen. Door de typologische rangschikking van bestaande bouwwerken is het mogelijk om op areaalniveau te werk te gaan. Hiermee is het voor bijvoorbeeld Gemeente Rotterdam mogelijk om op een versneld niveau bestaande (betonnen) daken te voorzien van (waterbufferende) begroeide daksystemen.

1.2. ONDERZOEKSVRAGEN

De focus van het onderzoek ligt, door het gebrek aan regelgeving omtrent bestaande betonconstructies, op het opstellen van een methode/ QuickScan waarmee men met de beschikbare informatie in korte tijd mogelijke restdraagvermogen in bestaande betonnen dakconstructies kan aantonen.

Uit de eerder genoemde aspecten kan het volgende hoofdonderzoeksvraag geformuleerd worden:

Welke factoren spelen in het kader van herbestemming en hergebruik een rol bij het zo eenduidig en zo secuur mogelijk bepalen van de constructieve restdraagvermogen in bestaande betonnen dakvloeren in Nederland?

Alvorens deze onderzoeksvraag beantwoordt kan worden, moeten de volgende vragen beantwoord worden:

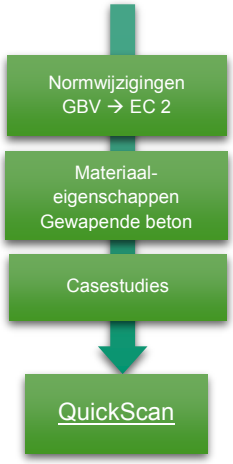
- Hoe kan men met de (huidige) regelgeving omtrent het beoordelen van betonconstructies een mogelijke draagvermogen in bestaande betonnen dakvloerconstructies aantonen?
    - Welke materiaaleigenschappen zijn van invloed op het draagvermogen van een gewapende betonnen-dakvloer?
        - Met welke materiaalkwaliteiten heeft men te maken?
        - Welke verouderingsmechanismen van het materiaal zijn van invloed op het draagvermogen van een dakvloerconstructie?
    - Welke verschillen zitten er tussen de gebruikte rekenmethode(n) (GBV'62) en de huidige rekenmethoden (EC2)?
    - Wat zijn de belangrijkste verschillen tussen de destijds gebruikte normen (GBV'62) en de huidige normgeving (EC2) m.b.t. de veiligheidsfilosofie van materialen en belastingen?
    - Is er winst te behalen uit het nauwkeuriger en 1:1 modelleren van bestaande betonconstructies met behulp van EEM-pakketten?
- Welke informatie is minimaal benodigd om een dakvloerconstructie voor de herbeoordeling van constructieve veiligheid toegankelijk te maken?
- Wanneer weegt het achterhalen van benodigde constructieve gegevens d.m.v. archiefonderzoek af tegen het achterhalen van dergelijke gegevens door het doen van destructief en niet-destructief onderzoek?

1.2.1. SCOPE VAN HET ONDERZOEK

Binnen de kaders van dit onderzoek valt:

- Het doen van literatuuronderzoek op het gebied van:
    1. Historische achtergrond van het materiaal & toepassing in 1950 – 1975
    2. Verouderingsmechanismen van beton
    3. Conditie – metingen voor betonconstructies
    4. Grootste verschillen tussen de vigerende betonnormen tussen 1950 -1975 (de GBV'62) en de huidige betonnormen anno 2013 (Eurocode 2)
- Analyseren van bestaande berekeningen & tekeningen
- Het her-berekenen van bestaande dakvloeren volgens de Eurocode
- Het her-berekenen van bestaande dakvloeren m.b.v. EEM-software
- Voor- & nadelen EEM- berekening ten opzichte van handmatige berekeningen

1.2.1.1. SCHEMATISERING VAN AANPAK:



Schema 1: Schematisering aanpak

1.3. DOELSTELLING

Het doel van het onderzoek is:

Aan de hand van een typologisch onderzoek factoren in beeld brengen, die het achterhalen van mogelijke aanwezige constructieve restcapaciteit in bestaande betonnen daken gebouwd tussen 1950 tot 1975 (op basis van GBV'62 o.a.), mogelijk maken. Hiermee is een eerste opzet van een QuickScan ontwikkeld kan worden, die het mogelijk maakt om op een snelle en eenvoudige manier mogelijke restcapaciteit in draagvermogen (indicatief) aan te tonen.

Het belang van een dergelijke QuickScan is om voor de ontwerper/constructeur handvatten te creëren bij het analyseren van bestaande gegevens en het constructief beoordelen van bestaande in het werk gestorte dakvloeren. Bovendien moet bij het doorlopen van deze QuickScan het volgende duidelijk worden:

- Wanneer het achterhalen van benodigde constructieve gegevens d.m.v. archiefonderzoek afweegt tegen het achterhalen van dergelijke gegevens door het doen van destructief en niet-destructief onderzoek, om een constructie überhaupt toegankelijk te maken voor constructieve herbeoordeling.

Tot slot moet nader onderzoek én inzichten van experts een aanvulling geven op dit eerste ontwerp. Alvorens deze QuickScan herbestemming van bestaande betonnen daken (in Nederland) kan stimuleren. En bovendien, in het kader van het versneld invoeren van waterbufferende extensieve dakbegroeiing op bestaande betonnen daken, een gedeelte van de wateropgave in Rotterdam kan oplossen.

1.4. OPBOUW RAPPORTAGE

De rapportage is als volgt opgebouwd:

LITERATUURSTUDIE

Alvorens een eigen QuickScan opgezet kon worden, was een literatuurstudie vereist. Dit om inzicht te krijgen in de huidige stand van zaken omtrent het (her-)beoordelen van bestaande betonnen (dakvloer-)constructies. In dit hoofdstuk is uitvoerig stil gestaan bij de volgende onderwerpen:

- diverse materiaaleigenschappen die de sterkte eigenschappen van het materiaal bepalen en bovendien kunnen beïnvloeden.
- Rekenmethoden volgens de oude betonnormen (GBV'62),
- Rekenmethoden volgens huidige betonnormen (EC2),
- de in ontwikkeling zijnde normen(NEN8700),

Aan de hand van deze literatuurstudie is zijn twee onderdelen voor het ontwerp van de QuickScan opgesteld.

CASESTUDIES

De eerste opzet van de QuickScan wordt in dit hoofdstuk verder aangevuld na het beschouwen van een tweetal casestudies. Bovendien is er voor gekozen om het onderzoek en de beschouwing van de casestudies te beperken tot een bepaalde groep vloertypen. Namelijk in het werk gestorte, 4-zijdig lijnvormig ondersteunde dakvloeren.

DE QUICKSCAN

Het gebruik van de QuickScan, zoals deze ontwikkeld is uit de literatuurstudie en de beschouwing van de casestudies, wordt hier nader toegelicht.

CONCLUSIE

Conclusies uit voorgaande hoofstukken zijn in dit hoofdstuk samengevat.

AANBEVELINGEN VOOR NADER ONDERZOEK

Binnen dit onderzoek is een beperkt aantal vloertypen onderzocht. Bovendien speelt de samenwerking met overige constructiedelen een rol bij het bepalen van de ''werkelijke'' draagvermogen van een dakvloerconstructie. Ook zijn er enkele onbeantwoorde bouwkundige vraagstukken met betrekking tot het toepassen van begroeide daken op bestaande betonnen daken en het daarbij waarborgen van de constructieve kwaliteit van de bestaande dakvloerconstructie op langere termijn, die voor het onderzoek van het lectoraat IB&D van belang kunnen zijn.

Het beantwoorden van deze vraagstukken is van belang als nadere aanvulling van dit eerste ontwerp van de QuickScan en als aanvulling op het lopend onderzoek van het lectoraat IB&D. Echter passen deze onbesproken en onbeantwoorde vraagstukken niet binnen de gestelde kaders van dit onderzoek. Daardoor worden deze in dit hoofdstuk aanbevolen als (mogelijke) vervolgonderzoek.

2. LITERATUURSTUDIE

Anno 2013 is voor het beoordelen van de constructieve veiligheid van betonconstructies de Eurocode 2 (EC2) van kracht. Parallel hieraan waren de gewapende betonvoorschriften van 1962 (GBV'62) in de te beschouwen periode van 1950-1975 van kracht.

In de periode 1950-1975, ook wel bekend als de wederopbouwjaren, maakte de betonindustrie in Nederland een flinke ontwikkeling door. Als gevolg van het toenemende vertrouwen in wetenschap toen en tot op heden is bovendien de veiligheidsfilosofie voor materialen en belastingen veranderd.

Daarnaast staat het materiaal beton bloot aan verouderings- en aantastingsmechanismen, die het draagvermogen van een constructie direct of indirect beïnvloeden.

De verschillen in de veiligheidsfilosofie tussen beide normen en de huidige conditie van een betonnen dakvloer zijn van invloed op het uiteindelijke draagvermogen en dienen daarom ook in beeld gebracht te worden. Op basis van deze verschillen is het mogelijk om een methode op te zetten voor de herbeoordeling van een bestaande in het werk gestorte en lijnvormig ondersteunde dakvloer.

2.1. GBV'62 VERSUS EUROCODE 2

2.1.1. SAMENHANG BETONVOORSCHRIFTEN

Zowel Eurocode 2 als de GBV'62 zijn bedoelt voor het ontwerpen en berekenen van constructies in (on)gewapende beton en voorgespannen betonconstructies gemaakt op basis van normale en lichte toeslagmaterialen. De grondslagen voor de sterkteberekeningen van EC2 en GBV'62 zijn verwerkt in andere normen. Vanuit het bouwbesluit worden er bepaalde minimum veiligheidsniveaus geëist, deze eisen zijn verwerkt in de grondslagen. Daarom kunnen de eisen vanuit het bouwbesluit buiten beschouwing gelaten worden.

Eurocode 2 wordt in samenhang met de volgende reeks normen gebruikt:

- Eurocode 0 - Grondslagen van het constructief ontwerpen
- Eurocode 1 - Belastingen op constructies
- Eurocode 7 -
- Eurocode 8
- NEN's
- ENV13670

De GBV'62 wordt in samenhang met de volgende norm gebruikt:

- TGB 1955

2.1.2. REKENMETHODEN

De benodigde "ingrediënten" voor een dakvloerberekening op basis van EC2 & GBV'62 zijn:

- Veiligheidsfilosofie materialen & belastingen
  - Belastingen
  - Betonkwaliteit
  - Staalkwaliteit
- Randvoorwaarden vloerconstructie
  - Geometrie vloer
  - Type opleggingen
- Duurzaamheid vloerconstructie
  - Betondekking
  - Scheurwijdte en maximale doorbuiging

2.1.3. VEILIGHEIDSFILOSOFIE GBV'62

De GBV'62 hanteert in tegenstelling tot EC2 twee rekenmethoden. De zogenaamde n-methode en de breukmethode. De n-methode is een rekenmethode die voortvloeit uit de voorgaande GBV-reeks. Met de introductie van de breukmethode in de GBV'62 werd de n-methode niet verworpen. Zo leveren beide methode geen grote verschillen in uitkomst(en) en zijn deze bovendien kort en bondig genoeg voor een snelle en eenvoudige aanpak van vloeren.

<u>Overeenkomst:</u>

Een belangrijke overeenkomst tussen beide rekenmethoden is: Voor de belastingen hanteerde men de maximale toelaatbare drukspanningen (gerelateerd aan de betonsterkteklassen) bij het werkelijke eigen gewicht en een ongunstig geschatte veranderlijke belasting.

<u>Verschillen:</u>

In de n-methode worden alle belastingen zonder een expliciete veiligheidsfactor meegenomen. Deze is op een expliciete wijze meegenomen in een n-factor met n=15. Welk is bepaald aan de hand van de breukstadium van betonkwaliteit K160. Dit was destijds de laagste betonkwaliteit, waardoor men van het meest ongunstige geval uitgaat met een factor n=15 (verhoudingsgetal tussen E-modulussen beton en staal). Het gevolg van deze methode/aanpak is dat bij twee verschillende constructies, ontworpen met gelijke spanningen, de veiligheid tegen breuk varieert.

Bij de breukmethode wordt het gebruiksmoment vermenigvuldigd met vaste veiligheidscoëfficiënten. Deze kunnen variëren tussen 1,64; 1,72 & 1,8 afhankelijk van het vloertype. Hiermee heeft men zicht op de werkelijke veiligheid tegen breuk per constructie.

Bovendien gaat de n-methode uit van een ongescheurde betonelement. Waardoor er ten onrechte met een hogere E-modulus gerekend wordt. Dit heeft effect op de krachtswerking en vervorming van de vloer. Voor de sterkte eigenschappen van een vloer op basis van de n-methode ging men ervan uit dat de E-modulussen tussen het beton en betonstaal aan elkaar gelijk waren.

Een belangrijke stap in de QuickScan moet dan ook zijn: Nagaan welke rekenmethode, welke vloertype en welke veiligheidsfactor er gehanteerd is om deze te kunnen vergelijken met de herberekeningen op basis van EC2.

Indien een vloerconstructie op basis van de n-methode wordt aangetroffen, dient men deze eerst op basis van de breukmethode te herberekenen. Om zo de juiste vergelijking qua verwerkte veiligheid te kunnen vergelijken met de herberekeningen op basis van EC2.

2.1.4. VEILIGHEIDSFILOSOFIE EC2

In de Eurocode 2 hanteert men karakteristieke waarden voor de belastingen. Bovendien word de veranderlijke belasting en het eigen gewicht met aparte veiligheidsfactoren vermenigvuldigd alvorens deze in de sterkte berekeningen worden meegenomen. De bedraagt voor het eigen gewicht 1,2 en voor de verandergelijke belasting 1,5 in maatgevende situatie. Dit levert een overallfactor van 1,35 op.

Bij het vergelijken van deze waarde met het minimum overallfactor die gehanteerd wordt volgens in GBV'62 van 1,64 zit er een verschil van 0,29. Ofwel tussen betonconstructies die op basis van de breukmethode van de GBV'62 zijn ontworpen moeten volgens huidige normen ca. 0,29/1,35 = 22% restcapaciteit bezitten. Dit geldt alleen als deze betonconstructies constructief niet aangetast zijn. Daarom is een conditie-controle zeker verreist alvorens men de reservecapaciteit vaststelt.

2.1.5. VERANDERLIJKE DAKBELASTINGEN

Zowel in de TGB1955 als de huidige EC1 worden de volgende type opgelegde (veranderlijke) belastingen genoemd:

- Onderhoudsbelasting van 1,0 kN (puntlast)
- Regenbelasting van 1,0 kN/m^2
- Sneeuwbelasting van 0,5 kN/m^2 (TGB1955) en 0,56 (EC1)

Bovenstaande belastingen kunnen niet tegelijk optreden kortom daarom wordt altijd de maatgevende belasting gehanteerd. Voor daken ≥ 10 m^2 is de regenbelasting altijd maatgevend.

De huidige waarde voor de sneeuwbelasting is opgebouwd uit een karakteristieke waarde van s_k = 0,7 kN/m^2. Deze wordt in verband met ophoping van sneeuw voor platte daken vermenigvuldigd met de sneeuwbelastingsvormcoëfficiënt u_i=0,8. Welk de sneeuwbelasting van 0,56 kN/m^2 oplevert. TGB 1955 gaat van een iets lagere waarde zonder veiligheidsfactor voor ophoping uit. Het verschil is daarin 0,06 kN/m^2.

2.1.6. BETONKWALITEITEN

Om voor de herberekeningen gebruik te kunnen maken van tabellenbijlage van EC2 moeten de betonkwaliteiten van 1950-1975 met de huidige betonkwaliteiten te vergelijken zijn. Deze kunnen op basis van hun druksterkten vergeleken worden:

Norm	Betonsamenstelling/-sterkteklasse	Gemiddelde kubusdruksterkte* [MPa]	Toelaatbare drukspanning [MPa]	Rekenwaarde druksterkte [MPa]	Veiligheidsfactor γ_{tot}		
					$\gamma_{mat} * \gamma_{bel} = \gamma_{tot}$		
GBV '50	B150 (= zonder bouwcontrole)	15,0 * 1,05 =15,8	4	-	-	-	4,0
	B200 (= met bouwcontrole)	20,0 * 1,05 =21,0	5	-	-	-	4,2
	B250 (= met bouwcontrole)	25,0 * 1,05 =26,3	6	-	-	-	4,4
GBV '62	K160	16,0 * 1,05 =16,8	4	-	-	-	4,2
	K225	22,5 * 1,05 =23,6	5,5	-	-	-	4,3
	K300	30,0 * 1,05 =31,5	7,5	-	-	-	4,2
EC 2	C12/15	15,0 + 8 = 23,0	-	8	2,9	1,2-1,5 (reken als 1,35 dwz BB:OB=1:1)	3,9
	C16/20	20,0 + 8 = 28,0	-	10,7	2,6		3,5
	C20/25	25,0 + 8 = 33,0	-	13,3	2,5		3,4

Tabel 1: Vergelijking betonkwaliteiten & veiligheidsfactor op basis van de GBV van 1950, de GBV van 1962 en EC2 van 2012. Met 10 kgf/cm2 = 1N/mm2 = 1MPa. Zie ook [19] voor nadere toelichting voor bovenstaande tabel.

GBV'62 hanteert drie betonkwaliteiten: K160, K225, K300. Deze hebben een kubusdruksterkte van tenminste 160,225 en 300 kgf/cm^2 (10 kgf/cm^2 = 1N/mm^2 = 1MPa). Met een kubusdruksterkte van het gemiddelde van drie kubussen met ribben 200mm na 28 dagen verharding.

In de Eurocode wordt er voor normaal beton tien verschillende betonklassen gehanteerd (C12/15 t/m C50/60). Deze worden aangeduid met een kubus- en cilinderdruksterkte. Welk karakteristieke waarden zijn en bepaald zijn na 28 dagen verharding.

GBV 1912 – 1962: $\gamma_{totaal} = \frac{\mu_{mat}}{\text{toelaatbare drukspanning}}$

VB 1974 – Eurocode 2012: $\gamma_{totaal} = \gamma_{bel} \cdot \gamma_{mat} = \frac{S_d}{S_k} \cdot \frac{\mu_{mat}}{R_d}$

Het verschil van de gebruikte kubusafmetingen en de in EC2 gebruikte karakteristieke waarden kunnen zodanig omgerekend worden dat de kubusdruksterkten op basis van beide normen vergelijkbaar zijn. Waarmee vervolgens de totale veiligheidsfactor γ_{tot} kan worden berekend. De wijze waarop dit gedaan is nader toegelicht in [19].

2.1.7. VEILIGHEIDSFACTOR – PARTIELE MATERIAALFACTOR BETON

GBV'62 geeft per betonkwaliteit een toelaatbare drukspanning op waarin een overallfactor voor langeduurseffecten en een belastingsfactor voor het werkelijke eigen gewicht in combinatie met een ongunstig geschatte nuttige belasting is verwerkt. De verhouding tussen de gemiddelde kubusdruksterkte en de toelaatbare drukspanning levert de totaal verwerkte veiligheid in een constructie op. Hoe de toelaatbare spanning per betonkwaliteit is vastgelegd is niet duidelijk na het doen van deze literatuurstudie.

EC1 hanteert een vaste materiaalfactor voor beton en vaste veiligheidsfactoren voor belastingen. De gemiddelde kubusdruksterkte wordt gereduceerd met langeduurseffecten, waarbij de rekenwaarde verkregen wordt. De verhouding tussen de gemiddelde kubusdruksterkte en de rekenwaarde voor de kubusdruksterkte levert een veiligheidsfactor voor het materiaal op.

Bij het vergelijken van y_{tot} is het duidelijk dat een reserve verwerkt is in het beton.

2.1.8. STAALKWALITEITEN

In tegenstelling tot de brede scala aan betonkwaliteiten zijn de staalkwaliteiten anno 2013 gereduceerd van ca. 7 naar 2 soorten. De veiligheidsfilosofie voor staal wordt op hetzelfde manier als bij beton benaderd. Voor het verkrijgen van de rekenwaarde van de treksterkte van staal is de gemiddelde treksterkte gereduceerd met een partiele materiaalfactor van 1,15.

Norm	Staalsterkte-klasse	Vloei-/0,2% rekgrens [MPa]	Gemiddelde treksterkte [MPa]	Toelaatbare trekspanning [MPa]		Rekenwaarde treksterkte [kg/cm²]	Veiligheidsfactor γ_{tot}		
				balken	platen		γ_{mat} * γ_{bel} = γ_{tot}		
GBV '50	OR22	220	340	130	140	-	-	-	2,6
	OR24	240	360	140	150	-	-	-	2,6
	OR30	300	420	160	170	-	-	-	2,6
	OR(n)36	360	480	180	190	-	-	-	2,7
	OR(n)42	420	540	200	210	-	-	-	2,7
	OR(n)48	480	600	220	230	-	-	-	2,7
	OR(n)54	540	660	240	250	-	-	-	2,8
GBV '62	OR22	220	340	130	140	-	-	-	2,6
	OR24	240	360	140	150	-	-	-	2,6
	OR(n)32	320	420	180	190	-	-	-	2,3
	OR(n)40	400	500	220	230	-	-	-	2,3
	OR(n)48	480	580	260	270	-	-	-	2,2
VBC 1995	FeB 220	220	340	-		190	1,8	1,2-1,5 (reken als 1,35 dwz BB:OB=1:1)	2,4
	FeB 240	240	360	-		200	1,8		2,4
	FeB 400	400	500	-		350	1,4		1,9
	FeB 500	500	580	-		435	1,3		1,8
EC 2	FeB 400	400	500	-		350	1,4	1,2-1,5 (reken als 1,35 dwz BB:OB=1:1)	1,9
	FeB 500	500	580	-		435	1,3		1,8

Tabel 2: Vergelijking staalkwaliteiten & veiligheidsfactor op basis van de GBV van 1950, de GBV van 1962 en EC2 van 2012. Met 10 kgf/cm2 = 1N/mm2 = 1MPa. Zie ook [19] voor nadere toelichting voor bovenstaande tabel.

2.1.9. NEN-8700 (BEOORDELEN VAN BESTAANDE BOUWCONSTRUCTIES 2011)

De NEN-8700 is onlangs nieuw verschenen norm en gaat in de beoordeling van bestaande bouw. Deze nieuwe leidraad volgt enkele grondslagen. Zo moet men bij het constructief beoordelen van bestaande bouw deze toetsen aan de nieuwbouweisen. Leidt deze toetsing tot disproportionele kosten dan mag deze pas getoetst worden aan het verbouwniveau. Het verbouwniveau is een veiligheidsniveau tussen het nieuwbouwniveau en het afkeurniveau in. De voorwaarde voor deze toetsing is dat de ontwerplevensduur minstens 15 jaar is overschreden en dat er een restlevensduur van 15 jaar over is. Het voordeel van een lager veiligheidsniveau, zijn lagere veiligheidsfactoren. Dit kan in gevallen waarbij de opgelegde belastingen verhoogd wordt en het net niet voldoet aan de nieuwbouweisen een voordeel betekenen in economische zin. Echter valt het op dat in deze regelgeving nog niets is opgenomen voor gebouwen die ouder zijn dan hun ontwerplevensduur en nog in ''goede'' staat verkeren om afgekeurd te worden. Indien deze bouwwerken ook op verbouwniveau gekeurd mogen worden zou dit een economische voordeel en wellicht het toepassen van extra opgelegde belastingen mogelijk maken. Het bestuderen van deze norm levert geen uitspraak voor eventuele reducties van materiaalspanningen of belastingen bij bestaande betonnen constructies die ouder zijn dan 15 jaar. En met betrekking tot de gekozen bouwperiode binnen dit onderzoek ouder zijn dan 50 jaar.

2.1.10. RANDVOORWAARDEN VLOERCONSTRUCTIE

De wijze waarop de geometrie en de type opleggingen voor vloeren worden bepaald komt overeen met de huidige werkwijze. Hierom zal hierop geen nader toelichting volgen.

Uiteraard is de gedachtegang van de constructeur hier en daar iets afwijken van de regelgeving. Zo kan hij voor een doorlopende vloer een gedeeltelijke inklemming hebben gekozen of een volledige inklemming.

2.1.11. DUURZAAMHEID VLOERCONSTRUCTIE

Bij het vergelijken van de beide normen valt het op dat de GBV'62 de scheurwijdte – berekeningen, voor ''droge'' constructies, dus welk niet aan weer en wind zijn blootgesteld niet meeneemt.

Echter wordt volgens de Eurocode de scheurwijdte wel meegenomen en wordt behalve de milieuklassen deze gerelateerd aan de staafafstand van de wapening of aan de diameter van de wapening dat is toegepast.

Met het oog op de toenemende kruip in beton en dus wellicht een toename van de vervorming in de vloer welk tot scheurvorming kan leiden is het aan te raden om de scheurwijdte bij de herberekeningen mee te nemen alvorens de vloer extra belast wordt.

De doorbuigingsberekeningen worden op dezelfde manier gedaan. Bovendien wordt er aan de hand van deze berekeningen de nuttige vloerdikte bepaald. Welk gerelateerd is aan de doorbuigingsregel 1/500 *l_x. In tegenstelling tot de Eurocode waar men eerst aan de hand van vuistregels de vloerdikte benaderd en daarna nog een doorbuigingsberekening maakt.

2.1.12. KORTOM

Uit het bestuderen van de bestaande en huidige normgeving omtrent constructief herbeoordeling van betonconstructies kan men de volgende conclusies trekken:

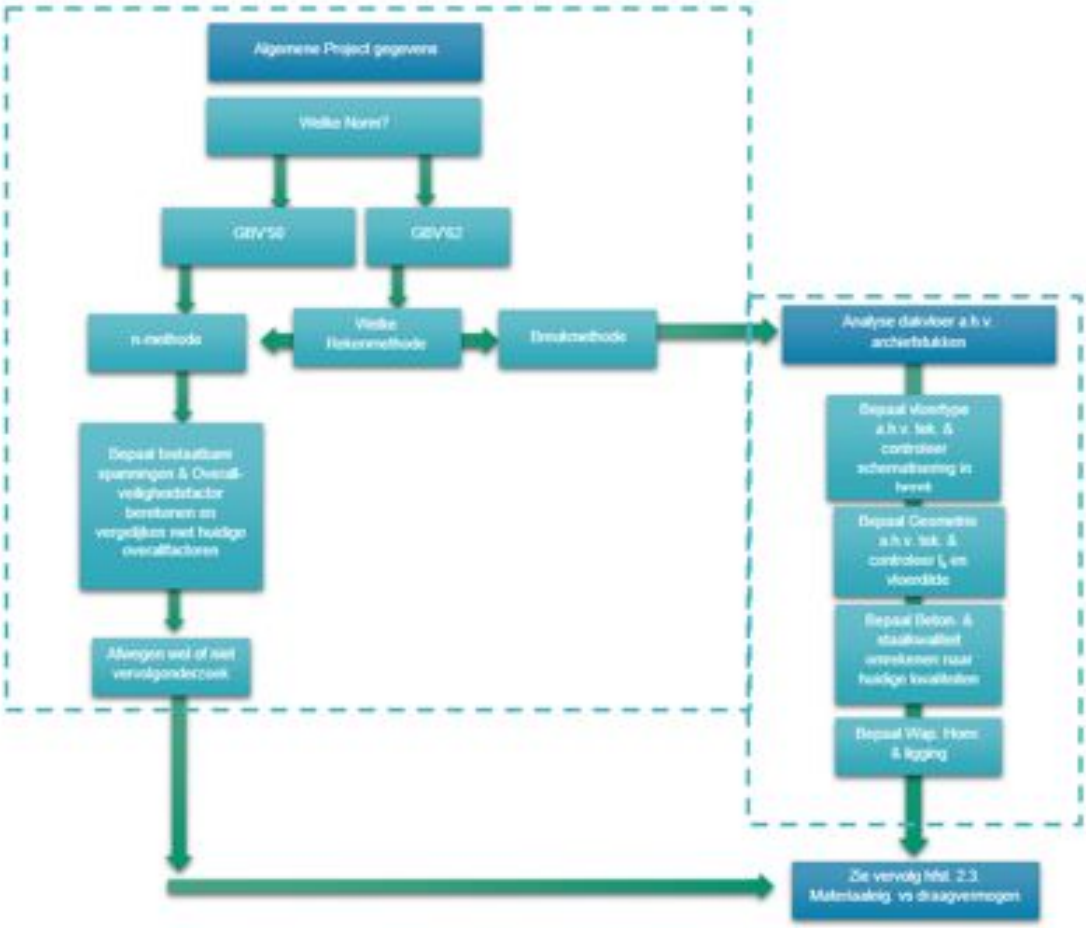
- Uit de twee gehanteerde rekenmethoden in de GBV'62 is de veiligheidsfilosofie van breukmethode te achterhalen en kan zelfs parallel gesteld worden aan de huidige rekenmethoden. Terwijl de veiligheidsfilosofie van de n-methode niet of nauwelijks na te trekken is.
- Doordat men destijds toelaatbare spanningen hanteerde is het mogelijk om een overall-veiligheidsfactor voor de belasting en materialen te herleiden. Zo kan er per constructie nagegaan worden of er eventuele restpotentie aanwezig is, vooral bij constructie die berekend zijn op basis van de n-methode. Dus zodra de toelaatbare spanningen bekend zijn kan men zoals in tabel 1 en 2 is voor gedaan een overallfactor berekend worden. Waarna men kan besluiten of eventuele vervolgen onderzoek (non-destructief of destructief) nodig zijn.
- Er zit een verschil in de veiligheidsfilosofie van beide normen aan de belastingkant van circa 0,29. Er werd dus voor 4-zijdig lijnvormig ondersteunde vloeren met circa 29% meer belasting gerekend dan er nu berekend zou worden.
- Gehanteerde veiligheid voor de materialen staal en beton zijn gelijk aan de huidige partiele materiaalfactoren.
- Een bestaande constructie dient uit het oogpunt van duurzaamheid en behoud van constructieve sterkte op conditie gecontroleerd te worden.

