

Revitalisatie Noordenbergpoortgarage



Wenneke Zwiers

1582735

Januari 2015

Onderzoeksrapport Revitalisatie Noordenbergpoortgarage

Deventer, 04-01-2015

Hogeschool Utrecht
Instituut voor gebouwde omgeving
Bouwkunde
Specialisatie Bouwconstructie

Hogeschool Utrecht
Nijenoord 1
3552 AS Utrecht

1^e begeleider
dhr. O. Verschuren

2^e begeleider
mevr. M. van Wershoven

Bedrijfsbegeleiding

dhr. ing. H. Tuinte RO

JVZ Raadgevend Ingenieursburo bv.
Hanzeweg 57
7418 AT Deventer
Postbus 26
7400 AA Deventer
0570-629100
jvz@jvz.nl

Afstudeerster

W.J. Zwiers
1582735
06-81965461

Inhoud

Voorwoord	6
Samenvatting.....	7
Inleiding	8
1 Theoretische achtergrond	9
2 Onderzoeksmethode	10
3 Aanleiding.....	11
3.1 Casus	11
3.1.1 Kenmerken Noordenbergpoortgarage	12
3.1.2 Opbouw constructie	16
3.2 Probleemstelling	16
3.3 Doelstelling	17
3.4 Kennisvraag.....	17
3.5 Centrale vraagstelling	17
4 Omvang beschadigde constructie	18
4.1 Verleden.....	18
4.1.1 Adviezen	18
4.2 Huidige situatie	19
4.3 Conclusie.....	21
5 Spanningen in het beton	23
5.1 Buigspanningen in het beton	23
5.1.1 Conclusie.....	23
5.2 Temperatuurspanningen in het beton.....	23
5.2.1 Detaillering parkeerdek	24
5.2.2 Zonoriëntatie	25
5.2.3 Invloed temperatuur	25
5.2.4 Uitgangspunten berekening	27
5.2.5 Resultaten berekening.....	27
5.2.6 Oplossing	28
5.2.7 Conclusie.....	28
6 Betonherstel	29
6.1 Reparatie beschadigde constructie.....	29
6.1.1 Kathodische bescherming.....	30
6.2 Versterken beschadigde constructie.....	30
6.2.1 Versterken met een staalconstructie	30
6.2.2 Versterken met staalstrippen	31
6.2.3 Koolstof lijmwapening	31
6.2.4 Bandweefsel	32
6.2.5 Koolstofwapening in spuitbeton.....	33
6.2.6 Conclusie.....	34

6.3	Vervangen aangetaste constructie	34
6.3.1	Afmetingen aangetaste constructie	34
6.4	Slopen en vervangen of herstel?.....	35
6.4.1	Kosten slopen	35
6.4.2	Kosten ARMO-systeem (S&P)	37
6.4.3	Conclusie kosten	37
6.4.4	Multicriteria analyse	37
6.4.5	Conclusie.....	38
6.5	Berekening ARMO-systeem	39
6.5.1	Uitgangspunten	39
6.5.2	Uitvoering	41
6.5.3	Conclusie.....	41
7	Ontwerp garage.....	42
7.1	Huidige situatie	42
7.2	Ontwerp	44
7.2.1	Hellingbanen.....	44
7.2.2	Supermarkt	45
7.2.3	Eis parkeerplaatsen	46
7.2.4	Indeling	46
7.2.5	Autolift.....	49
7.2.6	Rolbaan	50
7.3	Brandveiligheid	52
7.3.1	Eisen.....	53
7.3.2	Toetsing eisen	53
7.3.3