2.1.13. REKENMETHODEN VERSUS DRAAGVERMOGEN

Uit dit eerste gedeelte van de literatuurstudie volgt dat er een verschil is in de gehanteerde veiligheidsfilosofie voor materialen en belastingen. Dit kan een positieve bijdrage leveren bij een herbeoordeling van een bestaande constructie op basis van Eurocode 2.

Voor deze herbeoordeling is de volgende informatie minimaal benodigd. Deze moet achterhaald worden door middel van archiefonderzoek.

- **Achtergrondinformatie gebouw / Algemene gegevens.**
  - Gehanteerde Norm(en)
  - Gehanteerde rekenmethode (n-methode of breukmethode)
- **Analyse dakvloer:**
  - Vloertype (bepalend voor type oplegging en schematisering)
  - Geometrie
  - Beton- & staalkwaliteit
  - Wapeningshoeveelheid & -ligging



Schema 2: Stroomschema voor verschillende rekenmethoden en het analyseren van 4-zijdig ondersteunde en in het werk gestorte dakvloeren.

2.2. VOORDEEL EEM - MODELLERING

Om een iteratief proces op gang te zetten voor herberekeningen van bestaande betonnen dakvloeren kan men gebruik maken van diverse EEM (eindige elementenmethode) - pakketten. Een dergelijk proces kan veel handberekeningen besparen, wanneer men een bestaande dakvloerconstructie optimaal wil benutten. Vooral als de wijze van het achterhalen van constructieve gegevens kan verschillen. Maar de vraag is of er werkelijk tijdswinst te behalen is uit het hermoduleren van bestaande dakvloerconstructies met behulp van EEM?

Om het moment zijn diverse EEM- pakketten op de markt. Te denken aan bijvoorbeeld; Scia Engineer, MatrixFrame, Technosoft, enzovoort. Deze en vele andere EEM- pakketten maken gebruik van twee plaattheorie, die bij berekeningen tot verschillende resultaten kunnen leiden. De zogenaamde "Kirchhoff" en "Mindlin". De theorie van Kirchhoff betreft dunne platen[4] en houdt enkel rekening met vervormingen door momenten. In tegenstelling tot de theorie van Mindlin, die dikke platen[5] bekijkt en rekening houdt met zowel vervormingen door momenten als door dwarskrachten. In de meeste gevallen staat de theorie van Mindlin als veilige keuze als default aan. Als het om een dikke plaat gaat dan neemt men hierdoor automatische dwarskrachtwapening mee en als het een dunne plaat betreft dan doet men het mooier dan nodig. In tegenstelling tot platen in de vlieg- en werktuigbouwkunde, zullen er in de utiliteits-, woningbouw en civiele bouw over het algemeen dunne platen worden gebruikt. Het aanhouden van de plaattheorie van Kirchhoff zou in dit geval beter zijn. Dit heeft vooral te maken met de keuze in netfijnheid.

Vaak weet de gebruiker dan ook niet dat er een keuze bestaat tussen de twee genoemde plaattheorieën. In bron [22] worden de verschillen tussen beide plaattheorieën nader toegelicht. In deze bron wordt bovendien geconcludeerd dat er een mogelijke verschil kan zitten in de berekende eindresultaten. Welk sterk beïnvloed kunnen worden door de wijze waarop de gebruiker de gegevens invoert. Men dient enorme verschillen te voorkomen Hiervoor wordt in [23] naar het boek "Plates and FEM; Surprises and Pitfalls" verwezen. Binnen de beperkte kaders van het onderzoek is er geen mogelijkheid geweest om deze theorie nog te bestuderen.

Met de toenemende belangstelling in BIM (Bouwinformatie model) zal de aandacht voor EEM ook toenemen. 3D-plaatjes zeggen immers veel meer dan langdradige, enigszins tijdrovende en ingewikkelde handberekeningen. In [23] beweert men zelfs dat het EEM-software in de toekomst een net zo belangrijk plaats zal innemen als de rol die de rekenmachine als hulpmiddel bij berekeningen tot op heden heeft vervuld.

Wil men de kansen die er liggen bij het moduleren in EEM-pakketten goed benutten, dan is het heel erg van belang om een goede in- en uitvoer en daarbij behorende motivatie aan te leveren. Dit moet het controleren van herberekeningen van bestaande constructies eenduidig en overzichtelijk maken voor derden. Als eenmaal het model is opgezet, kan deze diverse malen bijgesteld worden met de juiste motivaties. Zo kan men berekeningen opzetten met de gegevens die men met van non-destructieve onderzoek heeft verkregen. Indien deze niet gegevens onvoldoende of onnauwkeurig genoeg zijn, kan men besluiten om destructief onderzoek te doen. Hiermee vergt men steeds nauwkeurigere gegevens en kan men met behulp van hermodelering in EEM-software een constructie optimaal benutten in draagvermogen waar nodig.

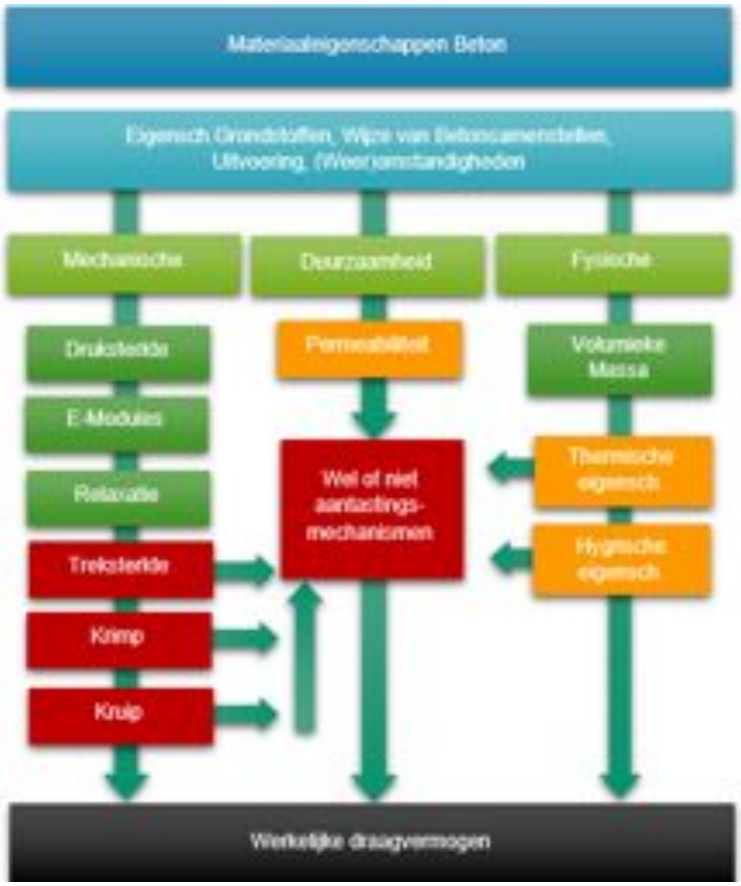
Vooral het feit dat men steeds moet herberekenen om een constructie optimaal te kunnen benutten, zou het toepassen van EEM-pakketten een nuttige en tijdbesparende investering kunnen zijn. Doordat er veel vrijheid in de invoer van een EEM-berekening zit kan men heel veel gegevens nauwkeuriger invoeren. Bovendien omdat in EEM –berekeningen getalen niet worden afgerond kan het net een verschil maken voor bij het bepalen van de uiteindelijke restdraagvermogen van een dakvloer.

Kortom met de keuzevrijheid in plaattheorie, in de in- en uitvoer en afrondingsverschillen zou men een mogelijke extra winst kunnen behalen in het draagvermogen en enorm veel tijd besparen bij herberekeningen als de gegevens voor de invoer zijn verandert en zijn de extra inspanningen het waard.

[4] Dunne platen → Wanneer breedte $b \leq 25^*$ plaatdikte t → $b \leq 25t$
[5] Dikke platen → Wanneer breedte $b \geq 25^*$ plaatdikte t → $b \geq 25t$

2.3. MATERIAALEIGENSCHAPPEN VERSUS DRAAGVERMOGEN

In de verharde betonfase heeft het materiaal met een groot verscheidenheid aan eigenschappen te maken. Deze eigenschappen zijn onder te verdelen in: mechanische, fysische en duurzaamheidseigenschappen. Deze eigenschappen kunnen een positieve of negatieve bijdrage aan het draagvermogen van een vloer opleveren. Schema 3 geeft een vereenvoudigde weergave van deze materiaaleigenschappen:



Schema 3: Overzicht van bepalende materiaaleigenschappen van beton voor het draagvermogen van een bestaande betonnen dakvloerconstructie.

Alle eigenschappen bepalen in een bepaalde mate het uiteindelijke draagvermogen van een constructie. Deze eigenschappen worden bepaald door onder andere:

- De keuze van het type grondstoffen
- De wijze waarop het beton wordt samengesteld
- De wijze van verwerking tijdens de uitvoering
- De weersomstandigheden waaronder het verwerken gebeurt

Het draagvermogen waarmee gerekend wordt is een benadering of een gedeelte van het werkelijke draagvermogen. Beton staat namelijk bloot aan verouderings- en aantastingsmechanismen, die de sterkte eigenschappen van het beton reduceren of verhogen na verloop van tijd.

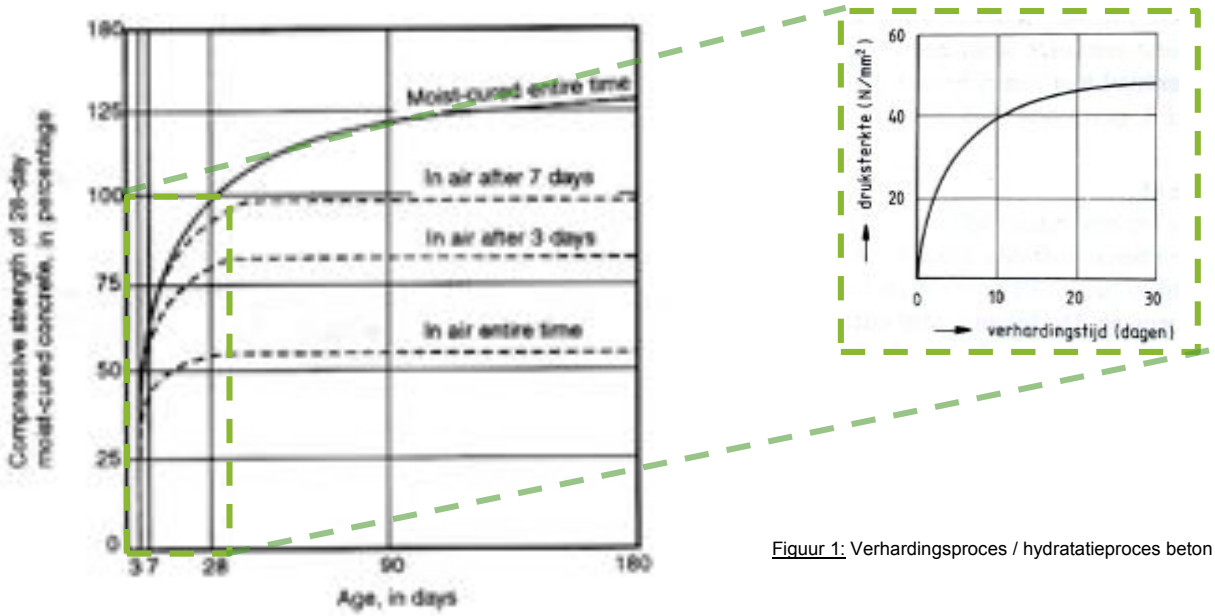
2.3.1. VEROUDERINGSMECHANISMEN

Verouderingsmechanismen die de sterkte van het beton beïnvloeden zijn:

- het hydratatieproces
- de kruip en relaxatie in het beton

Hydratatieproces:

De basisdruksterkte van beton wordt in de eerste instantie bepaald door het water-cementfactor (wcf). De chemische reactie tussen het water en het cement zet een jarenlange hydratatieproces op gang. Voor de ontwerpberekeningen is men en gaat men altijd uit van de betoneigenschappen na ca. 28 dagen. De sterkte eigenschappen na 28 dagen vormen een ijkmoment voor het vastleggen van alle betonparameters voor alle betonkwaliteiten. In figuur 1 is een gedeelte van dit hydratatieproces weergegeven.



Figuur 1: Verhardingsproces / hydratatieproces beton

Het hydratatieproces in beton geeft onder andere een toename in het druksterkte en E-modules. Dit betekent voor bestaande vloeren dat deze sterker en stijver zijn dan ontworpen dan dezelfde constructies op basis van de huidige EC2. Dit betekent dat deze dakvloeren mogelijk een hogere weerstand kunnen hebben tegen een hogere moment/belasting en vervormingen.

Kruip & relaxatie:

Kruip en relaxatie zijn op een soortgelijke fenomeen gebaseerd. Kruip is een toenemende extra vervorming als gevolg van gelijkblijvende belastingen. En relaxatie is een verschijnsel dat bij gelijkblijvende vervormingen en afnemende belastingen, afnemende vochtgehalten in beton en door eventuele zettingsverschillen in de funderingsconstructie optreedt. Kruip heeft een negatief effect op de weerstand tegen vervormingen in een vloer. De toename van kruip kan afgeremd worden door het toenemende hydratieproces in combinatie met een lage vochtbelasting en hoge temperaturen.

Belangrijke gegevens die men accuraat moet hebben bij het opvoeren van belastingen zijn:

- Ouderdom van het beton
- Sterkteklasse van het toegepaste beton en cement
- Geometrie van de vloerconstructie
- Tijdsduur van bestaande belasting en de tijdsduur voor de nieuwe belasting
- Relatieve vochtigheid / vochtbelasting

Hiermee is vervolgens mogelijk een nieuwe kruipcoëfficiënt te bepalen voor de herberekeningen van de vloer. Waarna het mogelijk is om een uitspraak te doen betreft het toelaatbare vervormingsgedrag in de vloer.

2.3.2. AANTASTINGSMECHANISMEN

Aantastingsmechanismen die betrekking kunnen hebben op een niet-toegankelijke dakvloerconstructie zijn:

- Aantastingsmechanismen beton:
  - Thermische en hygrische eigenschappen
  - Chemische aantastingen
- Aantastingsmechanismen staal
  - Corrosie door carbonatatie
  - Corrosie door chloriden
- Bijzondere aantastingsmechanismen
  - Brand
  - Belastingshistorie

Aantastingsmechanismen beton

Thermische en hygrische eigenschappen
Afhankelijk van de betoneigenschappen kan het beton een bepaalde weerstand tegen vocht en uitdroging bieden. Bezit het beton in de eerste instantie niet de weerstand tegen temperatuurswisselingen dan leidt dit tot het verschijnsel krimp. Bij een toenemende krimp volgt er scheurvorming, met diverse aantastingen tot gevolge.

Chemische aantastingen
Het lijkt zeer onwaarschijnlijk dat niet toelaatbare dakvloeren blootgesteld worden aan chemische aantastingen. Een mogelijke aantasting die zou kunnen optreden na het toepassen van begroeide daksystemen is sulfaataantasting. Indien de juiste bescherming ontbreekt om de duurzaamheid van het beton hiertegen te beschermen.

Aantastingsmechanismen staal

Voor het opnemen van de inwendige trekspanningen in een op buiging belaste dakvloer is de aanwezigheid van het betonstaal van essentieel belang. Door het gebrek of tekort hieraan zou dit tot het verlies van de constructieve krachtswerking kunnen leiden. Het betonstaal kan door twee mechanismen aangetast worden:

- Corrosie door carbonatatie: Door het indringen van zouten/zuren kan het pH-waarden van het toch wel basische beton verlaagd worden, met tot gevolge van aantasting aan het beton en betonstaal. Bij de verlaging van de pH-waarde in beton wordt het dunne passivering laag rondom het betonstaal aangetast en worden er vervolgens ijzerionen van het beton losgemaakt. Ofwel heel grof gezegd wordt het beton weggevreten. Corrosie van carbonatatie heeft verlaging van deze pH-waarde tot gevolge. Carbonatatie is het gevolg van de inwerking van koolzuurgassen uit de lucht op het poriewater van het beton. Dit treedt vooral op in een wisselende vochtige milieu.
- Corrosie door chloriden: Ook kan het passiveringslaag van het betonstaal aangetast worden door overschrijden van het chloridegehalte. Deze vorm van aantasting kan bij dakvloeren alleen voorkomen als het toegepaste gehalte in de betonsamenstelling te hoog is geweest. Anders is het niet van toepassing gezien het onwaarschijnlijk is dat een dakconstructie blootgesteld wordt aan bijvoorbeeld het zeewater, -wind of dooizouten. Behalve uitwendige aantastingen kan risico kan zich voordoen om er bij et gebruiken van zeezand of zeegrind deze onvoldoende gewassen zijn of er zijn chloride bevattende hulpstoffen toegepast om het verhardingsproces te versnellen.

Figuur 2: Corrosie door carbonatatie

Bijzondere aantastingsmechanismen

Twee bijzondere aantastingsmechanismen die (eenmalig) kunnen zijn opgetreden zijn brand en overbelasting. Deze mechanismen hebben afname van de beton- en staalspanningen tot gevolge.

Aan de hand van mogelijke verbouw/functiewijzigingen kan men achterhalen of de constructie bloot heeft gestaan aan brand of ooit is overbelast. Zodat bij de herberekeningen met gereduceerde materiaalspanningen rekening wordt gehouden.

2.3.3. CONDITIE- METINGEN

Het verhogen van de opgelegde belasting heeft een momententoename en toename van de doorbuiging tot gevolge. Bovendien kan ter plaatse van de opleggingen de dwarskrachten overschreden worden. Voor de weerstand tegen een verhoogde belasting is de conditie van het betonstaal van essentieel belang. Visuele inspectie en (niet-) destructief onderzoek is daarbij nodig om het aantonen. De volgende aspecten zijn van belang voor de herbeoordeling en dienen onderzocht te worden:

- Betondruksterkte
- Doorbuigingen (vloervelden)
- Scheurwijdten
- Geometrie vloer
- Wapeningshoeveelheid en -ligging
- Betondekking

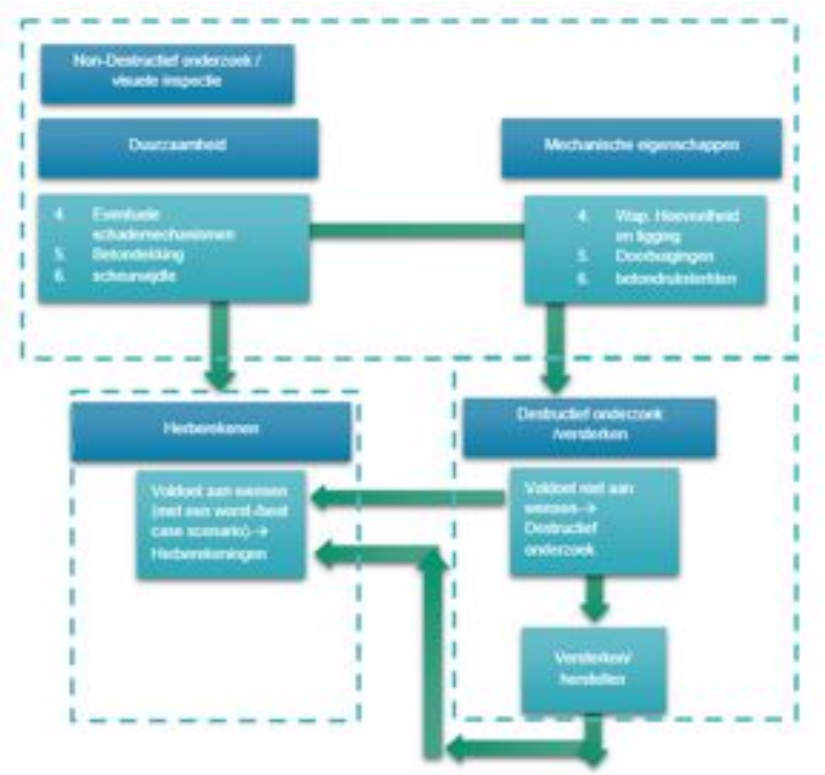
In bijlage [E] worden diverse destructieve en non-destructieve onderzoeksmethoden nader behandeld.

2.3.4. IMPACT MATERIAALEIGENSCHAPPEN OP QUICKSCAN

Uit dit tweede gedeelte volgt het blokje "conditie" voor in de QuickScan. Het controleren van de conditie van de constructie moet door visuele en (niet-)destructieve onderzoek verlopen. Deze onderzoeken moeten duidelijk geven over de huidige staat van:

- De betondekking
- Betondruksterkte
- Wapeningshoeveelheid en -ligging
- Scheurwijdten en doorbuigingen
- En eventuele schademechanismen

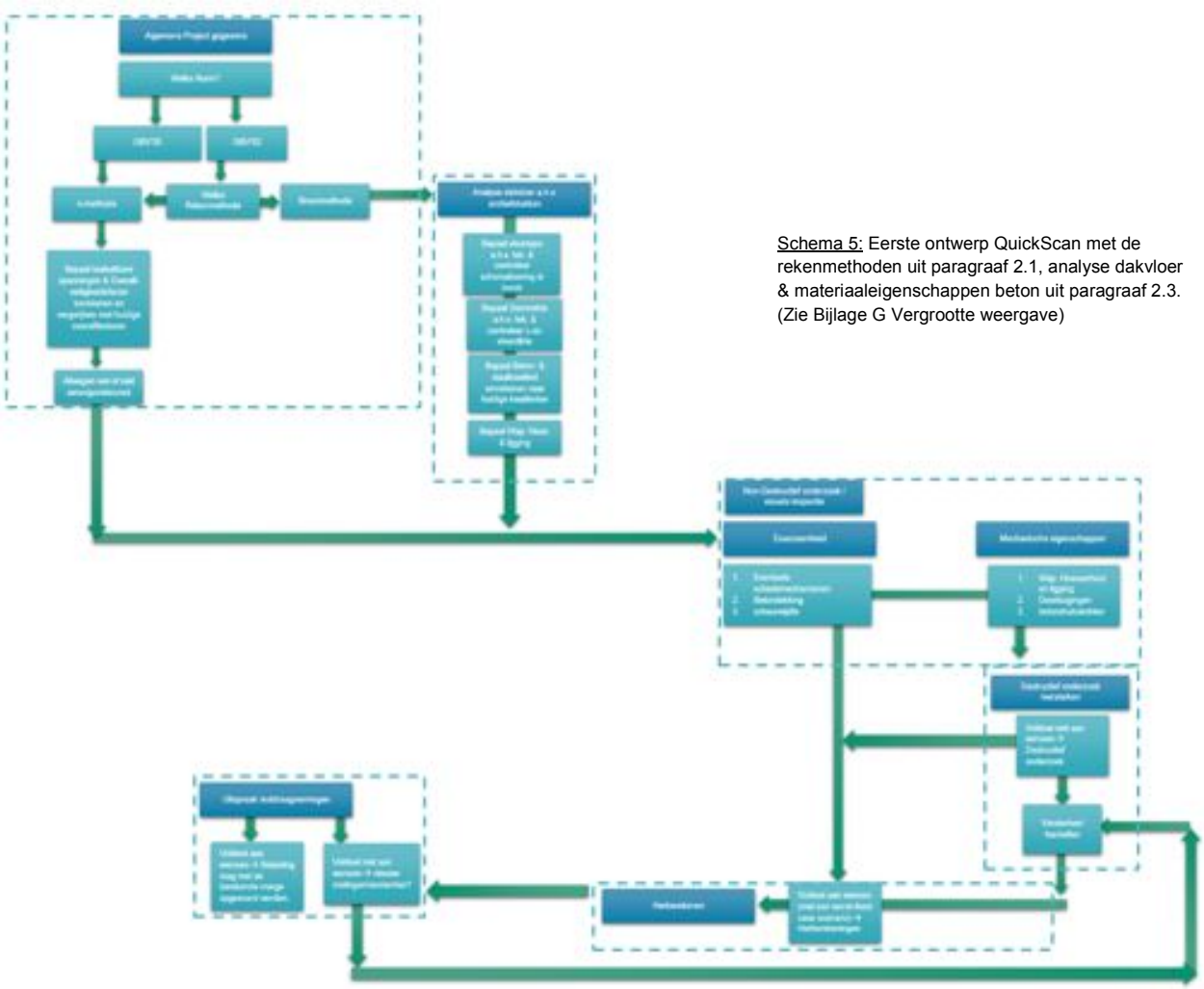
De betonsterkte eigenschappen zullen waarschijnlijk hoger uitvallen dan de gehanteerde sterktenwaarden in de ontwerpberekeningen. Bovendien is de betondruksterkte altijd wel iets hoger doordat de betonproducent zijn eigen risico's probeert af te dekken.



Schema 4: Stroomschema materiaaleigenschappen beton

2.3.5. VAN STROOMSCHEMA'S NAAR QUICKSCAN

Uit de literatuurstudie van hoofdstuk 2 volgt de volgende eerste ontwerp voor de QuickScan:



Schema 5: Eerste ontwerp QuickScan met de rekenmethoden uit paragraaf 2.1, analyse dakvloer & materiaaleigenschappen beton uit paragraaf 2.3. (Zie Bijlage G Vergrootte weergave)

Dit stroomschema houdt in dat allereerst aan de hand van bestaande gegevens achterhaald moet worden welke normen en rekenmethoden toegepast zijn voor een dakvloerconstructie. Gezien het veiligheidsfactor in de n-methode onbekend is, maar in de breukmethode wel bekend is, en beide berekeningen bijna gelijke resultaten opleveren is het verstandig om: op basis van toelaatbare spanningen een overallfactor te berekenen en deze vervolgens te vergelijken met huidige overallfactoren (zie ook tabel 1 en 2). Dit maakt het mogelijk om indicatief aan te tonen of er restdraagvermogen aanwezig is en of nader onderzoek nodig is.

Is eenmaal achterhaald welke rekenmethoden en normen voor een bestaande betonnen dakvloerconstructie zijn toegepast dan moeten ter voorbereiding van het non-destructieve onderzoek en/of visuele inspectie de bestaande tekeningen en berekeningen geanalyseerd worden. Hieruit moeten enkele gegevens achterhaald worden. Deze zijn opgenomen in schema 5.

Tot slot kan met de gevonden gegevens uit de analyse van bestaande tekeningen en berekeningen de conditie van de betonconstructie gecontroleerd worden. De conditie controle hebben betrekking op de duurzaamheid van het materiaal en de sterkte-eigenschappen van het beton. De wijze waarop deze controles uitgevoerd moeten worden, wordt toegelicht in CUR nummer 172.

3. CASESTUDIE

3.1. ARCHIEFONDERZOEK

Een onderdeel van het onderzoek is het beschouwen en analyseren van een casestudie geweest. Om zo inzicht te krijgen in het beschouwen van bestaande berekeningen, tekeningen en uiteindelijk het nut van het doen van archiefonderzoek. Aan de hand van de in de literatuurstudie opgedane kennis en opgestelde QuickScan in hoofdstuk 2 is een gebouw in Rotterdam beschouwd (binnen een afgebakend gebied gekozen; zie ook bijlage 1 hiervoor). Daarbij zijn de volgende stappen genomen:

- **Bouwjaar:**
  - Gehanteerde Norm (GBV'50 of GBV'62)
  - Ouderdom betonconstructie
- **Bouw betrokken:**
  - Opdrachtgever
  - Aannemer
  - Architect
  - Constructeur
  - andere bouw betrokken
- **Tussentijdse Wijzigingen/verbouwingen aan het gebouw:**
  - Indien er sprake is van verbouwingen; reden hiervoor – brand of functiewijzigingen?
- **Hoofddraagconstructie:**
  - Globale opzet hoofddraagconstructie
  - Bouwfunctie
  - Opzet funderingsconstructie
- **Constructie berekeningen - Sterkte, Stijfheid, en Stabiliteitsberekeningen:**
  - Buigtreksterkte – berekeningen
  - Dwarskracht- berekeningen
  - Vervormingsberekeningen
- **Constructie tekeningen:**
  - Wijze van opleggingen
  - Schematisering vloerconstructie
  - Betonkwaliteit(en)
  - Betondekkingen
  - Staalkwaliteit

Voor dit onderzoek is één project gekozen binnen het begrensde onderzoeksgebied (zie ook bijlage [A]) onder de loep genomen om het nut van het archiefonderzoek aan te tonen. Over het algemeen levert archiefonderzoek voor de Bijenkorf een goede "oogst" op. Veel van de bovengenoemde punten waren goed gedocumenteerd en terug te vinden. Naast het project de Bijenkorf is er archiefonderzoek voor (5) andere projecten gedaan. Bij het doen van het archiefonderzoek viel het op er veel technische informatie van bouwwerken (gebouw tussen 1950-1975) terug te vinden is.

Kortom als men zijn weg kan vinden door de gearchiveerde stukken is het doen van archiefonderzoek erg nuttig en de gevonden stukken (met name tekeningen en berekeningen) zijn een waardevolle basis voor de herberekeningen. Uit mijn ervaring kan ik aanraden dat het doen van archiefonderzoek geen verloren extra inspanning is met de winst die geboekt wordt als de opbrengst goed is. Zo kan men een goede inzicht krijgen in de constructie door de archiefstukken en zijn er geen extra metingen en inmetingen van constructies nodig om gebouwen toegankelijk te maken voor herberekeningen. Met een visuele inspectie als vervolg stap zouden de gevonden gegevens in het werk geverifieerd kunnen worden.

Hierna wordt een project beschouwd en geanalyseerd. Waarbij eerst een korte omschrijving van het project wordt gegeven. En vervolgens de bijzonderheden uit de analyse van de archiefstukken en de herberekeningen worden behandeld.

3.2. DE BIJENKORF:

De Bijenkorf is een vooraf afgewogen keuze gemaakt voor een project binnen een afgebakend onderzoeksgebied in het hart van Rotterdam (zie ook bijlage [A]). De welbekende Bijenkorf is een warenhuis naar het ontwerp van de Hongaars-Amerikaanse architect Marcel Breuer uit 1957. Het is een iconisch en daarom een monumentaal bouwwerk uit de te beschouwen wederopbouwjaren (1950-1975).

De Bijenkorf is voor dit onderzoek aan de hand van de gegeven stappenplan in hoofdstuk 3.1 beschouwd en geanalyseerd. Hierna volgt een korte samenvatting van deze beschouwing en de resultaten van de analyse en herberekeningen. In bijlage [C] is de volledige beschouwing, analyse en herberekeningen terug te lezen.

3.2.1. ARCHIEFONDERZOEK

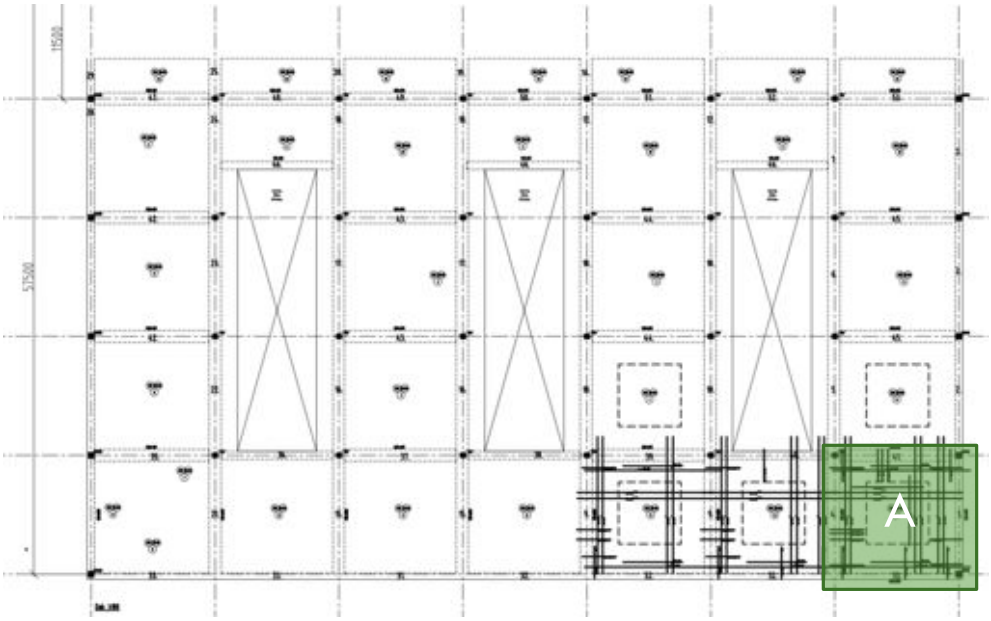
1. Mogelijke aantastingenmechanismen kunnen niet uit archiefstukken achterhaald worden. Deze dienen door middel van destructieve of non-destructieve onderzoeken aangetoond te worden. Wel kan er in deze stukken achterhaald worden of er een functiewijziging geweest is, door bijvoorbeeld een lijst met verbouwingen of de eigenaren van het pand te achterhalen. Hiermee kan achterhaald worden of de grenstoestanden in de gebruiksfase ooit zijn overschreden en hierdoor de constructie oververmoeid is.
2. Staal- en betonkwaliteiten waren niet expliciet in de berekeningen vermeld en op de tekeningen misten deze in de meeste gevallen. Deze waren te achterhalen aan de hand van de gebruikte toelaatbare spanningen in de berekeningen.
3. Men moet oplettend blijven bij het analyseren van archiefstukken. Vaak zijn er diverse revisie van tekeningen en berekeningen gearchiveerd. Dit is namelijk het geval geweest bij de analyse van de Bijenkorf-archiefstukken. Men kan hierdoor het gevaar lopen dat je een ontwerp of bestektekening in handen hebt die nabij de uitvoering destijds drastisch gewijzigd is en dus niet meer klopt. Om deze reden is het van essentieel belang dat men bij gebrek aan een "uitgebreide" tekeningen pakket, de gevonden tekeningen in het werk verifieert.

3.2.2. ANALYSE ARCHIEFSTUKKEN

- **Achtergrondinformatie gebouw / Algemene gegevens.**
  - Gehanteerde Norm(-en): GBV'50, berekeningen op basis van de n- methode.
  - Verbouwingen: onbekend
  - Brand: onbekend
- **Globale constructieve opzet gebouw & dakvloer:**
  - Omschrijving hoofddraagconstructie: De dakvloer is overal vierzijdig opgelegd op een balkenrooster met een overspanning van ca. 11,9m tussen met daaronder kolommen. De hart-op-hart afstand van de kolommen/overspanning van de balken zijn ca. 11,9m. De verzwaarde balken zijn ca. 1500mm breed en 750mm hoog. Alle midden-kolommen zijn rond en hebben een diameter van 600mm. En rand-kolommen van 550x550mm. Opleggingen van de (T-)balken op de kolommen zijn verende uitgevoerd, en berekenend. Deze zijn meegenomen in de berekenen en uitgedetailleerd in het tekenwerk.
  - Materiaal eigenschappen toegepaste beton & staal: Onbekend; hiervoor dient een visuele inspectie gedaan te worden.

- **<u>Informatie t.b.v. constructieve beoordeling:</u>**

Voor de analyse en herberekening van de dakvloer van de Bijenkorf is vloerveld A (zie figuur) steekproefsgewijs gekozen.



- <u>Beton & staalkwaliteiten:</u> Niet vermeldt op de tekeningen. Wel op een expliciete manier vermeld in de berekeningen. Aan hand van de gebruikte toelaatbare staal-/betonspanningen van 1500/60 is voor dit project te achterhalen dat een betonkwaliteit K225 en staalkwaliteit QR24 is toegepast (zie ook tabel 1 en 2; hoofdstuk 2.1).
- <u>Wapeningshoeveelheid &- ligging:</u> Hiervoor is vloerveld A beschouwd. Voor zowel de x-richting als de y-richting is er ca. 1600 mm^2/m wapening in de velden verwerkt en voor de steunpunten 2500 mm^2/m. Bovendien is de veldwapening ter plaatse van de randen haaks omgebogen en wordt gedeeltelijk gebruikt voor de steunpuntsmomenten. Er zijn staven rond 16 en 19 om de 145 mm toegepast voor steun- en veldmomenten.
- <u>Type oplegging & schematisering:</u> Vloerveld A is een hoekveld, en is daarom aan twee zijden doorgaand/gedeeltelijk opgelegd en aan twee zijden vrij opgelegd. Dit vloerveld is dus geschematiseerd als vloertype III, zoals in GTB tabel 14.3 is weergegeven.

3.2.3. HERBEREKENINGEN

De dakvloer van de Bijenkorf is op basis de Eurocode 2 en m.b.v. MatrixFrame 5.0 (EEM-Software) herberekend. De verschillen tussen de bestaande berekeningen en herberekeningen zijn naast elkaar gezet.

- Analyse bestaande berekening, de handmatig herberekening op basis van EC 2 & de EEM-berekening:
  - Momentencoëfficiënten: Bij de analyse en herberekeningen van dit gebouw waren de verschillen in de momenten coëfficiënten bij het berekenen van de dakvloeren zeer opvallend. De gebruikte coëfficiënten in de GBV verschillen met de coëfficiënten die gebruikt moeten worden vanuit de EC2. De huidige coëfficiënten zijn vele malen hoger dan destijds gebruikt werd. Dit geeft vervolgens hogere momenten, dan berekend.
  - Belastingaanname: Ook viel het op dat er voor de opgelegde belasting 2,5 kN/m^2 in de bestaande berekeningen is gehanteerd, terwijl de norm (GBV'62 & EC2) een opgelegde belasting van 1,0 kN/m^2 voorschrijft. Dit betekent een winst van 1,5 kN/m^2.
  - Veiligheidsfactoren: Voor de berekeningen is de n- methode toegepast. Waardoor er geen veiligheidsfactor bekend is.
  - EEM-berekeningen: …

Resultaten & verschillen herberekeningen: In tabel 3 zijn de verschillen tussen de herberekeningen weergegeven. De volledige herberekeningen zijn terug te lezen in bijlage C. Voor de herberekeningen van de dakvloer zijn er in het EEM- berekeningen 5 vloervelden ingevoerd en berekend. Waarbij de totale momentensom 1/8 ql^2 bedraagt, zoals in de mechanica staat voorgeschreven.

	Veldmoment x-richting [MPa]	Veldmoment y-richting [MPa]	Steunpunts-moment x-richting [MPa]	Steunpunts-moment y-richting [MPa]
Bestaande berekeningen (n- methode)	**49**	**45**	**77,4**	**74**
Bestaande berekeningen (Breukmethode)	**70,95**	**64,5**	**70,95**	**64,5**
Verschil n-methode & breukmethode	-22	-20	7	10
Her- berekeningen (Handmatig EC2)	**39,35**	**31**	**98**	**91,6**
Verschil n-methode en EC 2	10	14	-21	-18
Verschil breukmethode en EC 2	32	33,5	-27	-27
Her- berekeningen (EEM – EC2)	**60**	**60**	**142,3**	**143,6**
Verschil n-methode en EEM- EC 2				
Verschil breukmethode en EEM- EC 2				
Verschil handmatig EC2 en EEM- EC 2				

Tabel 3: Verschillen tussen veld- en steunpuntsmomenten bij de (her)berekeningen met n-methode en breukmethode op basis van GBV'62 en de bezwijkingsmethode op basis van EC2.

Een opvallende verschil bij de vergelijking van de berekeningen is dat GBV'62 voor het steunpuntsmoment en het veldmoment hetzelfde momentencoëfficiënt opgeeft. Hierdoor zou er in het veld, welk een kleinere moment heeft dan het steunpunt, veel meer wapening verwerkt moeten zijn dan nodig. Bij het vergelijken van de n-methode, ofwel de bestaande berekeningen op basis van de momentencoëfficiënten van de GBV'50, met de Eurocode uitkomsten blijken de steunpuntsmomenten hoger te zijn en de veldmomenten lager dan wat er berekend is.

	Veldwap. x-richting [mm²]	Veldwap y-richting [mm²]	Steunpunts-wap. x-richting [mm²]	Steunpunts-wap y-richting [mm²]
Bestaande berekeningen (n- methode)	**1640**	**1620**	**2650**	**2560**
Bestaande berekeningen (Breukmethode)	**1590**	**1570**	**2630**	**2502**
Verschil n-methode & breukmethode	50	50	20	60
Her- berekeningen (Handmatig EC2)	**941**	**794**	**-**	**-**
Verschil n-methode en EC 2	700	825	-	-
Verschil breukmethode en EC 2	650	775	-	-
Her- berekeningen (EEM – EC2)				
Verschil n-methode en EEM- EC 2				
Verschil breukmethode en EEM- EC 2				
Verschil handmatig EC2 en EEM- EC 2				

Tabel 4: Verschillen tussen veld- en steunpuntswapening bij de (her)berekeningen met n-methode en breukmethode op basis van GBV'62 en de bezwijkingsmethode op basis van EC2.

Uit de literatuurstudie volgde dat de Eurocode berekeningen ca. 22% minder moment/wapening moest opleveren. De vergelijking in tabel 3 en 4 levert meer dan 22% verschil voor de wapeningshoeveelheden van de velden en steunpunten. Lager staalkwaliteit –vs gegevens tabel

Conclusie verschillen met EEM..

3.2.4. CONCLUSIE HERBEREKENINGEN

Tijdens het analyseren van diverse gevalstudies in Rotterdam ben ik enkele bijzonderheden tegengekomen die belangrijk zijn bij de herberekeningen van het dakvloer en de opbouw/ontwerp van de QuickScan:

1. Voor het achterhalen van de toegepaste beton – en staalkwaliteit, waren alleen de toelaatbare spanningen van beide materialen beschikbaar. Om te kunnen achterhalen welke materialen toegepast zijn was het gebruiken van oude tabellenbijlagen nuttig. Al waren deze in de eerste instantie niet zo eenvoudig te vinden. Omdat het om niet vigerende normen gaat zijn deze normen en tabellenbijlagen erg zeldzaam.
2. Bij de herberekeningen is het belangrijk te weten hoe om te gaan met de schematisering van de constructie. Iedere ontwerper/constructeur schematiseert een constructie weer op zijn eigen manier. Daarom moet men goed de berekeningen m.b.v. de uitvoeringstekeningen analyseren, om zo de gedachtegang van de oude constructeur/ontwerper enigszins te begrijpen.
3. Indien men een constructie goed kan herschematiseren is het mogelijk deze met wat meer precisie toegankelijke te maken voor herbeoordeling. En hoe preciezer men deze kan nabootsen, hoe meer (mogelijke) winst in draagvermogen achterhaald kan worden.

Attentie!! De herberekening van zowel handmatig als met EEM zijn onvolledig en gedeeltelijk fout. Zo klopt het volgend niet:

- Fout aangenomen staalsterkten
- En alleen naar restpotentie van veldmomenten gekeken
- Toelichting resultaten EEM ontbreekt

Helaas is het mij door omstandigheden en tijdsgebrek niet gelukt om volledig te zijn bovenstaande onderdelen.

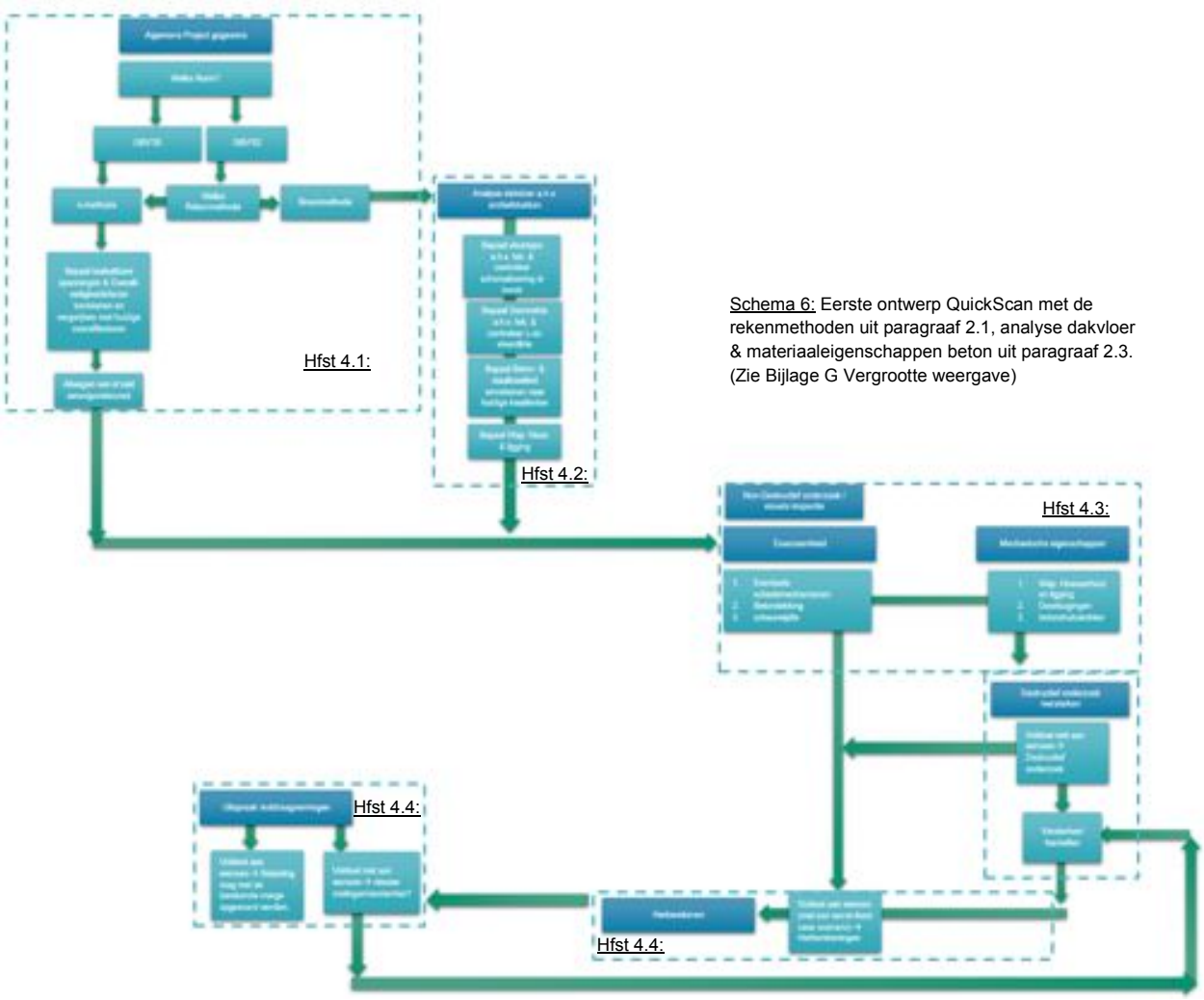
4. QUICKSCAN

De door mij ontwikkelde QuickScan kan een praktische handvat zijn om in een vrij snelle, maar ook relatief eenvoudige wijze een uitspraak te kunnen doen over de capaciteit van bestaande betonnen dakenvloer. Een eerste aanzet daartoe is althans hier gegeven.

Gedurende het onderzoek ben ik er achter gekomen dat het uitwerken van een dergelijk QuickScan binnen de gegeven afstudeermogelijkheden (tijd) haast een onmogelijke opgave is. Alleen al een uiteenlopende diversiteit in type betonconstructies en invloedsfactoren maakt het een groot

Er is dan ook niet getracht om volledig te zijn, maar om een eerste aanzet te geven tot een meer concrete uitwerking van een QuickScan.

Hierna volgt een stappenplan voor dakvloerplaten: Iedere stap zal in de paragrafen hierna besproken worden.



Schema 6: Eerste ontwerp QuickScan met de rekenmethoden uit paragraaf 2.1, analyse dakvloer & materiaaleigenschappen beton uit paragraaf 2.3. (Zie Bijlage G Vergrootte weergave)

4.1. ANALYSE ARCHIEFSTUKKEN

Bij deze eerste stap is het de bedoeling dat men met zo min mogelijk inspanning, zoveel mogelijk technische informatie achterhaald om straks in het werk te verifiëren en daarna direct te gebruiken bij de herbeoordeling. Indien nuttig informatie gevonden wordt, kan dit een kostenbesparende onderneming zijn bij het achthalen van bestaande technische gegevens.

4.1.1. ACHTERHALEN ALGEMENE PROJECTGEGEVENS

- Zoals eerder genoemd kan het een kleine inspanning zijn, om te achter halen wie de eigenaar/ beheerder, de architect, constructeur, aannemer of opdrachtgever van het te beschouwen werk is geweest. Want indien deze bedrijven nog bestaan en hun werk nog goed gearchiveerd hebben, dan kan men vaak ontbrekende tekeningen/berekeningen/overige gegevens van het bouwwerk achterhalen. Overige onderdelen die hier achterhaald moeten worden zijn:

- Bouwjaar & gehanteerde Norm(-en): Door het achterhalen van de bouwperiode/-jaar kan men vaak iets zeggen over welke normen destijds gehanteerd zijn en welke bouwmethodieken toen veelal gepast waren. In sommige gevallen staat de gehanteerde normgeving ook expliciet vermeld in de berekeningen. Hiermee heeft men wel gelijk zekerheid.
- Verbouwingen/functiewijziging & Brand: Zoals eerder genoemd kan een constructie al eerder aangetast zijn door overbelasting door een functie wijziging of branduitbraak. Hier moet aan de hand van de in CUR-72 voorgeschreven methode geïnspecteerd worden en aangetoond worden of een constructie daadwerkelijk vermoeid is. Door dit in deze eerste fase van de analyse te achterhalen, kan men al een (vage) indicatie doen van kosten waarmee rekening gehouden moet worden door bijv. aanpassingen die nodig zijn aan de draagconstructie om deze toegankelijk te maken voor herbestemming/hergebruik.

4.1.2. ANALYSE DRAAGCONSTRUCTIE

- Een constructie functioneert als een groter geheel. Daarom is het van belang te weten hoe de gehele constructie eruit ziet. Zo kan bij het opvoeren van de dakvloer-belasting deze (net) voldoen, maar kan achteraf blijken dat de onderliggende balken/kolommen/wanden niet voldoen of dat de fundering niet meer voldoet. En dat er daar weer aanpassingen nodig zijn om dit mogelijk te maken. Kortom met welke type balken/kolommen/wanden draagstructuur hebben we te maken? Welke dimensies hebben deze? Wordt overal een dezelfde materiaalkwaliteit gebruikt? Welke reducties zijn er meegenomen voor de funderingsberekeningen.

4.2. *ANALYSE DAKVLOERCONSTRUCTIE A.H.V. ARCHIEFSTUKKEN*

In deze fase moet de volgde informatie verzameld worden:

- Wat is de geometrie van het dak?
  - Dikte
  - Lengte & breedte
- Overspanning(en) richtingen
  - 4–zijdig ondersteund
- Welke beton/betonstaal kwaliteiten toegepast?
- Hoeveel wapening is er toegepast en hoe ligt deze verdeeld in de vloer?
- Hoe worden de opleggingen geschematiseerd in de berekeningen en hoe zijn deze daadwerkelijk uit gedetailleerd? Kunnen deze anders of preciezer geschematiseerd worden om er winst uit te behalen doordat het krachtenspel in de constructie veranderd?

4.3. VISUELE INSPECTIE & *VERIFIËREN ARCHIEFSTUKKEN*

Zowel de visuele inspecties als de (non-)destructieve onderzoeken dienen volgens voorschreven richtlijnen zoals in CUR 172 te verlopen.

4.3.1. GEOMETRIE EN TYPE VLOERCONSTRUCTIE

- Is de vloer daadwerkelijk uitgevoerd zoals uitgetekend en berekend? Komen de archieftekeningen /-gegevens overeen met de werkelijkheid?

4.3.2. VISUELE INSPECTIE BETONSCHADE AAN BETONOPPERVLAKTE

- Zijn er vlekken of ernstige scheuren aan de betonoppervlakte te zien, die het gevolg kunnen zijn van de genoemde oorzaken in hoofdstuk 2?

4.3.3. NON-DESTRUCTIEF ONDERZOEK

- De betondruksterkte bepalen
- Geconstateerde oppervlakte gebreken controleren door middel van non-destructief onderzoek.
    - Bijvoorbeeld de scheurwijdte opmeten en controleren op basis van huidige normgeving of deze aan de minimale eisen voldoen.

4.3.4. DESTRUCTIEF ONDERZOEK

Nemen van betonkernen

- Indien de omvang van het werk groot is en diverse archiefstukken met materiaalgegevens ontbreken, kan het doen van destructief onderzoek een betere oplossing zijn.
- Wel moet er eerst hiervoor ook een visuele inspectie volgen en onderzocht worden waar en hoeveel boorkernen nodig zijn, zonder de constructie te verzwakken.

Uithakken betonstaal

- Met behulp van een Ferroscan zou de wapeningshoeveelheid en ligging en de betondekking gecontroleerd kunnen worden.
- Bij het uithakken van betonstaal kunnen er in de laboratorium materiaaleigenschappen als bijvoorbeeld treksterkte met trekproeven achterhaald worden.

4.4. HERBEREKENINGEN

4.4.1. OP BASIS VAN EC2

Het controleren van een bestaande vloer waarvan de randvoorwaarden bekend zijn is het achterste voren doorlopen van de bestaande stroomschema voor betonnen vloer. Als we deze enigszins aanpassen ziet deze stappenplan er als volgt uit:

4.4.2. MET BEHULP VAN EEM-PAKKET

Bij het bereken van een vloer in een EEM-Pakket moet men letten op:

- Welke materiaaleigenschappen ingevoerd moeten worden en reducties hiervoor meegenomen moeten worden (vanuit de NEN8700).
- Welke type opleggingen gebruikt moeten worden.
- Op welke vuilkuilen men moet letten bij het moduleren van 4-zijdige ondersteunde vloeren.

4.4.3. UITSPRAAK DRAAGVERMOGEN

Indien de vloer voldoet aan de eisen van de eurocode, of nauwkeurige EEM-berekeningen uitwijzen dat de nieuwe krachtswerking (momentenspel, oplegreacties) en doorbuigingen binnen de hedendaagse marges blijven, dan kan verondersteld worden dat deze plaat voldoet.

5. ADVIES & AANBEVELINGEN

5.1. CONCLUSIE

5.1.1. VEILIGHEIDSFILOSOFIE VERSUS DRAAGVERMOGEN

Uit dit eerste gedeelte van de literatuurstudie volgt dat er een verschil is in de gehanteerde veiligheidsfilosofie voor materialen en belastingen. Voor de belasting kant is er een duidelijk in waarden uit te drukken. Namelijk het verschil tussen de overallbelastingfactor van de GBV'62 welk minimaal is aan 1,64 en de overallbelastingfactor 1,35 levert een verschil van 0,29. De veiligheidsfactoren aan de materialen kant zijn daarentegen onbekend in de GBV'62. Wel is gebleken dat het gezamenlijke veiligheidsfactor (belastingen en materialen) in de GBV'62 hoger is dan in EC2. Hiermee is binnen de theoretische kaders bewezen dat er daadwerkelijk in alle betonnen dakvloerconstructies ontworpen op basis van de GBV'62 een restpotentie aanwezig is. Welk een positieve bijdrage kan leveren bij een herbeoordeling van een bestaande constructie op basis van Eurocode 2.

5.1.2. CONDITIE VERSUS DRAAGVERMOGEN

Uit dit tweede gedeelte volgt het blokje "conditie" voor in de QuickScan. Het controleren van de conditie van de constructie moet door visuele en (niet-)destructieve onderzoek verlopen. Deze onderzoeken moeten duidelijk geven over de huidige staat van:

- De betondekking
- Betondruksterkte
- Wap. Hoeveelheid en ligging
- Scheurwijdten en doorbuigingen
- En eventuele schademechanismen

De betonsterkte eigenschappen zullen waarschijnlijk hoger uitvallen dan de gehanteerde sterktenwaarden in de ontwerpberekeningen, als rekeningen gehouden wordt met het toenemende hydratatieproces in beton. Bovendien is de betondruksterkte altijd wel iets hoger doordat de betonproducent zijn eigen risico's probeert af te dekken.

5.1.3. BELANG VAN ARCHIEFONDERZOEK

Het doen van archiefonderzoek vormt de basis van het op te stellen QuickScan en van het doorlopen van ervan. Het doen van archiefonderzoek is een goedkopere en eenvoudige manier om een eerste inzicht te krijgen in de constructie en de mogelijke kansen ervan. Met het beeld dat men bij het analyseren van de constructie in deze fase vormt kan men eventueel ervoor kiezen om eventueel nader onderzoek te doen, zoals niet destructief en destructief onderzoek om meer inzicht te krijgen in de kansen die er liggen voor de te onderzoeken constructie.

5.2. ADVIES & AANBEVELINGEN

5.2.1. AANVULLING QUICKSCAN – CONSTRUCTIEVE ASPECTEN

Binnen onderzoek is er alleen stilgestaan bij 4-zijdig ondersteunde en in het werk gestorte dakvloeren uiteraard zijn er nog diverse andere constructieonderdelen en –typen die onderzocht moeten worden om het onderzoek aan te vullen. Te noemen:

- Andere type vloerconstructies (lijnvorming, puntvormig ondersteund)
- Funderingsconstructies versus zetting
- Prefab en licht/ Schuimbeton constructies
- Versterkingsmethodes gewapende betonvloeren/constructies & Kostenplaatje
- Wanneer wel en niet reducties van toepassing op materiaal en belastingfactor zoals opgegeven in NEN-8700 als ontwerplevensduur verlopen is.
- 2e orde effecten in gehele constructie
- De samenwerking tussen verschillende constructieonderdelen speelt ook een belangrijke rol bij het aantonen van mogelijke restpotentie. Daarom volgen er hierna enkele aanbevelingen voor nader onderzoek op dit gebied.

5.2.2. BOUWKUNDIGE ASPECTEN

- Afschot in dak – welke invloed op waterretentie van het dak?
- Bovendien komen er meer aspecten bij kijken bij het toepassen van een begroeid dak of daktuin op een bestaande betonnen dakconstructie. Met name t.a.v. het waarborgen van de duurzaamheid van de constructie en bouwkunde aspecten t.a.v. functionaliteit.
- Sulfaten uit mest en grond—voorkomen dat het in betonconstructie terecht komt
- Vocht indringing voorkomen in beton
- Met welke type dakconstructie hebben we te maken en welke typen dakconstructie (bouwkundige opbouw) zijn het meeste geschikt voor begroeide daksystemen?
- Om de hoeveelheid water in de waterbuffer op peil te houden (bepaalde belasting op het dak) zou men deze sneller kunnen lozen door:
- Denk na over het koppelen van waterbuffer in begroeide daksystemen met het spoelen van toiletten. In plaats van vertraagd afvoeren naar het maaiveld.

5.2.3. VERSNELD INVOEREN BEGROEIDE DAKSYSTEMEN IN ROTTERDAM

De veiligheidsfactor 1,64 voor belastingen is een waarde voor 4-zijdig ondersteunde in het werk gestorte dakvloeren. Deze type dakvloeren komen in een behoorlijke hoeveelheid voor in het stadcentrum van Rotterdam. Dit is uit het oogpunt van versneld invoeren van begroeide daksystemen in Rotterdam een voordeel. Voor andere typen dakvloeren is zelfs met hogere veiligheidsfactoren gerekend, waardoor die vloeren (indien geen schade aanwezig is) meer restdraagvermogen aangetoond kan worden.

Gemeente Rotterdam kan met dit ontwikkelde QuickScan (zodra deze volledig is aangevuld en kritisch is beschouwd door vakdiscipline) constructeur en ontwerpers bestaande dakvloerconstructies laten herbereken. Waarbij de QuickScan een basistool/handvaten zullen vormen.

BIBLIOGRAFIE

[1] Arcadis Nederland BV. (2008). *MKBA GROENE DAKEN ROTTERDAM*. Rotterdam.

[2] Braam, C. (2010). *Compendium Eurocode 2*. 's Hertogenbosch: Cement&BetonCentrum.

[3] Braam, C. (2012). *Ontwerpen in Gewapende Beton; CB2*. 's Hertogenbosch: Cement&BetonCentrum.

[4] Braam, C. (2012). *Ontwerpen in Gewapende Beton; CB4*. 's Hertogenbosch: Cement&BetonCentrum.

[5] Cement&BetonCentrum. (2010). *Tabellen en Grafieken bij CB 2*. Cement&BetonCentrum.

[6] CUR & Betonvereniging. (1994). *172. Duurzaamheid en onderhoud van betonconstructies*. Gouda: NEN.

[7] Delemarre, M., & Somers, P. (2012). *De isolerende werking van begroeide daken in de zomer*. Rotterdam.

[8] Europese Commissie voor Normalisatie. (2004). *Eurocode 2; Ontwerpen en berekenen van gewapende betonconstructies*.

[9] Europese Commissie voor Normalisatie. (2011). *NEN 8701 - Beoordelen van constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw of afkeur - Belastingen*.

[10] Europese Commissie voor Normalisatie. (2011). *NEN8700 - Beoordeling van constructieve veiligheid van een bestaand bouwwerk bij verbouw of afkeur - Grondslagen*.

[11] Gemeente Rotterdam. (2007). *Waterplan 2*. Rotterdam.

[12] Goedbloed, D. (2010). *Groene Daken Rotterdam*. Rotterdam.

[13] Koninklijke Instituut van Ingenieurs. (1962). *Gewapende-Betonvoorschriften GBV 1962*.

[14] Metesco Nederland BV. (Geraadpleegd 2013, Juli 1). *Metesco*. Opgehaald van http://m.metesco.nl/verhuur

[15] Rijkswaterstaat. (2012). *Richtlijn beoordeling kunstwerken (RBK)*.

[16] SIA RAAK MKB. (2013). *innovatie-alliantie*. Opgehaald van http://www.innovatie-alliantie.nl/stimuleringsregeling/regeling/item/54-raak-mkb.html

[17] Soen, H. (2007). *Praktische Betonkennis*. 's Hertogenbosch: Cement&BetonCentrum.

[18] SUSTAINABLE SOLUTIONS RDM. (2013). *RDM Campus*. Opgehaald van RDM Campus: http://www.rdmcampus.nl/onderzoek/innovatie-bouwproces-en-duurzaamheid

[19] Teeuw, P., & Ravesloot, C. (2011). *Begroeide daken na 2010*. Amsterdam: Techne Press.

[20] Uffelen, K. (2012). *Herbestemming van monumenten in beton*. Eindhoven.

[21] Van Der Schier, W. (1962). *Beton 1*. Amsterdam: Argus.

[22] Van Der Schier, W. (1962). *Tabellen en Gegevens voor Betonberekeningen*. Amsterdam: Argus.

[23] Cement. (2010/2). Platen en programma's. *Cement*, 80-85.

[24] Cement. (2010/4). Indienen EEM-berekeningen. *Cement*, 72-76.

LIJST MET AFBEELDINGEN

Foto Voorblad	-	Bureau Groenadvies
Schema 1 t/m 6	-	Madina Karim
Tabel 1 en 2	-	gebaseerd op [19]
Tabel 3 en 4	-	Madina Karim
Figuur 1	-	The constructor; geraadpleegd op 6-09-13 http://theconstructor.org/concrete/curing-techniques/375/
Figuur 2	-	online betonlexicon
Figuur 3	-	Google Earth

BIJLAGEN

Bijlage A: Aanleiding & afbakening onderzoeksgebied

Bijlage B: Eenheden GBV'62 & EC2

Bijlage C: Analyse Casestudie

- De Bijenkorf

Bijlage D: Aantastingsmechanismen

Bijlage E: Destructieve & non-destructieve metingen

Bijlage F: Principe begroeide daken

- Product Analyse

Bijlage G: QuickScan

BIJLAGE A

Aanleiding & afbakening onderzoeksgebied

BIJLAGE A: AANLEIDING ONDERZOEK

ACHTERGROND

Het Lectoraat Innovatie Bouwproces en Duurzaamheid is in januari 2012 begonnen met het onderzoek: *Classificatie technische eigenschappen van begroeide daken*. Dit onderzoek heeft als hoofdvraag hoe een uniforme reken- en meetmethode voor technische specificaties van begroeide daken kan bijdragen aan versnelde invoering van begroeide daken in Nederland. De specificaties hebben betrekking op thermische, water-bufferende en andere eigenschappen, die zowel voor particulier belang als voor publiek belang voordelen opleveren. [1] Het onderzoek wordt gefinancierd door SIA RAAK. (SIA RAAK is een instelling die zich bezighoudt met het bevorderen van kennisuitwisseling tussen MKB-ondernemingen. Om hiermee de innovatieve vermogen van deze ondernemingen te vergroten. Van de 51 ingediende voostellen in 2012 financierde SIA 23 stuks. Waaronder 2 onderzoeken van het lectoraat IB&D.)

AANLEIDING

De stad Rotterdam heeft de laatste jaren te kampen met ernstige wateroverlast. Dit mede door haar geografische ligging t.o.v. de (Noord-) zee, haar ligging t.o.v. het zeeniveau in vergelijking met andere steden, haar sterke verstedelijking door de jaren heen en tot slot door de toenemende hevige en momentane regenval door het veranderde klimaat. Wat ten eerste betekent dat er een gering hoeveelheid oppervlakte water en groen en dus een groot hoeveelheid verharding aanwezig is. Bovendien kan de huidige riolering de regenpieken niet opnemen. Met tot gevolge van wateroverlast in de stad.

Nader onderzoek van de Gemeente Rotterdam op het gebied van wateroverlast in de stad Rotterdam levert in 2007 het 2e *Waterplan* [1] op. Dit plan behandeld onder andere enkele oplossingen ten aanzien van de genoemde wateroverlast. Waaronder het toepassen van begroeide daken voor het bufferen en vertraagd afvoeren van regenwater op het dak, zou volgens het plan een innovatieve oplossing zijn voor het oplossen van de genoemde wateroverlast en dus het wegnemen van regenpieken.

Rotterdam heeft een groot voorraad aan potentieel leegstaande daken. Waarvan ca. 79% [2] platte daken betreft. Welke uit het oogpunt van meervoudig ruimtegebruik anders gebruik zouden moeten worden. En in het kader van dit onderzoek als begroeide daken gebruikt zouden kunnen worden. Ook volgt er uit het *MBKA* [2] – *begroeide daken Rotterdam*; van Arcadis dat het toepassen van begroeide daken in vele opzichten op maatschappelijk niveau voordelen zou kunnen opleveren voor de stad. Bovendien blijkt hieruit dat het stadscentrum van Rotterdam de grootste behoefte heeft aan dergelijke innovatieve oplossingen. Financiële gebied kan dit voor de beheerder van een pand een aftrek op rioleringskosten en een toeslag op het toepassen van begroeide daken opleveren.

Huidige bufferingscapaciteiten van begroeide daksystemen van ca. 13mm/m^2 is gebaseerd op een houten onder-draagconstructie. Echter is de wens van de Gemeente Rotterdam om minimaal 50mm/m^2 te bufferen en deze gedurende 24 uur vertraagd af te voeren. Deze uitspraak is gebaseerd op voorspellingen en heeft betrekking op het veranderende klimaat en de toenemende hevige regenvallen.

Het aanpassen van bestaande houten daken is financieel niet aantrekkelijk genoeg. Daarom zal nader onderzoek op het gebied van het toepassen van begroeide daken op houten daken buiten de kaders van dit onderzoek vallen. Overige meest voorkomende dakconstructies zijn staal en beton. Deze constructiematerialen zullen binnen de kaders van dit onderzoek parallel aan elkaar onderzocht worden voor het toepassen begroeide daksystemen met een waterbuffering van minimaal 50mm/m^2. Hierna zal dit gedeelte van het onderzoek zich uitsluitend focussen op betonnen dakconstructies.

1 SIA RAAK MKB, Geraadpleegd op 1 Februari 2013, http://www.innovatie-alliantie.nl/stimuleringsregeling/regeling/item/54-raak-mkb.html

AFBAKENING

VERSTEDELIJKING

Na een eerste oriënterende onderzoek, naar het onderwerp begroeide daken op bestaande (betonnen) daken en in het kader van versneld invoeren hiervan in o.a. de stad Rotterdam, is er voor de scope van deze onderzoek gezocht naar de grootste invloedsfactoren. Met de wens versneld invoeren wordt bedoeld: *Zoveel mogelijk dakoppervlakte, met zo min mogelijk inspanning voorzien van dakbegroeiing*. Door de grootste invloedsfactoren in beeld te brengen kan hiermee een worst-case senario geschetst worden. Uit deze eerste oriëntatie volgt dan ook de scope van dit onderzoek. Hierna zullen de bekeken aspecten/invloedsfactoren kort worden belicht.

Maar allereerst enkele uitgangspunten uit voorgaande onderzoeken welk als basis van dit onderzoek zullen dienen. Te noemen onderzoeken:

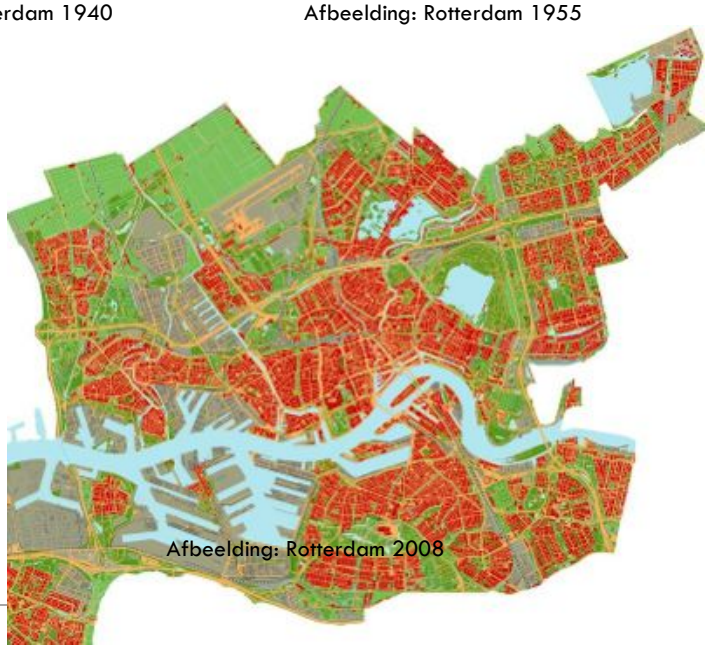
- Het 2e Waterplan [1], welk in 2007 door de Gemeente Rotterdam is uitgebracht:
  - Hierin wordt het waterhuishouden en wateropgave van Rotterdam voor de komende jaren in kaart gebracht. Hieruit kwam het stadscentrum met de grootste wateropgave(38.000m³) naar voren.
- Het MKBA- *Groene daken Rotterdam* [2], welk in 2008 door Arcadis is uitgebracht:
  - Hierin wordt er stil gestaan bij de bijdragen die begroeide daken kunnen leveren op maatschappelijk en privaatniveau. Ook volgde uit dit onderzoek dat het stadscentrum de grote behoefte heeft aan begroeide daken en waterbuffering.
- De stedelijke ontwikkeling van Rotterdam, welk door MapsMultimotion [4] in kaart is gebracht.
  - A.h.v. het beeldmateriaal is te concluderen dat het stadscentrum in de wederopbouwjaren flink verstedelijk is.

Afbeelding: Rotterdam 1937

Afbeelding: Rotterdam 1940

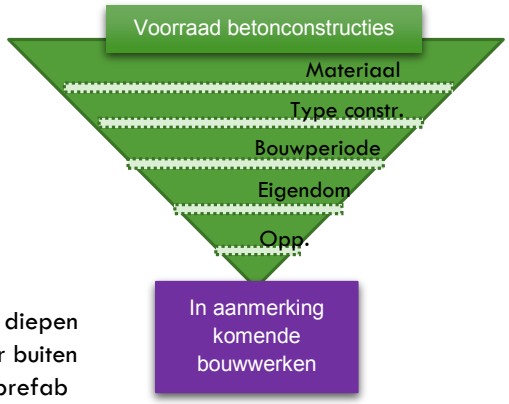
Afbeelding: Rotterdam 1955

Afbeelding: Rotterdam 1965



Afbeelding: Rotterdam 2008

GIS-BESTANDEN GEMEENTE ROTTERDAM



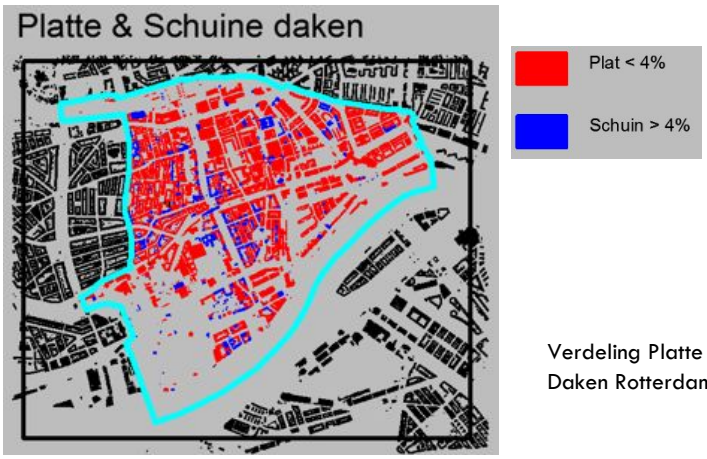
Aan de hand van de GIS-bestanden van de gemeente Rotterdam kan, in het kader van het versneld invoeren van begroeide daksystemen in Nederland, de grootste groep in aanmerking komende bouwwerken in het stadscentrum van Rotterdam geselecteerd worden. Meegenomen criteria/filters om deze selectie te verfijnen zijn:

- Materiaal:

  Het onderzoek richt zich op gewapende betonconstructies. Bovendien is er voor gekozen om het onderzoek alleen uit te diepen voor "gewoon" beton. Andere type betonconstructies die hier buiten vallen zijn: lichte betonconstructies, schuim-betonconstructies, prefab betonconstructies. Deze buiten beschouwing gelaten type constructiematerialen dienen nader onderzocht te worden.

- Type dakconstructie:

  Het bufferen van water is alleen mogelijk op platte dakconstructies (< 4%). Gezien ca. 79% [1] van de daken in Rotterdam plat is, komen deze in aanmerking voor een extensieve dakbegroeiing met waterbuffering. In afbeelding … is ook duidelijk te zien dat een groot percentage daken plat is.

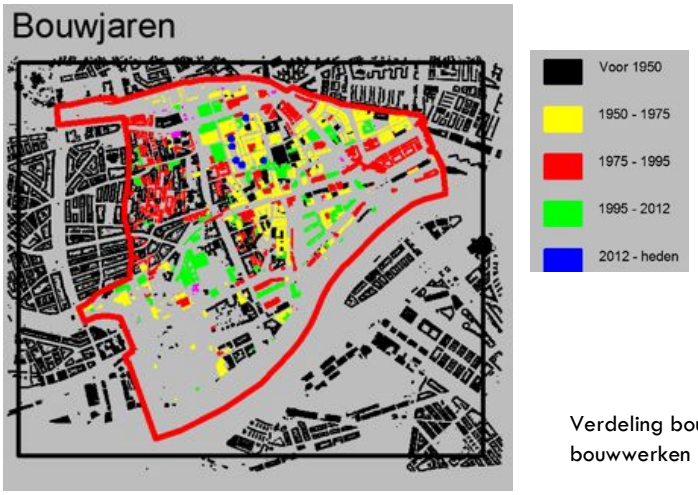


Verdeling Platte & Schuine Daken Rotterdam Centrum

Verder zal er gezien de omvang en haalbaarheid van dit onderzoek zullen alleen 2-zijdig en 4-zijdig lijnvormig ondersteunde vloervelden onderzocht worden.

- <u>Bouwjaar/-periode:</u>

  Het achterhalen bouwjaar/-periode is van belang, om te weten te komen welke betonnormen zijn gehanteerd. Deze kunnen helpen de verschillen tussen de verschillende normen omtrent beton als constructiemateriaal in beeld te krijgen en zo eventuele winst ten aanzien van het draagvermogen aan te tonen.



Verdeling bouwperioden bouwwerken Rotterdam Centrum

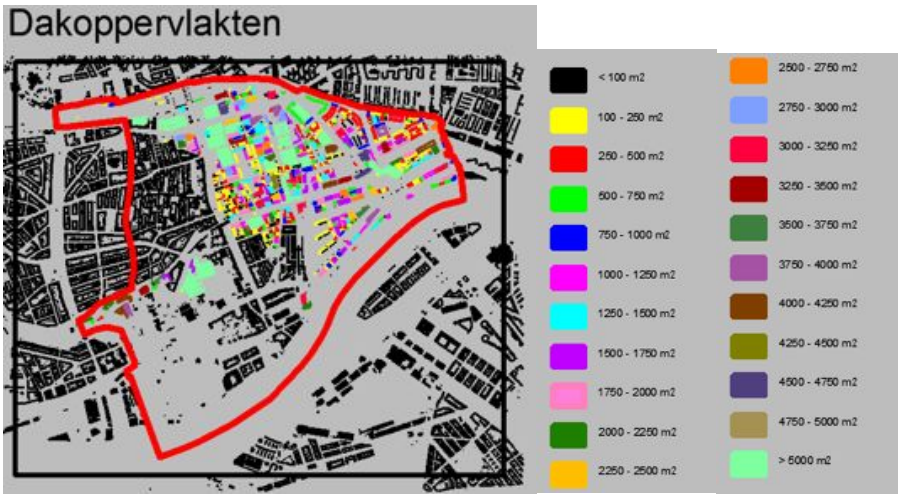
  Opvallende is dat veel bouwwerken in het stadscentrum uit de periode 1950 -1975 zijn. Deze bouwwerken zijn gebouwd volgends de gewapende betonvoorschriften '50/'62 (indien allemaal van beton). Voor een korte samenvatting over alle betonnormen, zie hoofdstuk 2; Gewapende Beton 1950-1975 vs 2013.

- <u>Eigendom:</u>

  Van belang is dat het uitwisselen van informatie en het overtuigen van eigenaren met een "groot" hoeveelheid aan vastgoed eenvoudig en snel kan verlopen. Daarom zullen bij het kiezen van gevalstudies, voor nadere beschouwing, eigenaren als wooncorporaties en gemeenten in de eerste instantie in aanmerking komen.

- <u>Dakoppervlakte:</u>

  Tot slot heeft de concentratie aan een bepaald dakoppervlakte invloed op het aspect versneld invoeren. Zo zal deze indirect gekoppeld zijn aan het type (dak)-constructie, wat een positieve aspect kan zijn ondanks dat elk bouwwerk uniek is uitgevoerd.



Verdeling dakoppervlakten Rotterdam Centrum

BIJLAGE B

Eenheden GBV'62 & EC2

§ 5. ONTWERPFORMULES VOOR HET BEREKENEN VAN PLATEN EN RECHTHOEKIGE BALKEN MET ENKELE WAPENING (N-METHODE)

Indien de toelaatbare spanningen in het beton en staal zijn gegeven, dan kunnen de vereiste dikte of hoogte van een plaat of balk en de benodigde wapening worden berekend voor een bepaald moment en een aangenomen breedte met de ontwerpformules.

a. Notaties voor platen en rechthoekige balken

In de GBV 1962 zijn tal van grootheden met andere notaties aangeduid dan in de vorige GBV. De reden hiervan is, dat de GBV-commissie de notaties heeft overgenomen, die door het „Comité Européen du Béton" (Europese Betoncommissie) zijn vastgesteld. Vele notaties zijn van Franse oorsprong, bijv. *A* (Acier = staal) als aanduiding van de staaldoorsnede.

In onderstaande reeks zijn alleen die notaties aangegeven, welke voor platen en rechthoekige balken gelden. De overige worden bij de andere onderwerpen (bijv. T-balken of kolommen) gegeven.

Notatie	Betekenis
h_v	= totale plaat- of vloerdikte, of balkhoogte (in cm).
b	= strookbreedte van een vloerplaat (bijv. 100 cm), of balkbreedte (in cm).
h	= nuttige plaatdikte of balkhoogte (in cm); d.i. de afstand van de uiterste gedrukte vezel tot het zwaartepunt van de trekwapening.
d'	= afstand van het zwaartepunt van de wapening tot de uiterste getrokken vezel (in cm).
c	= betondekking (in cm).
B	= totale oppervlakte van de betondoorsnede (dus met inbegrip van de staaldoorsnede) (in cm²).
A	= totale doorsnede van de wapening in de plaat- of balkbreedte (in cm²).
x	= hoogte van de betondrukzone, is de afstand van de neutrale lijn tot de uiterst gedrukte vezel (in cm).

Notaties voor platen, rechthoekige balken en T-balken
(tussen haakjes de oude notaties)

Notatie	Betekenis
h_v (d)	= totale plaat- of vloerdikte (in cm).
h_b (h)	= totale balkhoogte (in cm).
b (b)	= strookbreedte van een vloer (meestal 100 cm), of balkbre (in cm).
b (B)	= flensbreedte van een T-balk (drukzone) (in cm).
b_r (b)	= ribbreedte van een T-balk (in cm).
h (d')	= nuttige plaatdikte (in cm); d.i. de afstand van de uiterste drukte vezel tot het zwaartepunt van de trekwapening.
h (h')	= nuttige balkhoogte (in cm).
h_v (d)	= flensdikte van een T-balk (in cm).
d (a)	= afstand van het zwaartepunt van de trekwapening tot de uite getrokken vezel (in cm).
d' (a')	= afstand van het zwaartepunt van de drukwapening tot de uite gedrukte vezel (in cm).
B (F_b)	= totale doorsnede van het beton (inclusief staaldoorsnede) cm²).
A (F_a)	= totale doorsnede van de trekwapening in de plaat- of balkbre te (in cm²).
A' (F_a')	= totale doorsnede van de drukwapening in de plaat- of b breedte (in cm²).
x (x)	= afstand neutrale lijn tot uiterste gedrukte vezel (in cm) (hoo drukzone).
z (z)	= afstand van de drukresultante tot het zwaartepunt van de t wapening (in cm), inwendige hefboomsarm.
σ_b' (σ_{b-d})	= betondrukspanning (in kgf/cm²).
σ_a (σ_{s-z})	= staaltrekspanning (in kgf/cm²).
σ_a' (σ_{s-d})	= staaldrukspanning (in kgf/cm²).
β_b' (σ_{b-u})	= toelaatbare betondrukspanning (in kgf/cm²).
β_a (σ_{s-z})	= toelaatbare trekspanning in de wapening (in kgf/cm²).
E_b (E_b)	= elasticiteitsmodulus van het beton (in kgf/cm²).
E_s (E_s)	= elasticiteitsmodulus van het staal (in kgf/cm²).
n (n)	= verhouding van de elasticiteitsmoduli van staal en beton.
N_b (D_b)	= resultante van de drukspanningen in het beton (in kg).
N_a (T_s)	= resultante van de trekspanningen in het staal (in kg).
ε_b' (ε_b)	= specifieke verkorting van het beton.
ε_a (ε_s)	= specifieke verlenging van het staal.
p (p)	= nuttige belasting op de plaat of balk (in kgf/m² of kgf/m¹).
g (g)	= eigengewicht van de plaat of balk (in kgf/m² of kgf/m¹).
q (q)	= $p + g$ = de totale gelijkmatig verdeelde belasting (in kgf/m² kgf/m¹).
P (P)	= puntlast (verticale geconcentreerde belasting) (in kgf).
l_t (l)	= lengte der theoretische overspanning (in m of cm).
l_b (b)	= theoretische overspanning van een plaat in de breedte (in m
l_l (l)	= theoretische overspanning van een plaat in de lengte (in m).
M (M)	= buigend moment der uitwendige krachten, dat in de beschouw doorsnede moet worden opgenomen (in kgfm of kgfcm).

Gebruikte symbolen en afkortingen

Symbool	Omschrijving
A	oppervlakte van de dwarsdoorsnede; variabele gebruikt bij het berekenen van I_{min}
A_c	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het beton
$A_{c,eff}$	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het effectieve betonstrookje langsgebied rond de wapening (zie het artikel [illegible])
A_{cr}	oppervlakte van het gedeelte van de dwarsdoorsnede van beton onder trek direct voor het ontstaan van de eerste scheur
A_f	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van trekbeschermingswapening per eenheid van breedte (zie het bulgend [illegible])
A_{fv}	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van trekbeschermingswapening per eenheid van lengte (zie de dwarsdoorsnede)
A_s	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van betonstaal
$A_{s,bovenbaal}$	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van betonstaal op hoek van stekke bovenlagd
$A_{s,min}$	vereiste minimumoppervlakte van de dwarsdoorsnede van betonstaal; vereiste minimumdwarsdoorsnede bij bepaalde wapening
$A_{s,opheng}$	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van ophangwapening van balken ter bevestiging tot bovenzijde dwarsdrag of te dragen
$A_{s,pro}$	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het aanwezige (positief) betonstaal
$A_{s,req}$	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van het vereiste (negatief) betonstaal
$A_{s,beh}$	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van drukwapening per eenheid van breedte
$A_{s,pro}$	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van langsbewapening in vezelzone
A_{sw}	oppervlakte van de dwarsdoorsnede van dwarskrachtwapening
a	wapeningsafstand; afstand van het aangrijpingspunt van de vertikale kracht op de vezelzone tot de werklijn van de bijbehorende vertikale reactie in de balken; afstand van buitenste dwarsvezel tot hart wapening; de helft van de hart-op-hartafstand van stoven (bijvoorbeeld van spreiding van het vlak van de verdiepingen), meer niet meer dan de betonsdikte op de buitenste langswapening plus de halve stoelbreedte; breedte van lastvlak (zonder)
a_b	afstand van het aangrijpingspunt van de horizontale kracht op de vezelzone tot de buitenzijde van de vezelzone
a_s	wapeningsafstand (bij 'breed')
a_{sd}	wapeningsafstand voor bovenstaal (zie opmerking van het stijfvlak van de balk (bij 'breed'))
a_v	afstand van een opleggingsvlak of de dag van de vezelverwarming tot de meest positie waar de belasting aangrijpt
B	variabele gebruikt bij het berekenen van I_{min}
BGT	bruikbaarheidsgrenstoestand (ent)
b	breedte van een dwarsvezel
b_{ef}	maatgevende breedte van een dwarsvezel

z = afstand van de resultante drukspanningen tot het zwaartepunt van de trekwapening (in cm).
σ_b' = uiterste drukspanning in het beton (in kgf/cm²)
σ_s = trekspanning in het staal (in kgf/cm²).
σ_b' = toelaatbare drukspanning in het beton (in kgf/cm²).
σ_s = toelaatbare trekspanning in de wapening (in kgf/cm²).
E_b = elasticiteitsmodulus van het beton (in kgf/cm²).
E_s = elasticiteitsmodulus van het staal (in kgf/cm²).
n = verhouding van de elasticiteitsmoduli van staal en beton.
N_b' = resultante van de drukspanningen in het beton (in kgf).
N_s = resultante van de trekspanningen in het staal (in kgf).
ε_b' = specifieke verkorting van het beton; d.i. de indrukking per eenheid van lengte.
ε_s = specifieke uitrekking van het staal.
p = nuttige belasting op de plaat of balk (in kgf/m² of kgf/m¹).
g = eigengewicht van de plaat of balk (in kgf/m² of kgf/m¹).
q = totale gelijkmatig verdeelde belasting (in kgf/m² of kgf/m¹), dus $q = p + g$.
P = puntlasten (in kgf).
l = afstand tussen de steunpunten, dus de degmaat (in m of cm).
l_n = theoretische overspanning van balken (in m of cm).
l_x = theoretische overspanning van een plaat in de breedte (= kleinste afmeting) (in m of cm).
l_y = theoretische overspanning van een plaat in de lengte (= grootste afmeting) (in m of cm).
M = buigend moment van de uitwendige krachten, dat in de beschouwde doorsnede moet worden opgenomen (in kgfm of kgfcm).

Symbool	Omschrijving
$(EI)_d$	buigstijfheid betondoorsnede in UGT
$(EI)_e$	equivalente buigstijfheid van een verend ingeklemd element in UGT
$(EI)_{Rd}$	buigstijfheid bij bereiken grenswaarde betonstuik
$(EI)_y$	buigstijfheid bij vloeien wapening aan trekzijde
E_s	rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus van betonstaal
e	excentriciteit
e_0	totale eerste-orde excentriciteit (knikcontrole); eerste- plus tweede-orde excentriciteit in doorsnedeberekening
e_2	tweede-orde excentriciteit
e_i	excentriciteit t.g.v. imperfecties
e_{min}	minimumexcentriciteit aan te houden in doorsnedeberekening
e_t	totale excentriciteit ($e_0 + e_2$; eerste-orde + tweede-orde)
e_{tot}	totale excentriciteit ($e_0 + e_2$; eerste-orde + tweede-orde)
e_y , e_z	excentriciteit, M_{Ed} / V_{Ed}, resp. langs y- en z-as (pons)
F	belasting; kracht
F_{td}	trekkracht in een staaf bij het begin van een ombuiging t.g.v. belastingen in de uiterste grenstoestand
F_c	kracht in beton
F_d	rekenwaarde van een belasting of kracht
F_{Hd}	rekenwaarde trekkracht boven in console; rekenwaarde horizontale kracht
F_k	karakteristieke waarde van een belasting
F_s	kracht in staal; trekkracht in wapeningsstaaf
F_{Vd}	rekenwaarde van de belasting op een schorend element
F_{V2d}	rekenwaarde van de totale belasting op een raamwerk
F_{qp}	quasi-blijvende waarde van een belasting
F_{yd}	rekenwaarde van de vloeikracht van betonstaal
f_b	aanhechtspanning of aanbechtsterkte staal-beton ('bond')
f_{bd}	rekenwaarde van de uiterst opneembare aanhechtspanning staal-beton
f_{bk}	karakteristieke hechtsterkte van een mortel of lijm op beton
f_c	druksterkte van beton
f_{cd}	rekenwaarde van de druksterkte van beton
f_{ck}	karakteristieke cilinderdruksterkte van beton op 28 dagen
$f_{ck,c}$	verhoogde karakteristieke cilinderdruksterkte van omsloten beton op 28 dagen
$f_{ck,cube}$	karakteristieke kubusdruksterkte van beton op 28 dagen
f_{cm}	gemiddelde cilinderdruksterkte van beton
f_{ct}	betoontreksterkte
f_{ctd}	rekenwaarde van de axiale treksterkte van beton (f_{ctk} / γ_c)
$f_{ct,eff}$	gemiddelde treksterkte van beton effectief op het moment dat de eerste scheurvorming wordt verwacht. $f_{ct,eff} = f_{ctm}$ bij de betreffende ouderdom
f_{ctk}	karakteristieke axiale treksterkte van beton
$f_{ctk,0.05}$	5% fractiel van de axiale treksterkte van beton
$f_{ctk,0.95}$	95% fractiel van de axiale treksterkte van beton
f_{ctm}	gemiddelde axiale treksterkte van beton
$f_{ctm,fl}$	gemiddelde buigtreksterkte van beton

Symbool	Omschrijving
b_f	breedte van een strip koolstofvezelwapening
b_{min}	minimumbreedte van het lijf van een T-, I- of L-balk
b_1	gemiddelde breedte van de trekzone. Voor een T-balk met de flens onder druk wordt alleen de breedte van het lijf in rekening gebracht
b_w	breedte van het lijf van een T-, I- of L-balk
b_1	kolomafmeting in beschouwde buigingsrichting (vlakke plaatvloer)
b_2	kolomafmeting loodrecht op beschouwde buigingrichting (vlakke plaatvloer)
C	hulpvariabele bij berekening van console; variabele gebruikt bij het berekenen van λ_{max}; rotatiestijfheid fundering of gedeeltelijke inklemming
c	betondekking
c_1 , c_2	afmetingen van een rechthoekige kolom
$c_{applied}$	toegepaste betondekking
c_d	betondekking op de beschouwde wapening
c_{min}	minimumbetondekking (t.g.v. vereisten m.b.t. aanhechting, $c_{min,b}$ of duurzaamheid, $c_{min,dur}$)
c_{nom}	nominale betondekking. De nominale betondekking moet voldoen aan minimumvereisten m.b.t. aanhechting, duurzaamheid en brandwerendheid
$c_{nominal}$	vereiste nominale betondekking op de wapening
$c_{toegepast}$	toegepaste nominale betondekking op de wapening
d	nuttige hoogte van een doorsnede ten opzichte van de trekwapening of de minst gedrukte wapening
d_{eff}	nuttige hoogte van een plaat, gelijk aan de gemiddelde nuttige hoogte in twee orthogonale richtingen (pons)
d_g	grootste korreldiameter
d_x	nuttige hoogte voor inwendige wapening
d_x	nuttige hoogte van een plaat in x-richting
d_y	nuttige hoogte van een plaat in y-richting
E	effect van een belasting; elasticiteitsmodulus
E_c	rekenwaarde van de elasticiteitsmodulus van beton
$E_{c,eff}$	elasticiteitsmodulus van beton inclusief kruip
E_{cm}	secans-elasticiteitsmodulus van beton
E_d	rekenwaarde van de invloed van belastingen
E_{eff}	effectieve elasticiteitsmodulus van beton
E_f	fictieve elasticiteitsmodulus van beton; elasticiteitsmodulus van koolstofvezelwapening
EI	buigstijfheid
$(EI)_I$	korteduurbuigstijfheid in het ongescheurde stadium
$(EI)_{I\infty}$	langeduurbuigstijfheid in het ongescheurde stadium
$(EI)_I$	buigstijfheid in het ongescheurde stadium
$(EI)_{I,\infty}$	langeduurbuigstijfheid in het ongescheurde stadium
$(EI)_{II}$	buigstijfheid in het gescheurde stadium
$(EI)_{II,\infty}$	langeduurbuigstijfheid in het gescheurde stadium
$(EI)_{c,yd}$	buigstijfheid bij bereiken piekspanning beton (f_{cd})
$(EI)_{yz}$	buigstijfheid gewapende betondoorsnede

10 Gebruikte symbolen en afkortingen

Symbool	Omschrijving
k_1, k_2, k_3, k_4	knooptypeafhankelijke materiaalreductiefactor (1-3) of sterktevergrotingsfactor (4) (staafwerkmodel); coëfficiënten in de uitdrukking voor de maximale scheurafstand
k_a	coëfficiënt die rekening houdt met de spanningsverdeling binnen de doorsnede omwiddelijk vóór het scheuren en met de veranderlijkheid van de hefboomarm; coëfficiënt t.b.v. de temperatuurafhankelijke reductie van de karakteristieke cilinderdruksterkte van beton onder brandcondities
$k_{c,t}$	coëfficiënt t.b.v. de temperatuurafhankelijke reductie van de karakteristieke treksterkte van beton onder brandcondities
k_{pust}	vorcconstante funderingspaal
k_s	coëfficiënt t.b.v. de temperatuurafhankelijke reductie van de karakteristieke vloeigrens van betonstaal onder brandcondities
k_t	integratiefactor voor gemiddelde staalrek in relatie tot de staalrek in de scheur
k_v	vermenigvuldigingsfactor voor toelaatbare scheurwijdte
L	totale lengte van console; hoogte van een vertikaal element
L_d	rekenwaarde langskracht (doorvlechtlengte in lasst)
l (zie L)	lengte, overspanning, hoogte
l_0	effectieve lengte of knicklengte
$l_{0,b}$	effectieve lengte of knicklengte onder brandcondities
$l_{0,min}$	minimumoverlappingslengte
l_{bl}	afstand tussen momentenvelpunten van het steunpuntmoment (vaardiggel)
l_{br}	afstand tussen momentenvelpunten van het veldmoment (vaardiggel)
l_c	geprojecteerd gedeelte van de verankeringslengte vóór en in de ombuiging
l_2	geprojecteerd gedeelte van de verankeringslengte in en na de ombuiging
l_{bd}	rekenwaarde van de verankeringslengte
l_{bd}	rekenwaarde van de verankeringslengte van kooistafbrandwapening
$l_{b,min}$	minimumverankeringslengte
$l_{b,rqd}$	vereiste basisverankeringslengte
L_{ef}	theoretische overspanning van een constructie-element
l_{fl}	afstand waarover een kolomplaat buiten de kolom steekt
l_k	kritieke horizontale reactiekracht van console in kolom
l_{max}	maximale scheurafstand
l_s	overlaslengte van aanhechtspanningen staal-beton
l_v	hoogte horizontaal reactiekrachtvlak van console in kolom
l_x, l_y	overspanningen in x- en y-richting van een in twee richtingen draagende plaat
M	buigend moment
M_0	eerste-orde buigend moment; buigend moment in de constructie op het moment dat de kooistafbrandwapening wordt aangebracht
M_{max}	rekenwaarde eerste-orde buigend moment (incl. imperfecties)
$M_{max,b}$	rekenwaarde eerste-orde buigend moment (incl. imperfecties) onder brandcondities

Ontwerpen in Gewapend Beton

Symbool	Omschrijving
$f_{c,cyl}$	cilindersterkte van beton
f_{pk}	rekenwaarde van de treksterkte van kooistafbrandwapening
f_{pk}	karakteristieke ondergrenswaarde (5% fractiel) van de treksterkte van kooistafbrandwapening
f_t	treksterkte van betonstaal
f_{tk}	karakteristieke treksterkte van betonstaal
f_{td}	rekenwaarde van de treksterkte van betonstaal
f_{yk}	karakteristieke vloeigrens van betonstaal
$f_{yw,d}$	rekenwaarde van de vloeigrens van dwarskrachtwapening
$f_{yw,def}$	effectieve rekenwaarde van de vloeigrens van dwarskrachtwapening
$f_{yw,k}$	karakteristieke vloeigrens van dwarskrachtwapening
G_k	karakteristieke waarde van een blijvende belasting
g_k	karakteristieke waarde van een blijvende belasting per eenheid van lengte of oppervlakte
H_d	rekenwaarde van een horizontale belasting
h	totale hoogte van een doorsnede; hoogte
h_e	fictieve dikte
h_c	maximale hoogte van console
$h_{c,ef}$	effectieve hoogte van verbogen trekstaaf; hoogte van effectief trekspanningsgebied (scheurwijdtebeheersing)
h_{cr}	hoogte van trekzone maatgebieden voor het scheuren; hoogte van trekzone maatgebieden voor het scheuren uitgaande van de karakteristieke waarden van de normaalkrachten onder de quasi-blijvende belastingscombinatie
h_f	dikte van de flens van een T-balk
h_{fl}	afstand waarover een kolomplaat onder de plaat uitsteekt
I	kwadratisch oppervlaktemoment (traagheidsmoment)
I_1	kwadratisch oppervlaktemoment (traagheidsmoment) ongescheurde doorsnede
I_2	kwadratisch oppervlaktemoment (traagheidsmoment) gescheurde doorsnede
i	oppervlaktemoment-om (traagheidsstraal)
K	factor om verschillende constructieve systemen in rekening te brengen (doorbuiging)
k	coëfficiënt of factor; vorcconstante; bedding constante van de ondergrond (fundering op staal); relatieve rotatiestijfheid van gedeeltelijke inklemming = EI/Cl; schaalfactor dwarskrachtcapaciteit; factor voor het deel van een buigend moment met invloed op de schuifspanning (poinc); coëfficiënt die rekening houdt met eigenspanningen die leiden tot een reductie van de scheurkracht
k_1	factor t.b.v. het verwaarlozen van de invloed van een externe betonspanning op de rekenwaarde van de afschuifweerstand van beton zonder dwarskrachtwapening (betonmaatdeel)

Symbool	Omschrijving
w_{tot}	doorbuiging inclusief kruipinvloeden
$w_{tot,qp}$	doorbuiging onder quasi-blijvende belastingscombinatie inclusief kruipinvloeden
$w_{b,1}$	blijvende doorbuiging (door belastingstoename van de blijvende belasting naar de karakteristieke belastingscombinatie)
w_c	zeng
w_{cr}	doorbuiging door krimp van beton
w_k	berekende scheurwijdte; karakteristieke bovengrenswaarde van de scheurwijdte of maximale scheurwijdte
w_{max}	grenswaardefiniëtewaarde voor de berekende scheurwijdte w_k; doorbuiging in de eindtoestand
w_m	gemiddelddelijk optredende doorbuiging
$w_{m,1}$	gemiddelddelijk optredende doorbuiging onder blijvende belasting
$w_{m,(c)}$	gemiddelddelijk optredende doorbuiging onder karakteristieke belastingscombinatie
$w_{m,k}$	gemiddelddelijk optredende doorbuiging onder karakteristieke belastingscombinatie
$w_{m,qp}$	gemiddelddelijk optredende doorbuiging onder quasi-blijvende belastingscombinatie
w_{mid}	gemiddelddelijk optredende doorbuiging in h.t. midden
$w_{tot,k}$	totale doorbuiging onder karakteristieke belastingscombinatie
$w_{tot,qp}$	totale doorbuiging onder quasi-blijvende belastingscombinatie
XD, XA, XC, XD, XF, XS	milieuklassen voor beton
x	hoogte van de betondrukzone
x_u	hoogte van de betondrukzone in UGT
$x_{u,max}$	maximaal toelaatbare hoogte van de betondrukzone in UGT, bijv. i.v.m. herverdeling
x, y, z	coördinaten
z	hefboomarm van zwaartekracht
z_s	inwendige hefboomarm van kracht in kooldstofvezelwapening
z_c	inwendige hefboomarm van kracht in betonstaal
α	oppervlakteïfactor van de spanning-rekrelatie van beton; hoek; verhouding
$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$	factoren betreffende verankeringen en overlappingen
$\alpha_4, \alpha_5, \alpha_6$	
α_e	verhouding tussen de elasticiteitsmodul van staal en beton
α_h	reductiefactor imperfectie
α_m	reductiefactor imperfectie
α_n	belastingsgraad van een op druk belast element
β	zwaartepunteïfactor van de spanning-rekrelatie van beton; reductiefactor voor dwarskracht i.v.m. directe belastingsafdracht; hoek; torsion-stiffeningfactor (langdurabelasting / herhaald belasten); factor waarmee excentriciteit in rekening wordt gebracht (peen)

by CamScanner from intsig.com

Symbool	Omschrijving
α_s	[illegible] op een afstand 2 d van het belaste gebied [illegible]
α_{vert}	[illegible] voor [illegible] pennwapening meer vereist is
α_1	[illegible]
V	dwarskracht
V_{Ed}	rekenwaarde van de optredende dwarskracht
$V_{Ed,k}$	rekenwaarde van de optredende dwarskracht in een buitengewone ontwerpsituatie
$V_{Ed,d}$	rekenwaarde van de optredende dwarskracht op een afstand d_v van het einde van de kooldstofvezelwapening
$V_{Ed,red}$	optredende dwarskracht gereduceerd i.v.m. directe belastingsafdracht bij kleine dwarskrachtslankheden
$V_{Ed,y}$	rekenwaarde van de optredende dwarskracht in het gebied waar de wapening vloeit
V_{Rd}	dwarskrachtweerstand (opneembare dwarskracht in UGT)
$V_{Rd,k}$	dwarskrachtweerstand (opneembare dwarskracht in UGT) in een buitengewone ontwerpsituatie
$V_{Rd,sl}$	dwarskrachtweerstand (opneembare dwarskracht in UGT) in een buitengewone ontwerpsituatie vóór versterken
$V_{Rd,c}$	dwarskrachtweerstand van een element zonder dwarskrachtwapening (betonaandeel)
$V_{Rd,max}$	dwarskrachtweerstand van een element begrensd door het verbrijzelen van de drukdiagonalen
$V_{Rd,sd}$	rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand van een element op basis van bezwijken door ontbedding van de kooldstofvezelwapening i.p.v. dwarskrachtschuren
$V_{Rd,ct}$	rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand van een element op basis van bezwijken door ontbedding van de kooldstofvezelwapening door hoge schuifspanningen
$V_{Rd,cs}$	rekenwaarde van de dwarskrachtweerstand van een element op basis van bezwijken door bezwijking van de eindverankering van kooldstofvezelwapening door een combinatie van schuifspanning en dwarskracht
v_{Ed}	(peen)schuifspanning
v_{Ed}	schuifspanning in doorsnede zonder dwarskrachtwapening ($= V_{Ed} / (b_w d)$)
v_{min}	ondergrens van de rekenwaarde van de afschuifweerstand van beton zonder dwarskrachtwapening uitgedrukt in een spanning (betonaandeel)
$v_{Rd,c}$	rekenwaarde van de afschuifweerstand van beton zonder dwarskrachtwapening uitgedrukt in een spanning (betonaandeel)
$v_{Rd,s}$	rekenwaarde van de schuifspanning met uitwendige kooldstofvezelwapening opneembaar
$v_{Rd,max}$	weerstand van betondrukdiagonalen uitgedrukt in een spanning
$v_{Rd,c}$	rekenwaarde van de schuifspanning met beugelwapening opneembaar
W	weerstandsmoment doorsnede
W_1	weerstandsmoment ernstic toetsingsperimeter (peen)
W_c	weerstandsmoment betondoorsnede

Symbool	Omschrijving
ζ	verdelingsfactor t.b.v. interpoleren tussen ongescheurde en gescheurde buigstijfheid van een doorsnede; verdelingsfactor t.b.v. interpoleren tussen de krommming van een ongescheurde en een gescheurde doorsnede
η	reductiefactor kolomstijfheid in raamwerkberekening
η_1	coëfficiënt voor aanhechtcondities
η_2	coëfficiënt voor staafdiameter (bij aanhechting)
θ	hoek; hellingshoek drukdiagonalen (bij dwarskracht, wringing of ponsl = helling dwarskracht- of ponsschear
θ_0	basiswaarde imperfectie (hellingshoek)
θ_i	hellingshoek gebruikt voor het weergeven van imperfecties
κ	krommming
κ_1	krommming van ongescheurde doorsnede
κ_{II}	krommming van gescheurde doorsnede
$\kappa_{cp,t}$	krommming in stadium waarin het beton in de drukzone de rek ε_{c1} bereikt
κ_{cs}	krommming door krimp van beton
$\kappa_{cs,I}$	krommming van ongescheurde doorsnede door krimp van beton
$\kappa_{cs,II}$	krommming van gescheurde doorsnede door krimp van beton
κ_m	gemiddelde krommming
κ_{Rd}	krommming wanneer het beton in de drukzone bezwijkt op druk (de grenswaarde van de betonstuik bereikt)
κ_y	krommming wanneer het betonstaal de vloeigrens bereikt
λ	slankheid
λ_{lim}	grenswaarde van de slankheid
λ_v	dwarskrachtslankheid
μ	belastingniveau bij berekenen buigstijfheid
μ_0	belastingniveau onder brandcondities
ν	sterkte reductiefactor voor beton gescheurd door een dwarskracht
ν'	sterkte reductiefactor voor beton gescheurd door een dwarskracht
ν_1	sterkte reductiefactor voor beton gescheurd door een dwarskracht
ξ	factor t.b.v. het verwerken van de invloed van verschil in staafdiameters en aanhechtingseigenschappen
ρ	wapeningsverhouding $\rho = A_s/A_c$; stressl ingeklemd element: CDEJ
ρ_0	referentie wapeningsverhouding in slankheidsrelatie m.b.t. de doorbuiging: $0{,}001 \cdot \sqrt{f_{ck}}$
ρ_l	wapeningsverhouding van de langswapening betrokken op de nuttige hoogte d van de doorsnede
ρ_{min}	minimumwapeningsverhouding
$\rho_{p,eff}$	wapeningsverhouding van het effectieve trekspanningsgebied
$\rho_{w,min}$	minimumwapeningsverhouding dwarskrachtwapening
σ_c	betondrukspanning
$\sigma_{c,d}$	rekenwaarde betondrukspanning
σ_{cp}	gemiddelde betonspanning door de rekenwaarde van de normaalkracht (dwarskracht- en ponsberekening)
σ_{c1}	betondrukspanning

by CamScanner from intsig.com

Symbool	Omschrijving
γ	overall factor
γ_c	partiële factor voor beton
γ_F	partiële factor voor belastingen, F
γ_G	partiële factor voor blijvende belastingen, G
γ_m	materiaalfactor
γ_Q	partiële factor voor veranderlijke belastingen, Q
γ_s	partiële factor voor betonstaal
Δd	toeslag in het ontwerp meegenomen wegens een tolerantie
Δd_{dev}	toeslag op de betondekking t.v.m. uitvoeringstolerantie
δ	verhouding tussen het buigend moment na herverdeling en het buigend moment uit een elastische berekening. (Herverdelingsverhouding = (100 – % herverdeling) / (100)); reductiefactor om de buigstijfheid uit te drukken t.o.v. de buigstijfheid van een ongescheurd veronderstelde doorsnede
δ_0	eerste-orde uitbuiging (incl. imperfecties)
δ_2	tweede-orde uitbuiging
ε_0	initiële rek ter plaatse van de geplande koolstofvezelwapening
ε_c	betonrek (druk)
ε_{c0}	initiële rek in beton ter plaatse van de geplande koolstofvezelwapening
ε_{c1}	grenswaarde van de betonstuik bij centrisch belast beton of de betonstuik bij het bereiken van de piekspanning bij gebruik van de bilineaire spanning-rekrelatie
ε_{ca}	autogene krimp van beton
ε_{cd}	uitdrogingskrimp van beton
$\varepsilon_{cd,0}$	basiswaarde van de uitdrogingskrimp van beton
ε_{cm}	gemiddelde rek van beton
ε_{c1}	schenrek betons; rek van beton op trek belast
ε_{cu}	grenswaarde van de betonstuik
ε_{cu1}	grenswaarde van de betonstuik bij niet geheel centrisch belast beton bij) gebruik van de bilineaire spanning-rekrelatie
ε_f	rek van koolstofvezelwapening
ε_{fd}	rekenwaarde van de breukrek van koolstofvezelwapening
$\varepsilon_{f,eff}$	effectieve rek van koolstofvezelwapening
ε_{fu}	rek van koolstofvezelwapening bij maximale belasting
ε_s	rek van betonstaal
ε_{sm}	gemiddelde rek van betonstaal
ε_{s1}	rek in betonstaal in ongescheurde trekstaaf t.g.v. schuarkracht van de doorsnede
ε_{s2}	rek in betonstaal in gescheurde trekstaaf t.g.v. schuarkracht van de doorsnede
ε_u	rek van betonstaal of voorspanstaal bij maximale belasting
ε_{ud}	rekenwaarde van de rek van betonstaal of voorspanstaal bij maximale belasting (= 0,9 ε_{uk} voor betonstaal; = 1,0 ε_{uk} voor voorspanstaal)
ε_{uk}	karakteristieke rek van betonstaal of voorspanstaal bij maximale belasting
ε_y	rek in betonstaal bij bereiken vloeigrens
ε_{yd}	rekenwaarde van de rek in betonstaal bij bereiken vloeigrens

ed by CamScanner from intsig.com

Symbool	Omschrijving
$\sigma_{Rd,max}$	rekenwaarde van betondrukspanning in lasoep van een staafwerkmodel
σ_t	spanning in hoofdtrekspanning
$\sigma_{Rd,max}$	rekenwaarde van de sterkte van betonnen drukstaf in een staafwerkmodel
σ_v	trekspanning in het betonstaal
σ_{sd}	rekenwaarde van de spanning in een wapeningsstaaf in UGT
$\sigma_{s,imp}$	spanning in betonstaal t.g.v. frequente belastingen
$\sigma_{s,qp}$	spanning in betonstaal t.g.v. quasi-blijvende belastingen
σ_w	spanning in betonstaal in geschuurde doorsnede t.g.v. scheurkracht van de doorsnede
σ_{sc1}	spanning in betonstaal in ongeschuurde trekstaaf t.g.v. scheurkracht van de doorsnede
σ_{sc2}	spanning in betonstaal in geschuurde trekstaaf t.g.v. scheurkracht van de doorsnede
τ_{bu}	aanhechtspanning staal-beton
$\varphi(\infty,t_0)$	eindwaarde van de kruipcoëfficiënt
φ_{ef}	effectieve kruipcoëfficiënt
$\varphi(t,t_0)$	kruipcoëfficiënt, weergevend de kruip tussen twee tijdstippen t en t_0 gerelateerd aan de elastische vervormingen na 28 dagen
ψ_0	combinatiewaarde van een veranderlijke belasting (bijv. gebruikt bij het beschouwen van BGT)
ψ_1	frequente waarde van een veranderlijke belasting (bijv. gebruikt bij het beoordelen of een doorsnede al dan niet is gescheurd); reductiefactor voor het steunpuntsmoment in een vlakke plaatvloer
ψ_2	quasi-blijvende waarde van een veranderlijke belasting (bijv. gebruikt bij het berekenen van de doorbuiging en bij de scheurwijdtetoets van gewapend beton)
ω	mechanische wapeningsverhouding = $A_s f_{yd} / (A_c f_{cd})$
$\varnothing$	staafdiameter
$\varnothing_{eq}$	gelijkwaardige diameter van stawen met verschillende diameter
$\varnothing_{b,min}$	minimumdoorndiameter
$\varnothing_{sl}$	staafdiameter langswapening
$\varnothing_w$	staafdiameter dwarskracht- of ponswapening
$\varnothing_s$	staafdiameter betonstaal
$\varnothing_s'$	maximale staafdiameter betonstaal voor scheurbeperking (tabelwaarde)
$\varnothing_{s,max}$	toegestane staafdiameter betonstaal voor scheurbeperking

BIJLAGE C

Analyse Casestudie

BIJLAGE C – ANALYSE CASESTUDIE

Om inzicht te krijgen in een bestaande constructie moet men bestaande gegevens analyseren en verifiëren in het werk. Bij het analyseren kan men gebruik maken van oude normen en regels omtrent betonconstructies. Terwijl bij het verifiëren van de gevonden gegevens een visuele inspectie, non-destructief onderzoek of destructief onderzoek verreist kan zijn. Binnen de gegeven afstudeermogelijkheden is het alleen mogelijk bestaande gegevens te analyseren. Het verifiëren dient nader hand nog te gebeuren door een andere partij. De volgende stappen zijn doorlopen bij het achterhalen van bestaande gegevens:

Algemene achtergrond gegevens:

- **Bouwjaar:**
  - Gehanteerde Norm (GBV'50 of GBV'62)
  - Ouderdom betonconstructie
- **Bouw betrokken:**
  - Opdrachtgever
  - Aannemer
  - Architect
  - Constructeur
  - andere bouw betrokken
- **Tussentijdse Wijzigingen/verbouwingen aan het gebouw:**
  - Indien er sprake is van verbouwingen; reden hiervoor – brand of functiewijzigingen?
- **Hoofddraagconstructie:**
  - Globale opzet hoofddraagconstructie
  - Bouwfunctie
  - Opzet funderingsconstructie

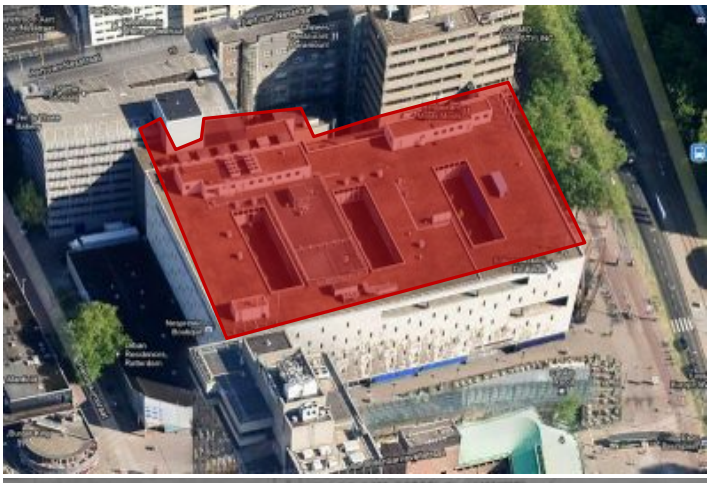
Dakvloer:

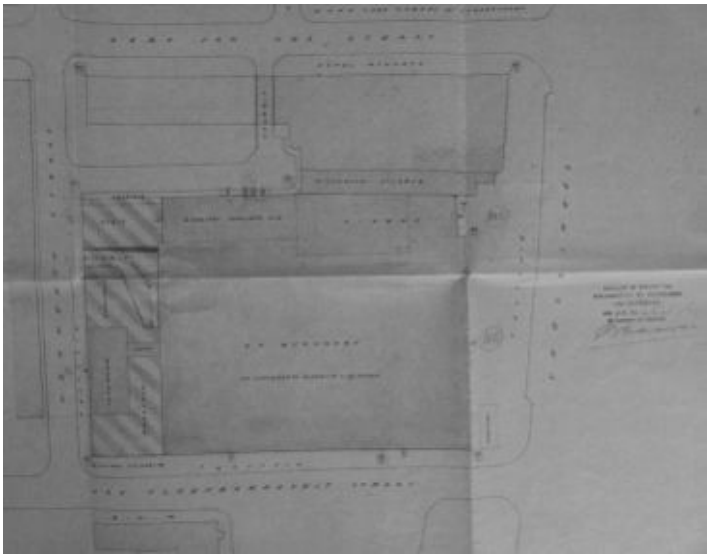
- **Constructie tekeningen & berekeningen:**
  - Wijze van opleggingen
  - Schematisering vloerconstructie
  - Betonkwaliteit(en)
  - Betondekkingen
  - Staalkwaliteit
- **Constructie (her)berekeningen - Sterkte, Stijfheid, en Stabiliteitsberekeningen:**
  - Buigtreksterkte – berekeningen
  - Dwarskracht- berekeningen
  - Vervormingsberekeningen

COOLSINGEL 103 – DE BIJENKORF

De Bijenkorf wordt voor dit onderzoek aan de hand van de gegeven stappenplan beschouwd en geanalyseerd. De Bijenkorf is een willekeurig gekozen project binnen een afgebakend onderzoeksgebied in het hart van Rotterdam (zie ook bijlage [A]). De welbekende Bijenkorf is een warenhuis naar het ontwerp van de Hongaars-Amerikaanse architect Marcel Breuer uit 1957. Het is een iconisch en daarom een monumentaal bouwwerk uit de te beschouwen wederopbouwjaren (1950-1975).

ALGEMENE ACHTERGROND GEGEVENS:





<u>Algemene projectgegevens:</u>
Functie:
6 bouwlagen, Winkelruimten/ Warenhuis
Bouwjaar/-periode:
1954-1957
Opdrachtgever:
Gemeente Rotterdam
Architect:
Arch. Marcel Breuer New York &
A. Elzas Amsterdam
Constructeur/ Aannemer:
Bouw- en Adviesbureau Ir. K. Bakker &
Ir. H.A.Dicke Civiel Ingenieurs
Gehanteerde norm:
GBV 1950
Brand / Tussentijdse functiewijzigingen:
onbekend

Afbeelding: Situatie overzicht

In het kader hierboven zijn de algemene projectgegevens als de bouwperiode en de bouwbetrokken en brand/tussentijdse wijzigingen weergegeven.

<u>Hoofddraagconstructie:</u>

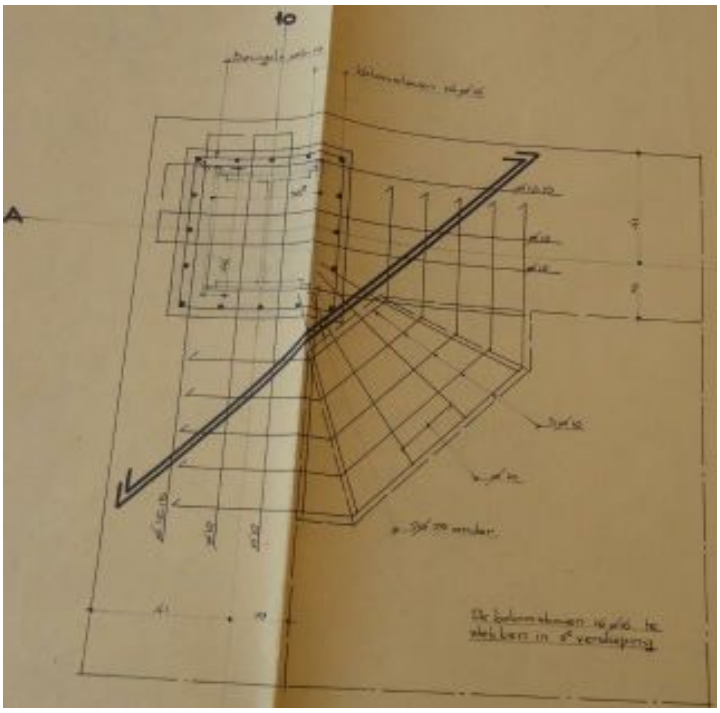
Globale constructieve opzet:

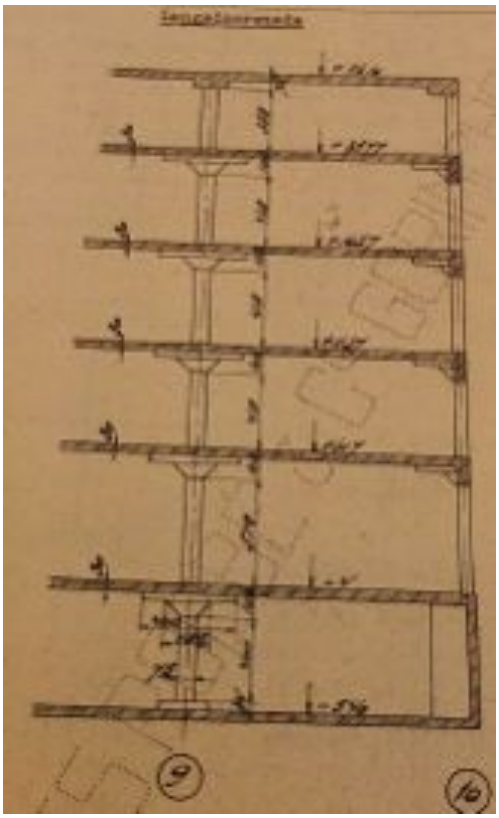
In het werk gestorte balken & kolommen structuur

''Constructieve'' opzet dak:

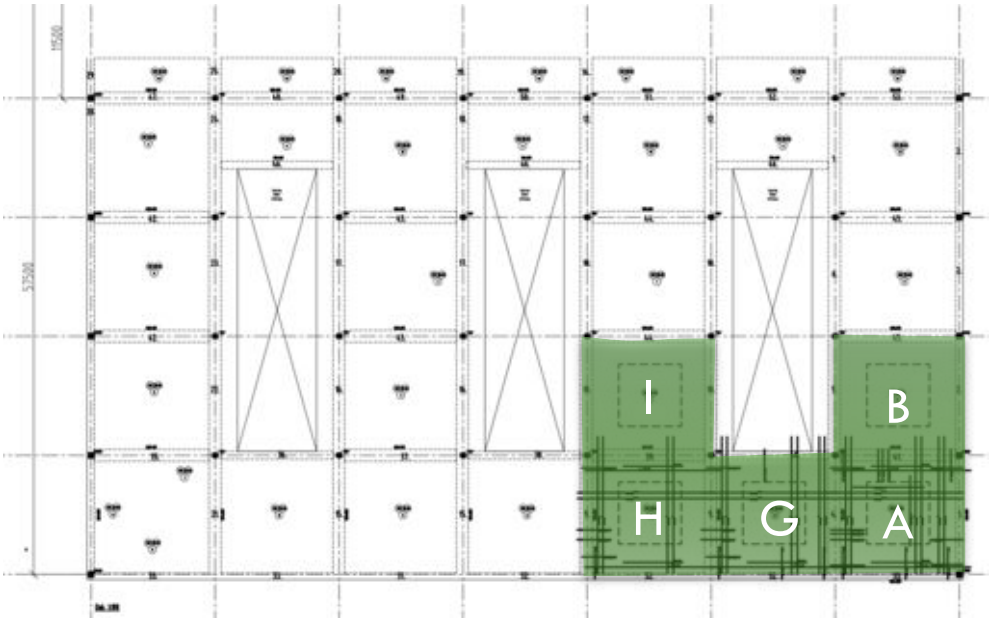
De dakvloer is overal vierzijdig opgelegd op een balkenrooster met een overspanning van ca. 11,9m tussen met daaronder kolommen. De h.o.h. afstand van de kolommen/overspanning van de balken zijn ca. 11,9m. De verzwaarde balken zijn ca. 1500mm breed en 750mm hoog. Alle midden-kolommen zijn rond en hebben een diameter van 600mm. En rand-kolommen van 550x550mm.

Op de verdiepingen is de constructie opgebouwd uit paddenstoel – kolommen en dunnen vloerslabben van ca. 300mm. (zie ook langsdoorsnede)





DAKVLOER:



Afbeelding: Overzicht Dakvloer met Vloervelden A,B,G,H, I

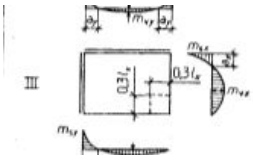
Het gehele dakoppervlakte bestaat uit een aantal verschillende vloer-velden. Deze verschillen voornamelijk van elkaar op de wijze van oplegging. In het dakvloer- overzicht hierboven is weergegeven welke dakvloer-velden in aanmerking komen voor herberekeningen. Het gaat hierbij om de velden A,B,G,H,I.

<u>Constructie tekeningen & berekeningen:</u>

Wijze van oplegging:

De dakvloer van de Bijenkorf is met een onderliggende balkenrooster in het werk gestort. Dit betekent dat bijvoorbeeld vloerveld A, welk 4 zijdig opgelegd is, aan 2 zijden als doorgaand of toevallige inklemming gerekend mag worden en aan 2 zijden vrij opgelegd.

Schematisering vloerconstructie:



Schematisering van de vloerconstructie missen volledig in het bestaande constructie-rapport. Wel is het mogelijk aan de hand van de gebruikte momentencoëfficiënten en de tabellenbijlagen uit de berekeningen te achterhalen dat het om plaat type 3 gaat.

Bij het vergelijken van de momentencoëfficiënten uit de berekeningen met de gegevens in de tabellenbijlage van GBV'62 en de huidige GTB tabellenbijlagen valt het op dat deze coëfficiënten in elke norm afwijken.

Beton- en staalkwaliteit:
In de eerste instantie zijn de beton en staalkwaliteiten niet te achterhalen. Deze staan niet in het tekeninghoofd en niet in het constructierapport. Wel is het mogelijk deze af te leiden aan de hand van de gebruikte toelaatbare materiaalspanningen. Zo staat er in de berekeningen het volgende vermeld voor de toelaatbare materiaalspanningen: 60/1500. Dit geeft dus betonkwaliteit K225 en staalkwaliteit Qr24 weer. Zie ook tabel 1 en 2 hoofdstuk 2.1.

Vloerdikte & Betondekking:

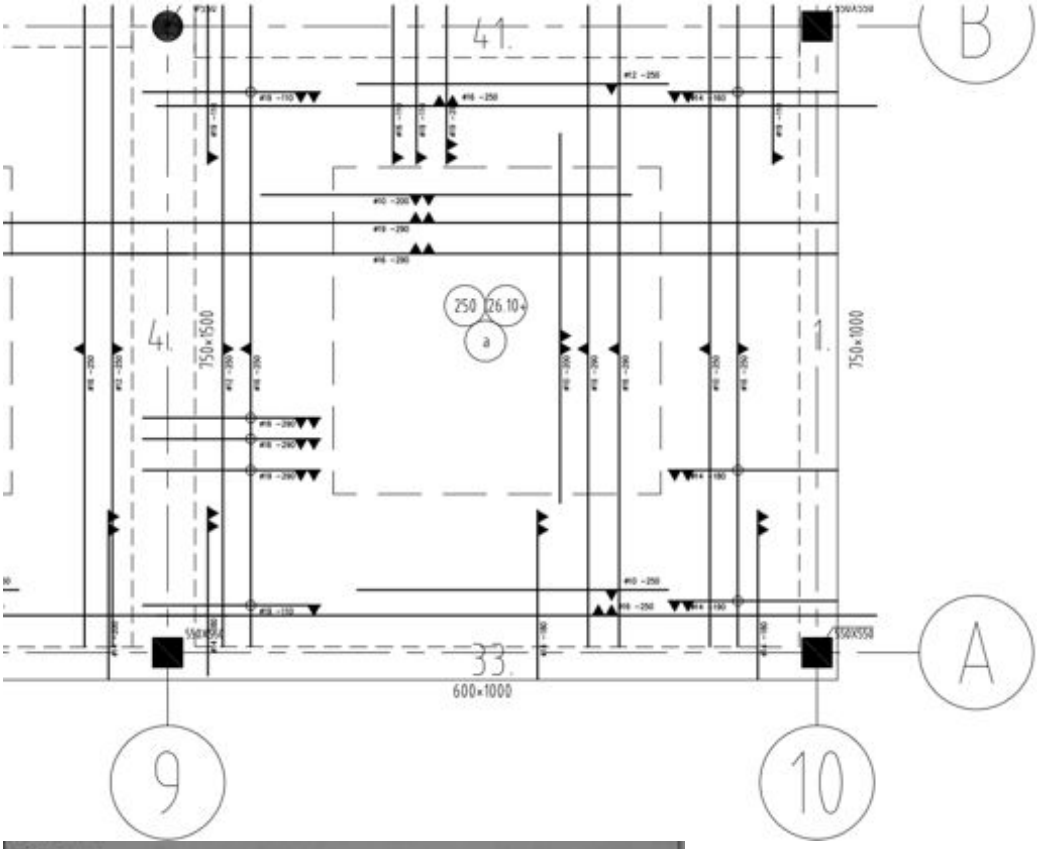
Het dakvloer is 250mm dik. Uit de berekeningen volgt een hefboom d' om het inwendige moment in de vloer te berekeningen.

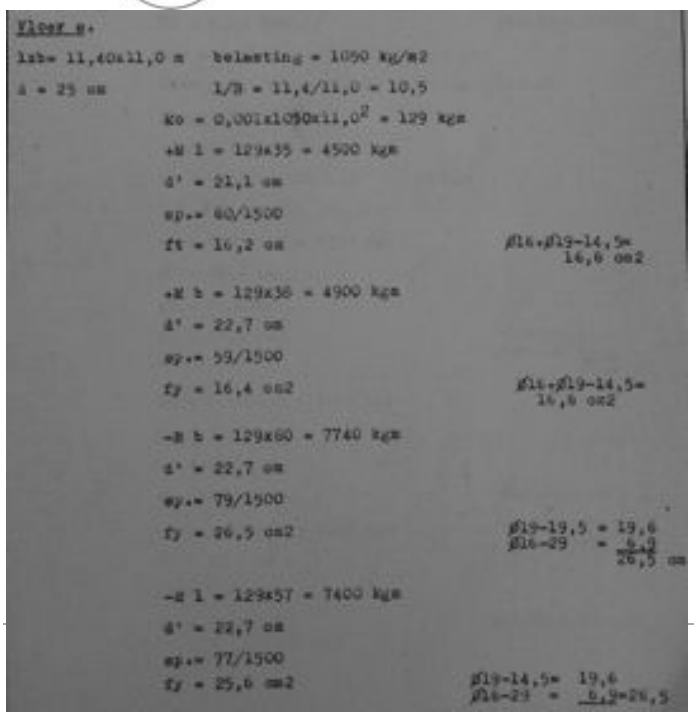
Verder geldt voor de dekking onderzijde → h = ½ * Hw + d' + c_{nom} → C_{nom} = h – ½ *hw –d' = 250mm- ½ * 19- 227mm = 13mm. En geldt er voor de dekking aan de bovenzijde → h = ½ * Hw + d' + c_{nom} → C_{nom} = h – ½ *hw –d' = 250mm- ½ * 19- 211mm = 29,5mm.

Verreist is aan beide zijden volgens GBV62 → 10mm.

Wapeningshoeveelheid en – ligging

Hieronder zijn de wapeningshoeveelheden zoals berekend en getekend in de bestaande tekeningen en berekeningen weergegegeven.





Vloer 9+

lzb= 11,40x11,0 m belasting = 1050 kg/m2

l = 25 cm l/B = 11,4/11,0 = 10,5

ko = 0,001x1050x11,0² = 129 kgm

+M l = 129x35 = 4500 kgm

d' = 21,1 cm

ep.= 60/1500

fx = 16,2 cm Ø16+Ø19-14,5= 16,6 cm2

+M b = 129x36 = 4900 kgm

d' = 22,7 cm

ep.= 59/1500

fy = 16,4 cm2 Ø16+Ø19-14,5= 16,6 cm2

-M b = 129x60 = 7740 kgm

d' = 22,7 cm

ep.= 79/1500

fy = 26,5 cm2 Ø19-19,5 = 19,6
Ø16-29 = 6,9
26,5 cm

-M l = 129x57 = 7400 kgm

d' = 22,7 cm

ep.= 77/1500

fy = 25,6 cm2 Ø19-14,5= 19,6
Ø16-29 = 6,9=26,5

Uitgangspunten:

Normen, voorschriften & Software:

Voor de berekeningen & herberekeningen zijn de volgende normen & voorschriften gehanteerd:

Eurocode:

- → NEN-EN-1990 (Eurocode 0) Grondslagen van het constructief ontwerp
- → NEN-EN-1991-1-1 (Eurocode 1) Belastingen op constructies
- → NEN-EN-1992-1-1 (Eurocode 2) Betonconstructies
- → GTB Grafieken & tabellen voor beton

GBV'62:

- → NI 65 - 1965 (TGB'55) Technische grondslagen voor bouwvoorschriften
- → NEN 1009 - 1962 (GBV'62) Gewapende betonvoorschriften 1962
- → " Tabellen en gegevens voor betonberekeningen

Software:

- → Matrixframe CAE 5.0
- → ArchiCAD 2018

Referentie documenten:

Zie [ ]; [ ]; [ ]; [ ]; [ ]; [ ].

Materialen:

Beton & Staal: (GBV'62) Bestaande berekeningen op basis van n-methode zoals vorgeschreven in GBV'62. Op basis van de gehanteerde materiaalspanningen is a.h.v. de tabellenbijlagen van de GBV'62 het volgende afgeleid:
- staalkwaliteit Qr 24 } zie tabellen op blz. 3 & 7 in de
- betonkwaliteit K225 } tabellenbijlagen GBV'62

Beton & Staal: (EC 2)
- staalkwaliteit Qr 24 ≈ FeB 220 (zie bijl.).
  een staalsoort dat tegenwoordig niet meer toegepast wordt in de nieuwbouw.
- betonkwaliteit K225 ≈ C20/25 > K225 > C16/20
  Het hanteren van C16/20 zou veiliger benadering zijn en de kubusdruksterkte van ~~C20/25~~ K225 neigt meer naar die van C20/25.
  Daarom is voor het betonsoort C20/25 aangehouden.

Betondekking: (GBV '62)

Voor (alle) vloerplaten: • binnenzijde = 1,0 cm = 10 mm
• buitenzijde = 1,5 cm = 15 mm

(Art. 28; tabel VI)

Betondekking: (EC 2)

Bekleed dak = droog → Milieuklasse XC 1

• Onderzijde
• Bovenzijde
• Zijkant

} 20 mm* (+ 5 mm uitvoerings tolerantie)

* Bij plaatelementen (vloeren & wanden) mag bovenstaande dekking met 5 mm worden gereduceerd, waarbij c_{nom} altijd ≥ 15 mm moet zijn.

Ontwerpcriteria: (EC 2)

→ Gevolgklasse / Betrouwbaarheidsklasse — CC 2 / RC 2
→ Referentie periode — 50 jaar

Belastingfactoren & Belastingcombinaties:

Belastingfactoren: (GBV '62; n-method)

Belastingfactor onbekend (zie ook toelichting hfst 2...)

Belastingfactoren: (GBV '62; breukmethode)

$\gamma = 1,8$; $\gamma = 1,72$; $\gamma = 1,64$

Belastingfactoren: (EC 2)

Permanente belasting: $\gamma_{G;inf} = 0,9$ (gunstig)
$\gamma_{G;sup} = 1,2$ (ongunstig)
$\gamma_{G;sup} = 1,35$

Veranderlijke belasting: $\gamma_{Q;sup} = 1,5$

Belastingcombinaties: (EC)

Belastingcombinaties voor de Ultimate Limit State (ULS/STR) en Serviceability Limit State (SLS) conform NEN-EN 1990 (+NB)

Belastingen:

Belastingen: (TGB 55)

• Nutige belasting = 250 kg/m²
(Blijvende belasting:)
- E.g. → 0,25 × 2400 = 600 kg/m²
- afwerking = 200 kg/m²

Belastingen: (EC)

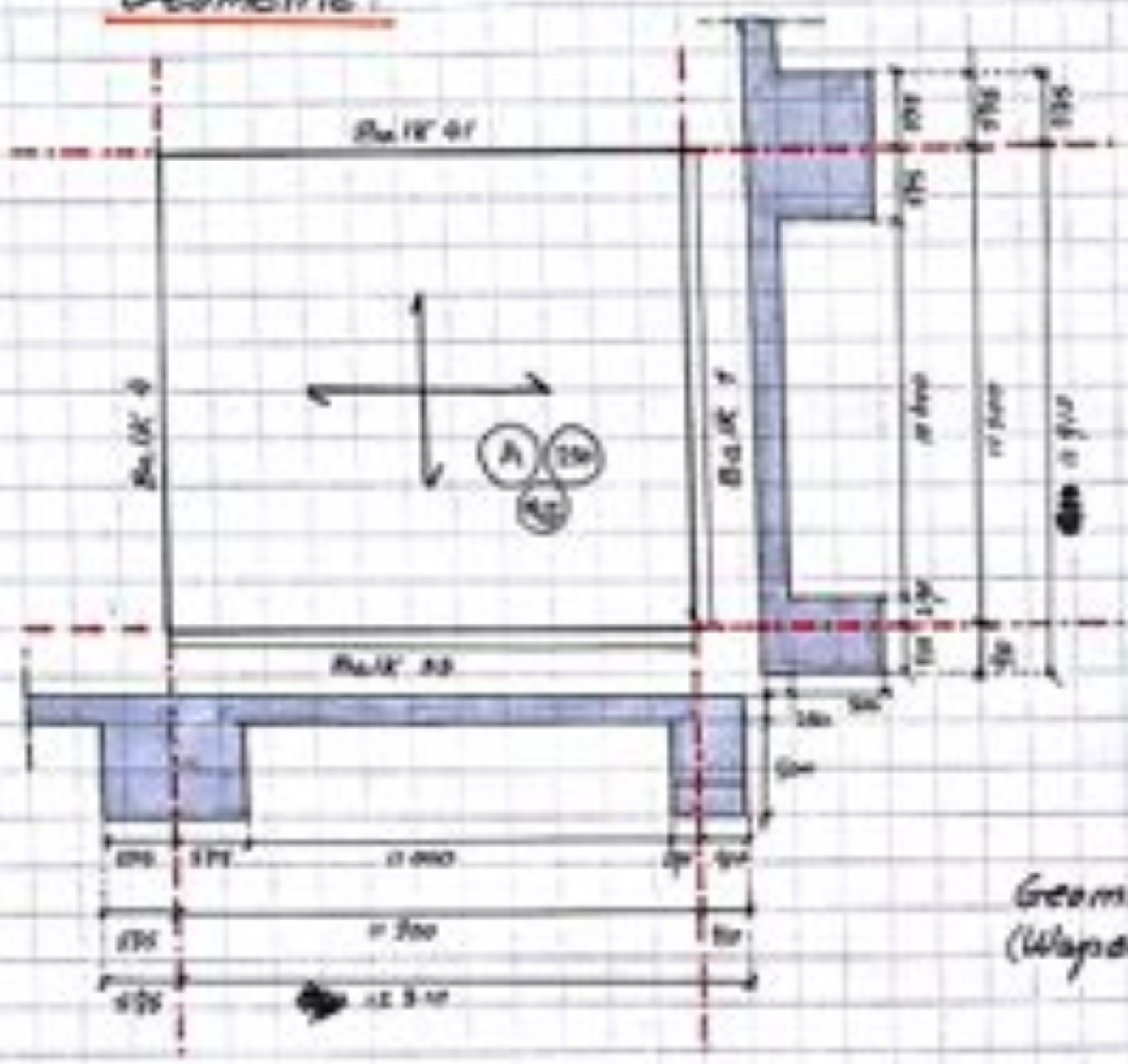
• Veranderlijke →
- Sneeuw = 0,56
- Regenwater = 1,0
- Personen = 1,01

Analyse dakvloer van de Bijenkorf.

Voor de berekeningen & herberekeningen is het dakvloerveld (A) selectief gekozen.

Schematisering:

Geometrie:



Geometrie op basis van (Wapenings-) Tekeningen vloer.

Theoretische overspanning (l_{eff}):

GBV: hart op hart afstand tussen T-balken.

$l_x = 11{,}05 + 0{,}35 = 11{,}352 \approx 11{,}5\ m'$

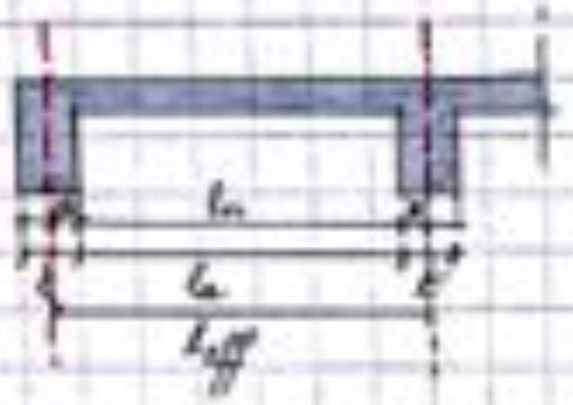
$l_y = 11{,}0 + 0{,}35 = 11{,}925 \approx 11{,}9\ m'$

EC: Voor middensteunpunt ⇒ hart van T-balk + dagmaat

Voor Eindsteunpunt ⇒ $a_{min} = \min[\frac{1}{3}h; \frac{1}{2}t]$ + dagmaat

$a_1 = \frac{1}{3}h = \frac{1}{3} \cdot 250 < \frac{1}{2}t = \frac{1}{2} \cdot 700$

$l_{eff_1} = l_x = l_n + a_1 + a_m$
$= 11{,}0 + 0{,}125 + 0{,}575 = 11{,}3\ m'$

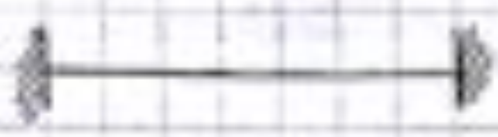


$l_{eff_2} = l_y = l_n + a_1 + a_m$
$= 11{,}0 + 0{,}125 + 0{,}575 = 11{,}7\ m'$

(* zie figuur 5.4C; hfst 5.3.2 Eurocode 2)

Verschil: Voor l_x & l_y op basis van GBV'62 & op basis van EC2 zit een verschil van 225mm. Dit omdat volgens EC2 [a1] berekend moet worden, terwijl bij GBV'62 het hart van de T-balk (randbalk) wordt meegenomen. Een grotere overspanning betekend een grotere krachtenspel in de vloer. In deze situatie heeft het een gunstig effect op het (REST-) draagvermogen.

Te hanteren schema:



l_{eff}/d ($l_{eff} > 7{,}0$ m)

$l_{eff}/(245/l_{eff}) = d = 6{,}7/(245/6{,}7) = 6{,}7/35$
$= 0{,}191$ m
$= 191$ mm

Vloerdikte $h = 191 + c_{nom} + 5 + \frac{1}{2} h_{wig}$
$= 191 + 20 + 5 + \frac{1}{2} \cdot 19$
$= 230{,}5 \rightarrow$ afronden naar 250 mm

Nuttige hoogte vloer:

$d_x = 250 - 20 - 5 - 0{,}5 \cdot 19 = 215{,}5$ mm
$d_y = 250 - 20 - 5 - 0{,}5 \cdot 16 - 19 = 207$ mm
] EC2

GBV b2
$d_x = 250 - 10 - 5 - 0{,}5 \cdot 19 = 225{,}5$ mm → 227 mm
$d_y = 250 - 10 - 5 - 0{,}5 \cdot 16 - 19 = 208$ mm → 211 mm
] Bestaande berekeningen

Belastingen & Belastingcombinaties - Rekenwaarden:

Rekenwaarde Belasting: (n-methode)
Belastingsfactor onbekend.
$q_d = Q_k + G_k = 2{,}5 + 8{,}0 = 10{,}5$ kN/m²

Rekenwaarde Belasting: (Breukmethode)
Voor 4-zijdig opgelegde vloeren waarvan $l_y \leq 1{,}5 \cdot l_x$ en $h_f \geq 150$ mm geldt → $\gamma_s = 1{,}64$
($M_u = 7 \cdot M$)

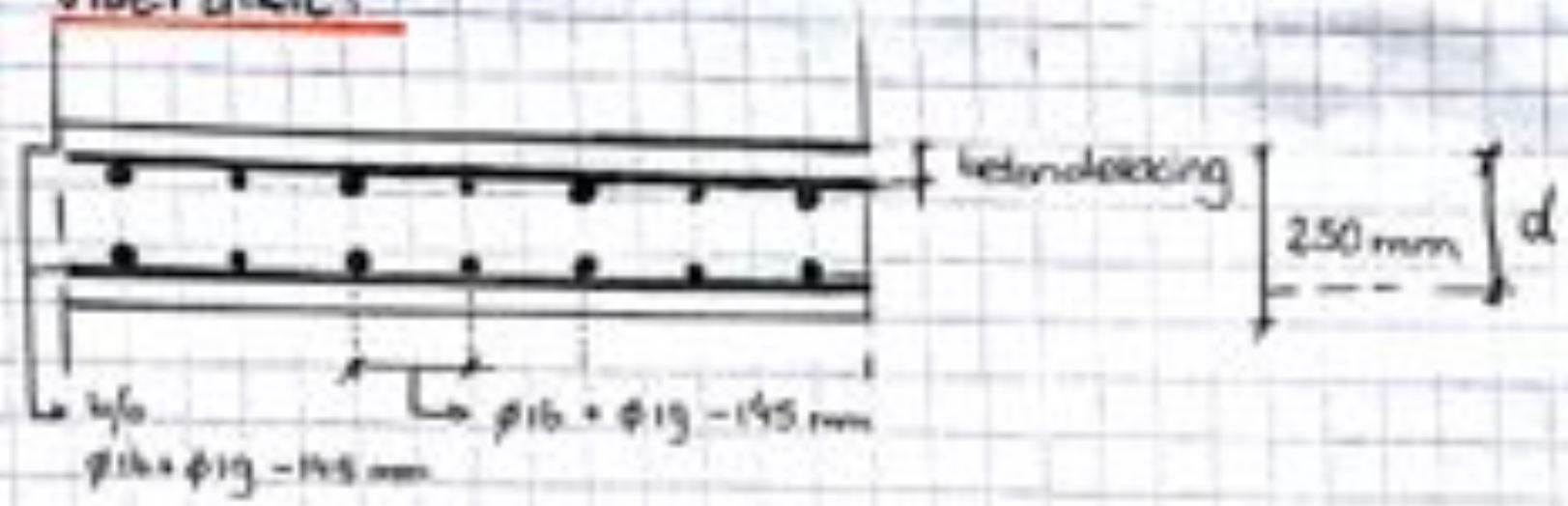
Rekenwaarde Belasting: (B.C.)
Gevolgklasse EC2 / Betrouwbaarheidsk. RC2

als OB = 2,5 volgens GBV'82 hier
$1{,}2 \cdot G_k + 1{,}5 Q_k = 1{,}2 \cdot 8{,}0$ kN/m² $+ 1{,}5 \cdot 2{,}5 = 13{,}35$
$1{,}35 \cdot G_k + \psi_0 \cdot 1{,}5 Q_k = 1{,}35 \cdot 8{,}0 + 0{,}7 \cdot 1{,}5 \cdot 2{,}5 = 8{,}0$ kN/m²

als OB = 1,0 kN/m² volgens EC0
$1{,}2 \cdot G_k + 1{,}5 \cdot Q_k = 1{,}2 \cdot 8{,}0 + 1{,}5 \cdot 1{,}0 = 11{,}1$ kN/m²

Generated by CamScanner from intsig.com

Vloerdikte:



GBV'62 : Art. 32 Vloerplaten:

1) De dikte van dakuiteren mag niet kleiner zijn dan 7 cm.

2) In platen die dikker zijn dan 25 cm moet steeds overal een dubbele net aanwezig zijn, behalve in kolomvoeten.

Verder is er in deze regelgeving geen uitstregel of slankheidsberekening gegeven.
Wellicht dat het in andere literatuur is opgenomen.

EC : Tab. 13.1 Benaderingsformules voor de slankheid van vloeren:

Een in het werkgestorte T-balk met vloer kan bij het dimensioneren van de vloer niet als een systeem worden gezien. dus $l_x \neq l_{eff}$

Daarom dient eerst de meewerkende flensbreedten aan beide zijde van l_x afgehaald te worden.

De meewerkende flensbreedte is:

$b_{eff} = b_w + b_{eff,1}$ waarin: $b_{w,r} = 700$ mm
$b_{w,m} = 1150$ mm

Rand

$$b_{eff,1} = 0{,}2 \cdot b_1 + 0{,}1 \cdot l_0 = 0{,}2 \cdot [0{,}5 \cdot (l_y - b_w)] + 0{,}1 \cdot (0{,}7 \cdot l_x)$$
$$= 0{,}1 \cdot (l_y - b_w) + 0{,}07 \cdot l_x$$
$$= 0{,}1 \cdot 11{,}0 + 0{,}07 \cdot 10{,}6$$
$$= 1{,}842 \text{ m}'$$

$$b_{eff,rand} = b_{w,r} + b_{eff,1} = 0{,}7 \text{ m}' + 1{,}842 \text{ m}' = 2{,}542 \text{ m}'$$

voorwaarden

$b_{eff,1} \leq b_1 = 0{,}5 \cdot (l_y - b_w) = 0{,}5 \cdot 11 \text{ m}' = 5{,}5 \text{ m}'$

en

$b_{eff,1} \leq 0{,}2 \cdot (0{,}7 \cdot l_x) = 0{,}14 \cdot l_x = 0{,}14 \cdot 10{,}6 \text{ m}' = 1{,}482 \text{ m}'$

Tweede voorwaarde is maatgevend. Dus $b_{eff,1;rand} = 1{,}482$ m'
$b_{eff;rand} = b_{w,r} + b_{eff,1} = 0{,}7 + 1{,}482 = 2{,}182$ m'

Midden : $b_{eff;midden} = b_{w,m} + b_{eff,1} = 1{,}15 + 1{,}842 = 3{,}0$ m'

ook hier is $b_{eff,1} = 1{,}482$ m' maatgevend.

$b_{eff,midden} = b_{w,m} + b_{eff,1} = 1{,}15 + 1{,}482 \text{ m}' = 2{,}632$

$l_{eff} = l_x - b_{eff,r} - b_{eff,m} = 8{,}5 - 2{,}182 - 2{,}632 = 6{,}686 \approx 6\tfrac{7}{8}$ m'

Generated by CamScanner from intsig.com

(5)

Belastingen:

Belastingen: (TGB '95)

- Nuttige bel = 250 kg/m²
- Blijvende bel = 800 kg/m²
  - → G.g. vloer = 0,25 x 2400 = 600 kg/m²
  - + afwerking = 200 kg/m²

Belastingen: (EC)

- Veranderlijke = 1,0 kN/m²
  - → sneeuw = 0,56 kN/m²
  - → Regenwater = 1,0 kN/m² (indien rand overstoot op 100 mm boven dakrand is geconstrueerd)
  - → Personen (Reparatie) = 1,0 kN/m²

* Bovenstaande belastingen kunnen niet tegelijkertijd optreden en omdat het dak > 10 m² is; is de belasting t.g.v. Regenwater/Pers. maatgevend!

- Blijvende belasting = 8,0 kN/m²

Verschil:

Er zit tussen beide normen voor de veranderlijke belasting een verschil van ca. 1,5 kN/m² !

n - methode

① Berekening op stijfheid (doorbuiging

Benodigde hoogte h i.v.m de doorbuiging ($l_{min} = 0{,}75 \cdot l_b$) volgt uit:

$$h \geq \frac{\sigma_b}{30000} \cdot \frac{P}{p+g} \cdot l_{min} \geq \frac{1500}{30\,000} \cdot \frac{250}{1050} \cdot 0{,}75 \cdot 1150$$

$$\geq 10{,}24 \text{ cm}$$

bovendien:

$$h \geq \frac{1}{35} \cdot l_{min} \geq \frac{1}{35} \cdot 0{,}75 \cdot 1150 \geq 24{,}64 \text{ cm}$$

≈ 24,6

Benodigde plaatdikte:

$$h_t = 24{,}6 + 1{,}0 \text{ (dekking)} + 0{,}6 \ (\phi 12)$$

$$= 26{,}2$$

Zodat "geschatte" hoogte van 25 cm kan worden aangehouden.

② Berekening op sterkte

De plaat is aan 2 zijden gedeeltelijk ingeklemd/doorgewerkt en aan 2 zijden vrij opgelegd

geeft volgens art. 40.4 → geval III

met $l_x / l_y = 1{,}1$ volgen de coëfficiënten:

GBV'62
$C_{vx} = 55$
$C_{ix} = 55$
$C_{vy} = 50$
$C_{iy} = 50$

echter wijken de gehanteerde momenten coëfficiënten in de bestaande berekeningen af.

In de berekeningen aangehouden:

GBV'90
$C_{vx} = 38$
$C_{ix} = 60$
$C_{vy} = 35$
$C_{iy} = 57$

gevolge → lagere veldmomenten & hogere steunpunts momenten berekend in 1990 in vergelijking met GBV'62 coëfficiënten

met l_x/l_y = 1.1 volgt uit de GTB'95 welk in samenhang met EC2 worden gebruikt; geval III;

met de coëfficiënten:

EC2: m_{vx} = 30,5
m_{sx} = 76,0
m_{vy} = 24,0
m_{sy} = 71,0

Ook deze waarden wijken compleet af ten opzichte van de GBV'50/62

De veldmomenten volgens EC2 vallen lager uit dan die van GBV'50/'62.
De st.p. momenten vallen daarentegen hoger uit.

(2.8)
→

(3) Nuttige plaatdikte

h_{xa} = 25 − 1,0 (dekking) − 0,95 (ϕ8/2) = 23,05 ≈ 22,7 (aangehouden)
h_{ya} = 25 − 1,0 (dekking) − 1,9 (ϕ19) − 0,8 (ϕ16/2) = 21,3 cm

≈ 21,1 cm (aangehouden)

Tussen de aangenomen nuttige hoogte in de berekeningen en de theoretisch berekeningen zit een verschil van ca. 0,35 en 0,2 cm.

Dit betekent dat er met "iets" gereduceerde inwendige momenten is gerekend.

Het verschil is eenvoudig te verklaren:

Bij de bepaling van de nuttige hoogte zijn de wapeningsdiameters geschat en in dit geval iets kleiner dan toegepast.

(4) Wapening

Toelaatbare spanningen volgens Art 44 GBV'62:

voor betonkwaliteit K225 & staalkwaliteit QR24
↳ $\bar{\sigma}_s/\sigma_b$ = 1400/75 kgf/cm²

Volgens lid 2, 4 en 5 mag de beton- & staalspanning met 10 kgf/cm² en 200 kgf/cm² worden verhoogd voor platen met $h_f \geq 15$ cm & $b \geq 4 \cdot h_f$ en omdat de plaat in 2-richtingen afdraagt:

$\bar{\sigma}_s/\sigma_b$ = 1600/75 kgf/cm²

Generated by CamScanner from intsig.com

2.8

De veld- & steunpuntsmomenten bedragen:

$l_x \rightarrow m_{vx} = m_{ix} = \frac{1}{1000} \cdot q l_x^2 \cdot c_{vx} = \frac{1}{1000} \cdot (1050 \cdot 11^2) \cdot c_{vx} = 129 \cdot c_{vx}$

$l_y \rightarrow m_{yx} = m_{iy} = \frac{1}{1000} \cdot q l_y^2 \cdot c_{vy} = \frac{1}{1000} \cdot (1050 \cdot 11^2) \cdot c_{vy} = 129 \cdot c_{vy}$

	GBU '50	GBU '62	EC2
m_{vx}	4900	7095 kgfm	3934,5
m_{ix}	7740	7095 kgfm	9804
m_{vy}	4500	6450 kgfm	3096
m_{iy}	7400	6450 kgfm	9159

Het vreemde is dat GBU '62 één dezelfde momentencoëfficient voor het veld- & steunpuntsmoment aanhoud.

(4a)

In de bestaande berekeningen is voor de staalspanning is 1500 kgf/cm².

Dit betekent een reserve van ca. 100 kgf/cm² in het staal.

Voor de betondrukspanning zijn verschillende waarden gehanteerd voor de veld- & steunpunts-momenten.

Deze waarden zijn a.h.v. een iteratief proces bepaald, wat betekend dat er al naar een optimale waarde is gezocht.

Door deze stelselmatige aanpak is het niet eenvoudig welke waarden men aan het begin van de reeks heeft meegenomen. Uit de literatuur die voor dit onderzoek is beschouwd komt het bepalen van de toelaatbare spanning a.h.v. deze iteratieve proces niet naar voren.

Daarom zullen de gehanteerde toelaatbare betonspanningen zo worden aangenomen.

Als $h = \alpha \cdot \sqrt{\frac{M}{b}} \Rightarrow \alpha = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}}$

voor de x-richting geldt:

<u>Veldmoment</u>: $\alpha = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{22,7}{\sqrt{\frac{4900}{1,0}}} = 0,324$

uit de tabellenbijlage volgt:

$\beta = 0,219 \Rightarrow \sigma_b' = 60$ kgf/cm²

$A_{vx} = \beta \cdot b \cdot \sqrt{\frac{M}{b}}$

$= \beta \cdot \sqrt{M}$

$= 0,216 \cdot \sqrt{4900}$

$= 15,12$ cm²

$\sigma_{a\,vx} = 1500$ ← 16,52 cm²

in de berekeningen is hiervoor 59 kgf/cm² gehanteerd.

<u>Steunpnt. M</u>

$\alpha = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{22,7}{\sqrt{7740}} = 0,258$

$\beta \approx 0,282 \Rightarrow \sigma_b' = 81$ kgf/cm²

gehanteerde $\sigma_b' = 77$ kgf/cm²

$A_{ix} = \beta \cdot \sqrt{M}$

$= 0,271 \cdot \sqrt{7740}$

$= 23,84$ cm²

25,96 cm²

Generated by CamScanner from intsig.com

4

voor de y-richting geldt:

veldmoment: $\alpha = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{21,1}{\sqrt{4500}} = 0,315$

$\rightarrow \beta \approx 0,225 \Rightarrow \sigma'_b = 62$ kgf/cm²

gehanteerd = 60 kgf/cm²

$A_{vy} = \beta \cdot b \sqrt{\frac{M}{b}}$
$= \beta \cdot \sqrt{M}$
$= 0,219 \cdot \sqrt{4500}$
$= 14,7$ cm²
16,0 cm²

st. p. moment: $\alpha = \frac{h}{\sqrt{\frac{M}{b}}} = \frac{22,7}{\sqrt{7400}} = 0,264$

$\rightarrow \beta \approx 0,277 \Rightarrow \sigma'_b = 79$ kgf/cm²

gehanteerd $\Rightarrow \sigma'_b = 79$ kgf/cm²

$A_{iy} = \beta \cdot \sqrt{M}$
$= 0,277 \cdot \sqrt{7400}$
$= 23,83$ cm²
26,0 cm²

⑤ Breukmethode

y-richting Veld $m_{vyu} = y \cdot m_{vy}$

waarin:

$y = 1{,}64$

voor 4-zijdig opgelegde vloeren met $l_y \leq 1{,}5 \cdot l_x$ en $h_t \geq 15$ cm

$$m_{vx} = \frac{1}{1000} \cdot q \cdot l^2 \cdot c_{vy} = \frac{1}{1000} \cdot (1050 \cdot 11^2) \cdot C_{vy}$$

$= 129 \cdot 35$
$= 4500$ kgfm

$m_{vyu} = 1{,}64 \cdot 4500$ kgfm
$= 7380$ kgfm

uit tabellen bijlage GBV'62 volgt:

$$K_h = \frac{h_y}{\sqrt{\frac{m}{b}}} = \frac{21{,}1}{\sqrt{7380}} = 0{,}246 \Rightarrow K_a = 0{,}0450$$

$$A_{vy} = K_a \cdot \frac{M_u}{h} = 0{,}0450 \cdot \frac{7380}{21{,}1} = \underline{15{,}7 \text{ cm}^2}$$

Steunpunt $m_{iyu} = y \cdot m_{iy} = 1{,}64 \cdot 7400$ kgfm $= 12136$ kgfm

$$K_h = \frac{h_x}{\sqrt{\frac{m_{iy}}{b}}} = \frac{22{,}7}{\sqrt{12136}} = 0{,}206 \Rightarrow K_a = 0{,}0468$$

$$A_{iy} = K_a \cdot \frac{M_{iyu}}{h} = 0{,}0468 \cdot \frac{12136}{22{,}7} = \underline{25{,}02 \text{ cm}^2}$$

Generated by CamScanner from intsig.com

⑤ Breukmethode

x-richting $m_{vxu} = \gamma \cdot m_{vx} = 1{,}64 \cdot 4900 \text{ kgm} = 8036 \text{ kgfm}$

Veld

$$k_h = \frac{h_x}{\sqrt{m}} = \frac{22{,}7}{\sqrt{8036}} = 0{,}253 \Rightarrow k_a = 0{,}0449$$

$$A_{vx} = k_a \cdot \frac{m_{vxu}}{h} = \frac{8036}{22{,}7} \cdot 0{,}0449$$

$$= \underline{\underline{15{,}9}} \text{ cm}^2$$

x

Steunpunt $m_{ixu} = \gamma \cdot m_{ix} = 1{,}64 \cdot 7740 = 12694 \text{ kgfm}$

$$k_h = \frac{h_x}{\sqrt{m}} = \frac{22{,}7}{\sqrt{12694}} = 0{,}202 \Rightarrow k_a = 0{,}0471$$

$$A_{ix} = k_a \cdot \frac{m_{ixu}}{h} = \frac{12694}{22{,}7} \cdot 0{,}0471$$

$$= \underline{\underline{26{,}34}} \text{ cm}^2$$

Generated by CamScanner from intsig.com

6

Eurocode 2

In de Eurocode-berekeningen worden de veiligheidsfactoren al vermenigvuldigd met de q_d-lasten. In tegenstelling tot de breukmethode waar er één veiligheidsfactor wordt meegenomen en deze met het gebruiksmoment wordt vermenigvuldigd.

$q_{ed} = 13,35\ kN/m^2$

x-richting

$$m_{vx} = 0,001 \cdot q_d \cdot l_x^2 \cdot c_{vx}$$
$$= 0,001 \cdot 13,35 \cdot 11,0^2 \cdot c_{vx}$$
$$= 0,001 \cdot 1616 \cdot c_{vx}$$
$$= 0,001 \cdot 1616 \cdot 30,5 = 49,27\ kN/m^2 \approx \underline{4927}\ kgf/m'$$

Om de Eurocode tabellen te kunnen hanteren gaan we uit van een betonkwaliteit C16/20 hermee gaan we van een iets gerednceerde betondruksterkte uit. De staalkwaliteit blijft hetzelfde. Ook bij de Eurocode-berekeningen wordt het inwendige- & uitwendige moment berekent en met elkaar vergeleken. Hieruit moet een momenten-evenwicht volgen.

$$M_{Sd} = N_c \cdot z = \alpha \cdot b \cdot x_u \cdot f_{cd} \cdot (d - \beta \cdot x_u)$$

waarin:

$$x_u = \frac{d - \sqrt{d^2 - \frac{4\beta \cdot M_{Sd}}{\alpha \cdot b \cdot f_{cd}}}}{2\beta}$$

karakteristieke kubusdruksterkte

met: $\alpha = 0,75$ $\quad f_{cd} = 20/1,5 = 13,3\ N/mm^2$

$\beta = 7/8$

$b = 1000\ mm$

$d_x = 241\ mm$

$d_y = 227\ mm$

(b)

$$M_{Sd} = N_c \cdot z$$

$$N_c = \frac{M_{Sd}}{z}$$

met $M_{Sd} = M_{vx} = 49{,}27 \text{ kNm/m}'$

$$z = d_x - 0{,}39 \cdot x_u$$

$$= 227 - 0{,}39 \cdot x_u = 227 - 0{,}39 \cdot 22{,}64 \approx 218$$

$$x_u = 227 - \sqrt{227^2 - \frac{4 \cdot 0{,}39 \cdot 49{,}27 \cdot 10^6}{0{,}75 \cdot 1000 \cdot 13{,}3}}$$

$$= 22{,}64 \text{ mm}$$

$$N_c = \frac{49{,}27 \cdot 10^6}{218} \Rightarrow 225{,}83 \text{ kN}$$

$$A_s = \frac{N_s}{f_{yd}} = \frac{N_c}{f_{yd}} = \frac{225{,}83 \cdot 10^3}{240} = 941 \text{ mm}^2$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{941}{1000 \cdot 227} = 0{,}415 \%$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot 0{,}9d = 1660 \cdot 240 \cdot 0{,}9 \cdot 227$$

$$= 81{,}4 \text{ kNm}'$$

Extra Toelaatbare q-last =

$$M_{Rd} - M_{Ed} = 81{,}4 - 49{,}27 = 32{,}12 \text{ kNm}'$$

$$q = \frac{1000 \cdot M}{l_x^2 \cdot C_{vx}} = \frac{1000 \cdot 32{,}12}{11^2 \cdot 30{,}5} = 8{,}7 \text{ kN/m}'$$

Generated by CamScanner from intsig.com

Generated by CamScanner from intsig.com

(6)

y-richting

$$M_{Ed} = N_c \cdot z$$

$$N_c = \frac{M_{Ed}}{z}$$

met $M_{Ed} = M_{vy} = 0{,}001 \cdot 1616 \cdot c_{vy}$
$= 0{,}001 \cdot 1616 \cdot 24 = \underline{38{,}78 \text{ kNm}'}$

$$k_u = \frac{211 - \sqrt{211^2 - \frac{4 \cdot 0{,}39 \cdot (38{,}78 \cdot 10^6)}{0{,}75 \cdot 1000 \cdot 13{,}3}}}{2 \cdot 0{,}39}$$

$$= \underline{19{,}1 \text{ mm}}$$

$$z = d_y - 0{,}39 \cdot k_u$$

$$= 211 - 0{,}39 \cdot 19{,}1 = \underline{204 \text{ mm}}$$

$$N_c = \frac{M_{Ed}}{z} = \frac{38{,}78 \cdot 10^6}{204} \approx \underline{191 \text{ kN}}$$

$$A_s = \frac{N_s}{f_{yd}} = \frac{N_c}{f_{yd}} = \frac{191 \cdot 10^3}{240} = \underline{794 \text{ mm}^2}$$

$$\rho = \frac{A_s}{b \cdot d} = \frac{794}{1000 \cdot 211} = 0{,}376 \%$$

$$M_{Rd} = A_s \cdot f_{yd} \cdot 0{,}9 \cdot d = 1660 \cdot 240 \cdot 0{,}9 \cdot 211 = 75{,}66 \text{ kNm}$$

Extra toelaatbare q-last=

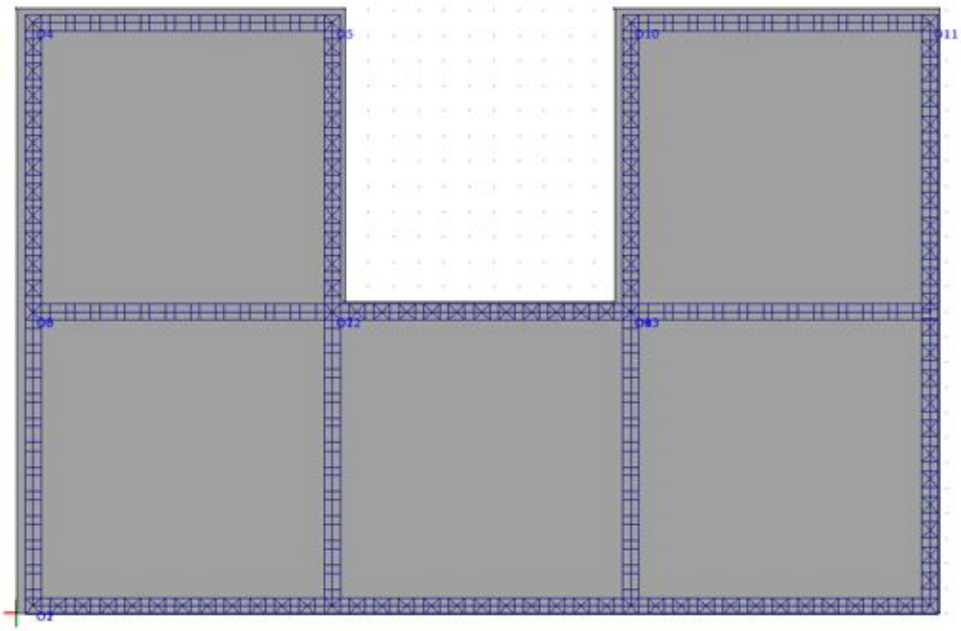
$$M_{Rd} - M_{Ed} = 75{,}66 - 38{,}78 = 36{,}88 \text{ kNm}'$$

$$q = \frac{1000 \cdot M}{l_x^2 \cdot c_{vy}} = \frac{1000 \cdot 36{,}88}{11^2 \cdot 24} = 12{,}7 \text{ kN/m}'$$

CONSTRUCTIE (HER)BEREKENINGEN

HER-BEREKENINGEN (MATRIX-FRAME)

Invoer:



Afbeelding: Geometrie Vloervelden A,B,G,H, I

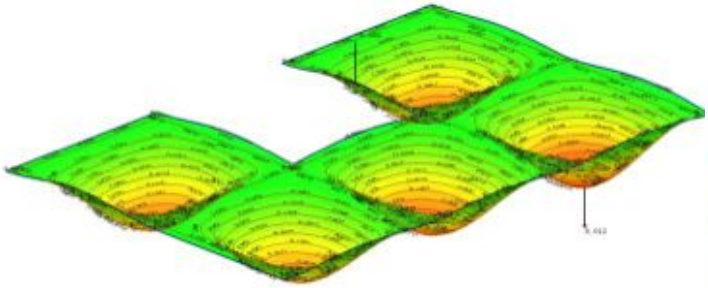
Regio	Label	Type	Type	Beginwaarde	Eindwaarde	Richting
15	LD1	Regio	q	15.90	10.50	Z

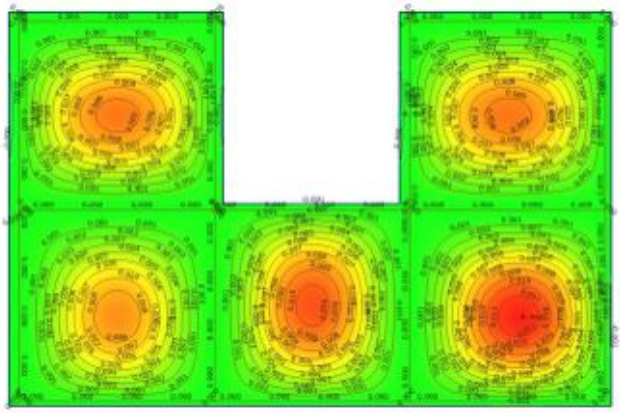
Tabel: Belastingen Vloervelden A,B,G,H, I

Regio	Label	Type	Z	Xr	Yr
2	01	Polylijn	Vast	0.00	0.00
3	02	Polylijn	Vast	Vast	Vast
4	03	Polylijn	Vast	0.00	0.00
5	04	Polylijn	Vast	Vast	Vast
6	05	Polylijn	Vast	0.00	0.00
7	06	Polylijn	Vast	Vast	Vast
8	07	Polylijn	Vast	0.00	0.00
9	08	Polylijn	Vast	Vast	Vast
10	09	Polylijn	Vast	0.00	0.00
11	010	Polylijn	Vast	Vast	Vast
12	011	Polylijn	Vast	0.00	0.00
13	012	Polylijn	Vast	Vast	Vast
14	013	Polylijn	Vast	Vast	Vast

Tabel: Type opleggingen Vloervelden A,B,G,H, I

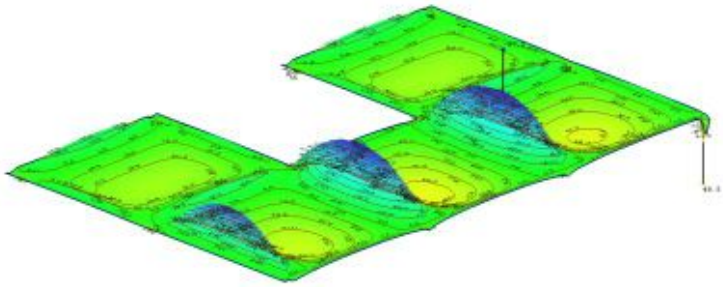
UITVOER: MOMENTEN, DWARSKRACHTEN & OPLEGREACHTIES IN Y- & X- RICHTING!

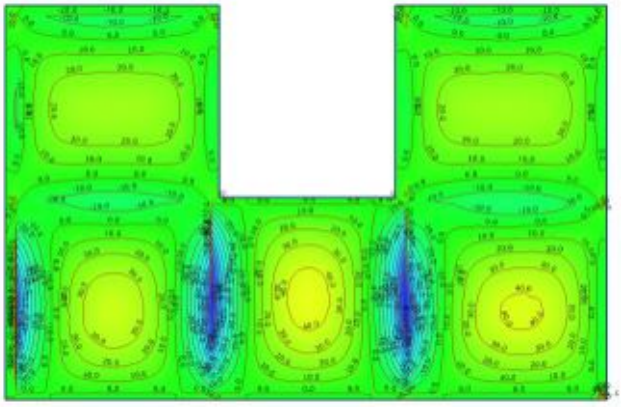




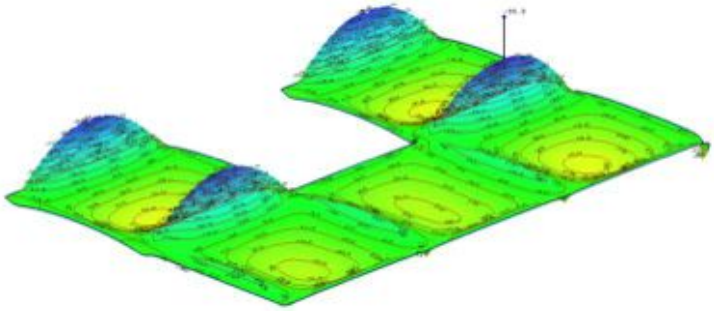
Afbeelding: Vervorming Vloervelden A,B,G,H, I

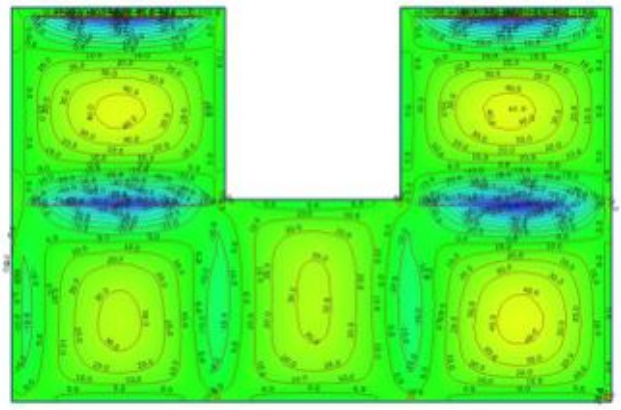
Tot max 12mm



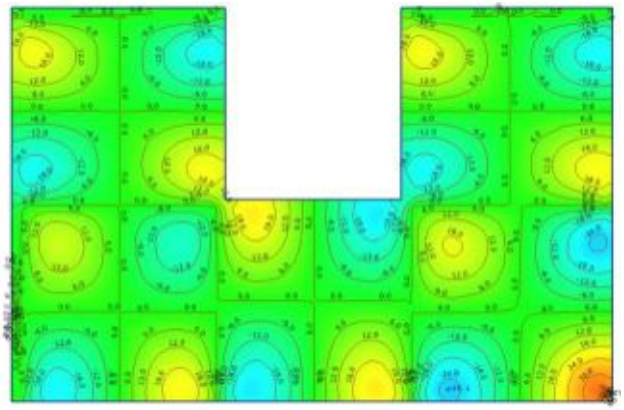


Afbeelding: Mx Vloervelden A,B,G,H, I

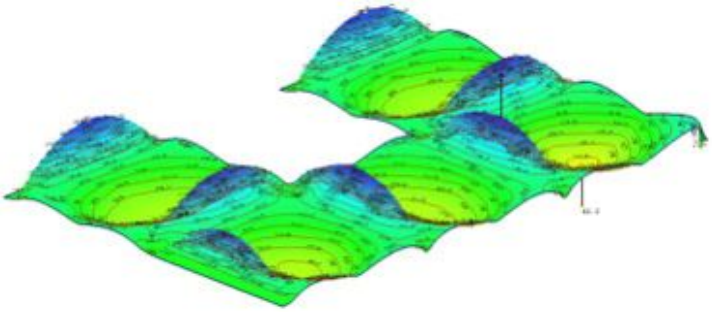


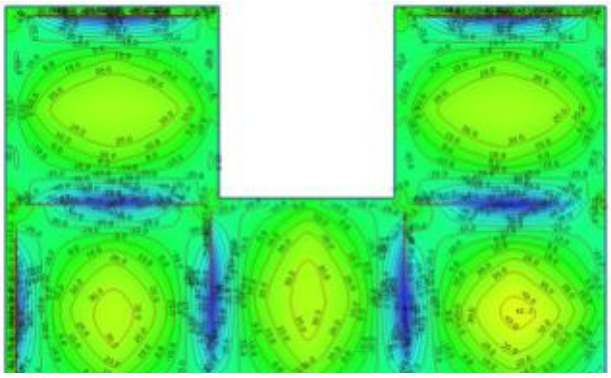


Afbeelding: My Vloervelden A,B,G,H, I

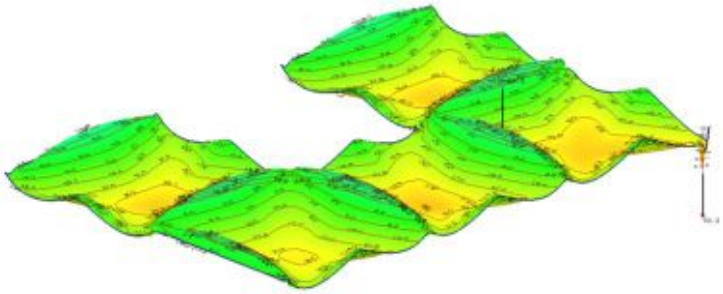


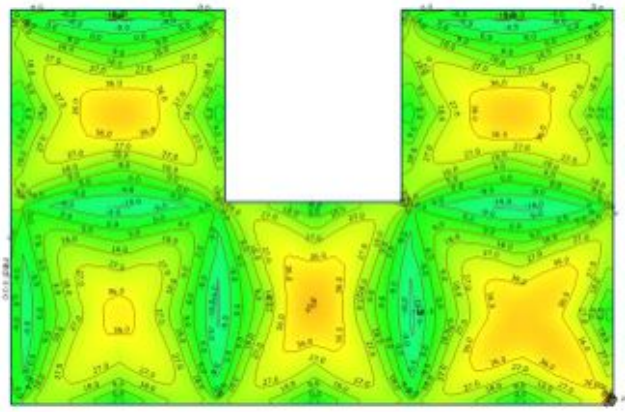
Afbeelding: Mxy Vloervelden A,B,G,H, I



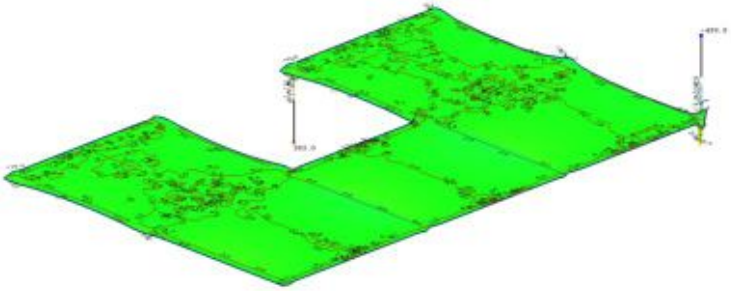


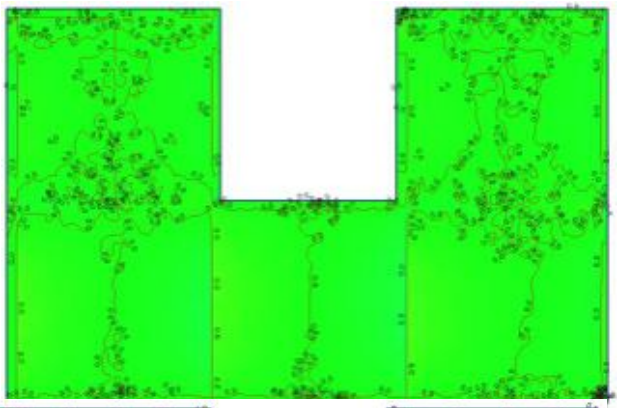
Afbeelding: M1 Vloervelden A,B,G,H, I



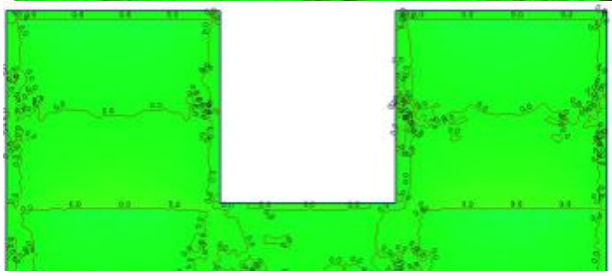


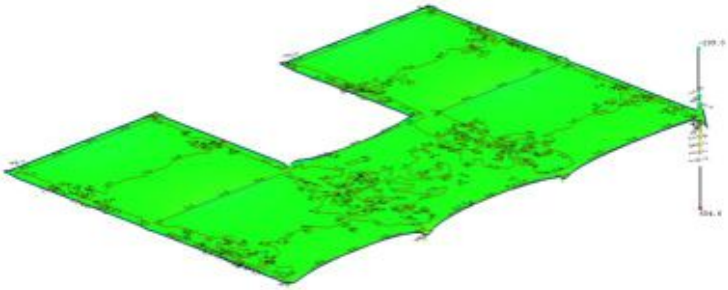
Afbeelding: M2 Vloervelden A,B,G,H, I



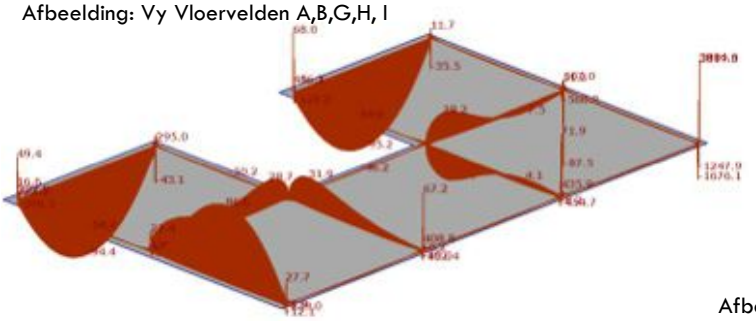


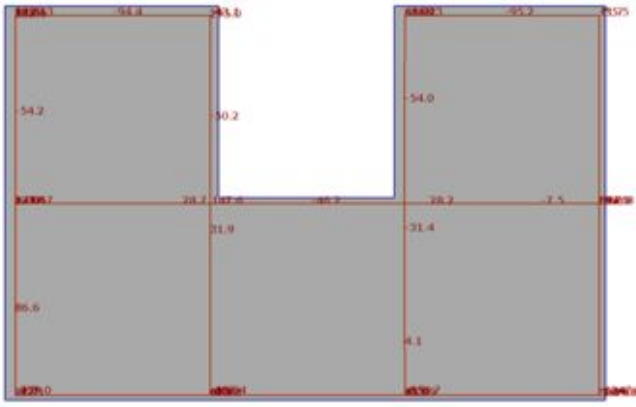
Afbeelding: Vx Vloervelden A,B,G,H, I





Afbeelding: Vy Vloervelden A,B,G,H, I





Afbeelding: Oplegreacties Vloervelden A,B,G,H,

BEVINDINGEN:

Tussen de GBV'62 berekeningen en de herberekeningen op basis van de Eurocode zijn er enkele verschillen. Het volgde is tijdens deze vergelijking opgevallen:

- De momenten coëfficiënten in de Eurocode zijn hoger dan die in de GBV'62. Deze wijken met name veel af t.p.v. de steunpunten. Hiermee treden er grotere momenten/krachten op volgens de Eurocode.
- Met de hoeveelheid praktische toegepaste wapening kunnen deze verschillen bij dit project nog worden gedekt.
- De betonklasse die is toegepast kan overeenkomen met de huidige C12/15 als we deze baseren op de theoretische kubusdruksterkte.
- Voor de staalsterkte wordt een toelaatbare treksterkte van 150 N/mm^2 gehanteerd, verondersteld mag worden dat we te maken hebben met een zeer lage treksterkte in vergelijking met de huidige betonstaalsterkte van 435 N/m^2 welk gehanteerd wordt.
- De stijfheden van de kolommen en liggers die onder de vloer liggen zijn bekend, hiermee zou men de oplegging van de vloer als verend(met een bepaalde veerconstante bepaald a.h.v. de afzonderlijke stijfheden in een raamwerk) kunnen in voeren in een EEM- Pakket. Hiermee kan het werkelijke krachtenspel benaderd worden. Dit is hiervoor niet gedaan gezien de tijd die voor onderzoek ligt.

BIJLAGE D

Aantastingsmechanismen

BIJLAGE E

Destructieve & non-destructieve metingen

BIJLAGE E: DESTRUCTIEF/NON-DESTRUCTIEF ONDERZOEK

Bij het verhogen van de belasting is het belangrijk te weten in welke staat de bestaande constructie verkeerd. Het krachtenspel in deze constructie veranderd immers. Bij vloerconstructie speelt het momentenopname en de doorbuiging een grootte rol. Ter plaatse van de oplegging kan de dwarskracht ook een belangrijke rol spelen. Voor het momentspel is het van belang te weten hoeveel wapening er in een vloerconstructie is verwerkt en waar deze ligt. Voor de vervormingen is de stijfheid en dus huidige betonsterkte van belang. Tot slot om de constructieve sterkte/werking te waarborgen is de duurzaamheid van belang. Aspecten die hiervoor onderzocht moeten worden zijn al eerder genoemd in de vorige paragraaf. Hierna worden diverse meetmethoden behandeld t.a.v. de sterkte en duurzaamheid van betonnen vloerconstructies. Want meten = weten! En deze metingen zijn zeer belang bij herbestemming van betonconstructie, omdat men niet blindelings op bestaande tekeningen kan vertrouwen. Deze zullen voor het gemak onderverdeeld worden in destructieve en non-destructieve meetmethoden.

DESTRUCTIEVE MEETMETHODEN:

- Sterkte-eigenschappen beton & betonstaal: indringen van chloride en carbonatatiediepte bepalen:
  - Het nemen van betonkernen en deze door een laboratorium laten onderzoeken. Bij het nemen van deze kernen moet men rekeningen houden met dat de bestaande constructie niet zodanig verzwakt dat het leidt tot blijvende schade of bezwijken van de constructie.

NON-DESTRUCTIEVE MEETMETHODEN:

- Doorbuiging: De doorbuiging van een vloer wordt gemeten, door deze te belasten met een bepaalde proefbelastingen.
- Scheurwijdten: Deze wordt gemeten doormiddel van speciaal daarvoor ontworpen meetlinten/linialen. Men kan deze ook gebruiken bij scheurvormingen die in korte tijd toenemen. Dit is een eenvoudige methode om scheurvormingen aan de oppervlakte van het beton te meten, vooral de scheur die met het blote oog te zien zijn. Hoe wijd deze scheuren maximaal mogen zijn en hoe deze precies gemeten moeten worden wordt nader toegelicht in CUR-72. Het controleren van de scheurwijdte is van belang om de duurzaamheid van een betonnen constructie te waarborgen.
- Dikte vloer: Voor het meten van de vloerdikte kan men gebruik maken van een zogenaamde CTG (Concret Thickness Gauge). Hiermee meet men dikten tussen 0,04-2,0m. Een dergelijke bereik is dus ideaal voor metingen van vloer-constructies.
- Wap. Hoeveelheid & Dekking:
  - Voor het bepalen van de hoeveelheid wapening en de ligging ervan kan men gebruik maken van een Ferro-scan. Met deze niet-destructieve methode worden door het uitzenden van electromagnetische veld wapeningstaven gedetecteerd. Enige nadeel aan deze meetmethode is als wapeningstaven de dicht op elkaar liggen, dit ten koste van de nauwkeurigheid van de meting gaat. Staafdiameters zijn dan minder nauwkeurig weergegeven. Bij vloerconstructies kan dit het geval zijn t.p.v. de oplegging. In de velden zal dit minder van toepassing zijn.

- Betonsterkte:
  - Voor het meten van de betondruksterkte kan er gebruik gemaakt worden van de Schmidthamer. Dit is een snelle en eenvoudige meetmethode om een snelle indicatie te krijgen van de druksterkten. Echter is het vastleggen van informatie handmatig en daardoor niet de meest efficiënte manier om informatie vast te leggen. Het voordeel is echter dat men een snelle indicatie kan doen van grootte hoeveelheid vloervelden, zonder deze enigszins te verzwakken.

BIJLAGE F

Principe begroeide daken

BIJLAGE F: PRINCIPE BEGROEIDE DAKEN

DEFINITIES

Er kan onderscheid worden gemaakt tussen extensieve en intensieve dakbegroeiingen. Extensieve dakbegroeiing (ook wel vegetatiedaken) worden gekenmerkt door een zogenoemde extensieve begroeiing. Dit is een begroeiing die zich ontwikkelt tot een min of meer ecologisch stabiele plantengemeenschap die zichzelf in stand kan houden met een minimum aan onderhoud. Over het algemeen betreft dit plantengemeenschappen die bestaan uit vetplanten zoals sedums en droogte-minnende kruiden en grassen, die ook van nature in een droog, schraal (arm) milieu voorkomen. Bij intensieve dakbegroeiingen (ook wel tuindaken is) sprake van een zogenoemde intensieve begroeiing. Dit is een begroeiing waarbij noodzakelijk is voor de instandhouding van de beplanting (uitgebreid) onderhoud te plegen. Binnen dit onderzoek zal slechts gekeken worden naar extensief begroeide daken.

TYPE BEGROEIDE DAKEN

Alle verschillende type begroeide daken op de markt kunnen onder twee groepen gerangschikt worden, namelijk; vegetatiedaken en tuindaken.

Beide type dakbegroeiing-systemen verschillen in opbouw niet van elkaar. Deze zijn als volgt opgebouwd:

- Beschermlaag
- Drainagelaag
- Filterlaag
- Substraatlaag
- Begroeiing

Vegetatiedaken bestaan uit een zogenoemde extensieve begroeiing. Voorbeelden van extensieve dakbegroeiing zijn vetplanten; zoals sedums, kruiden en gras. Deze type begroeing vraagt van nature niet veel onderhoud en kan in droge milieu voorkomen.

Afbeelding: Pakket opbouw Begroeid dak[1]

In tegenstelling tot de vegetatiedaken vragen tuindaken meer aandacht als het om onderhoud gaat, om zo instandhouding te waarborgen. De verschillende type dak begroeiing worden als volgt onderverdeeld.

Soort	Type begroeiing	Planten	Opbouwhoogte(mm)	Gewicht (kg/m²)
Vegetatiedaken	Extensief	Mos-sedum	Van 20 tot 150	Tot ca. 100
		Sedum		
		Sedum-kruiden		
		Gras-kruiden		
Tuindaken	Intensief	Bodembedekkers	Vanaf 150 tot 1000	Vanaf 100
		Gazons		
		Lage heesters		
		Hoge heesters		
		Bomen		

Omdat het in de eerste instantie gaat om het oplossen van wateroverlast in verstedelijken gebieden en er behoefte is aan minimale inspanning om het mogelijk te maken, richt het SIA RAAK onderzoek zich op het toepassen van extensief dak begroeiing, binnen de categorie 80mm tot 150mm in opbouw.

PRODUCTANALYSE

In deze paragraaf zal er stil gestaan worden bij de verschillende type dakbegroeiing-systemen met een water bufferend vermogen, welk op het moment op de Nederlandse markt te koop zijn. Het doel van deze productanalyse is om te onderzoeken of de opbouw van de verschillende systemen van verschillende leveranciers te vergelijken zijn en om zo het minimum en maximum waterbergingcapaciteit van de verschillende systemen op een rij te zetten. Deze gegevens zullen vervolgens meegenomen worden bij de herberekeningen van diverse gevalstudies.

Binnen Nederland zijn er heel veel leveranciers voor begroeide daksystemen. Echter is er een enkeling die het gehele pakket levert, namelijk:

- Nophadrain
  - Standaard normaal dak
  - Standaard omgekeerd dak
  - 0° - daken normaal
  - 0° - daken omgekeerd dak
  - Lichtgewicht dak
- Optigroen
  - Economisch dak oplossing 1
  - Economisch dak oplossing 2
  - Lichtgewicht dak oplossing 1
  - Lichtgewicht dak oplossing 2
  - Natuurdak oplossing 1
  - Natuurdak oplossing 2
  - Retentiedak meandersysteem
  - Retentiedak regulatiesysteem
- Zinco
  - Sedumtapijt Plus Standaard
  - Sedumtapijt Standaard
  - Sedumtapijt 0°- daken Floraset FS 50
  - Sedumtapijt 0°- daken Floraset FS 75
  - Sedumtapijt Omgekeerd Dak
  - Sedumtapijt DUO Dak
  - Sedumtapijt lichtgewicht Dak

Bij het analyseren van de diverse producten die deze leveranciers aanbieden zullen er uitsluitend producten gekozen worden met een pakketopbouw tussen 80mm – 150mm. Deze producten zullen vergeleken worden in hun gewicht in natte en droge toestand en hun water bufferende vermogen.

Conclusie

Uit deze productanalyse volgen de volgende belangrijke gegevens:

- Minimale gewicht extensieve dakbegroeing 20 kg/m² = 0,2 kN/m²
- Maximale gewicht extensieve dakbegroeing 300 kg/m² = 3 kN/m²
- Minimale gewicht geabsorbeerde water 10 kg/m² = 0,1 kN/m²
- Maximale gewicht geabsorbeerde water 200 kg/m² = 2 kN/m²

Verder volgt uit het onderzoek van de universiteit van Wageningen het uitgangspunt dat bij het bufferen van minimaal 50mm/m² regenwater en het vertraagd afvoeren hiervan binnen 24-uur dit pas effect heeft op het oplossen van regenpieken die het riool normaal gesproken moet verwerken.

Voor de herberekeningen zullen de bovengenoemde waarden als volgt worden meegenomen:

- Dat de 50 mm/m² (=0,5kN/m²) gebufferde water er permanent aanwezig zal zijn. Alle voordelen van het bufferen van water op het dak wordt beschreven in het MKBA- *Groene daken Rotterdam* [2].
- Uit de analyse is gebleken dat het totaal gewicht van het syteem sterk afhankelijk is van o.a. het type substraat en de afmetingen hiervan. Bovendien hebben deze afmetingen invloed op de hoeveelheid water dat geabsorbeerd kan worden. Uit de bovengenoemde waarden kan er hierom aangenomen worden dat een lichtere substraat en dunnere substraat minder absorbeert in de eerder geanalyseerde producten. Daarom zal er aangenomen worden dat bij een minimale gewicht van de dakbegroeiing, een minimale water absorptie meegenomen zal worden. → Dus bij 20kg/m² hoort een waterabsorbtie van 10 kg/m² minimaal & bij 300 kg/m² hoort een absorbtie van maximaal 200kg/m².
- Hoeveel water een substraat of het gele systeem kan absorberen en hoelang deze vast gehouden wordt is onbekend. Daarom zal dit aandeel als veranderlijke belasting in de berekeningen worden meegenomen.

Hiermee komen we met de volgende rekenwaarden:

- **Blijvende belasting maximaal**: 300 + 50 mm = 350 kg/m² **= 3,5 kN/m²**
- **Veranderlijke belasting maximaal:** 200 kg/m² = **2,0 kN/m²**
- **Blijvende belasting minimaal:** 20 + 50 mm = 70 kg/m² = **0,7 kN/m²**
- **Veranderlijke belasting minimaal:** 10 kg/m² = **0,1 kN/m²**

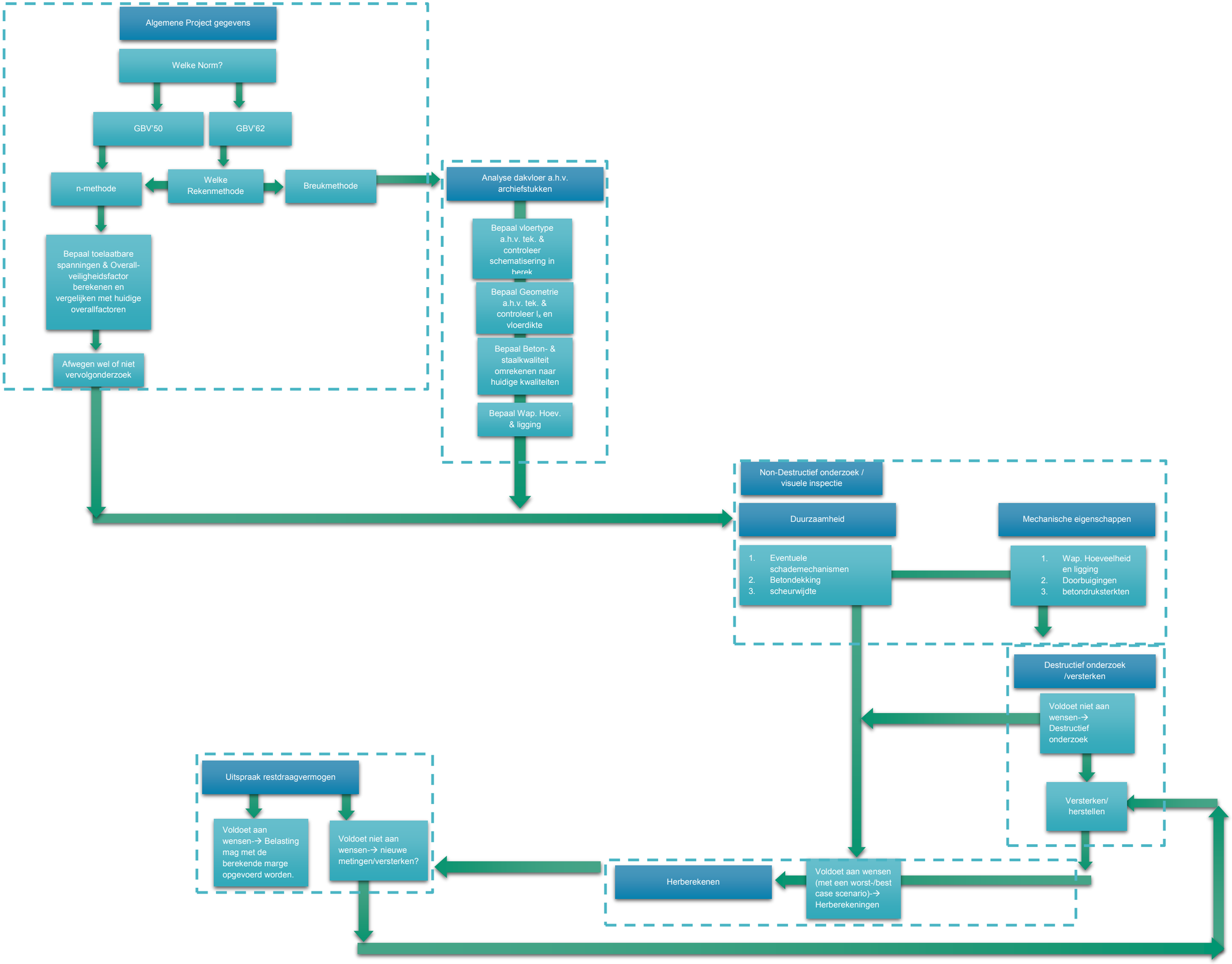
Voor dakoppervlakten groter dan 10m² mag er vanuit Eurocode 0 – Grondslag voor belastingen; de sneeuwbelastingen als maatgeven worden aangenomen. Hiervoor wordt er volgens de Eurocode een rekenwaarde van 1,0kN/m² aangehouden. ***Hoe zit het met geabsorbeerde water in de winter vs sneeuw op het begroeiide dak?*** Daarom moet er voor het lichtste begroeiide daksysteem ook een veranderlijke belasting van minimaal 1,0 kN/m² worden aangehouden. Dit geeft de volgende rekenwaarden na het toevoegen van de veiligheidsfactoren:

Voor dit onderzoek is belangrijk te weten met hoeveel extra opgelegde belasting(en) rekening gehouden moet worden of naar hoeveel reserves (restpotentie in draagvermogen) er minimaal gezocht moet worden bij het herzien van bestaande betonnen dakconstructies. Na het analyseren van diverse extensieve dakgegroeiing-systemen van verschillende leveranciers kan er rekening gehouden worden bij de herzieningen / analyseren van bestaande projecten met de volgende opgelegde belastingen:

- **Blijvende belasting maximaal**: 300 + 50 mm = 350 kg/m² * 1,2 **= 4,2 kN/m²**
- **Veranderlijke belasting maximaal:** 200 kg/m² * 1,5 = **3,0 kN/m²**
- **Blijvende belasting minimaal:** 20 + 50 mm = 70 kg/m² * 1,2 = **0,84 kN/m²**
- **Veranderlijke belasting minimaal:** 100 kg/m² *1,5 = **1,5 kN/m²**

BIJLAGE G

QuickScan


Algemene Project gegevens
Welke Norm?
GBV'50
GBV'62
n-methode
Welke Rekenmethode
Breukmethode
Bepaal toelaatbare spanningen & Overall-veiligheidsfactor berekenen en vergelijken met huidige overallfactoren
Afwegen wel of niet vervolgonderzoek
Analyse dakvloer a.h.v. archiefstukken
Bepaal vloertype a.h.v. tek. & controleer schematisering in berek
Bepaal Geometrie a.h.v. tek. & controleer I_x en vloerdikte
Bepaal Beton- & staalkwaliteit omrekenen naar huidige kwaliteiten
Bepaal Wap. Hoev. & ligging
Non-Destructief onderzoek / visuele inspectie
Duurzaamheid
1. Eventuele schademechanismen
2. Betondekking
3. scheurwijdte
Mechanische eigenschappen
1. Wap. Hoeveelheid en ligging
2. Doorbuigingen
3. betondruksterkten
Destructief onderzoek /versterken
Voldoet niet aan wensen-→ Destructief onderzoek
Versterken/ herstellen
Voldoet aan wensen (met een worst-/best case scenario)-→ Herberekeningen
Herberekenen
Uitspraak restdraagvermogen
Voldoet aan wensen-→ Belasting mag met de berekende marge opgevoerd worden.
Voldoet niet aan wensen-→ nieuwe metingen/versterken?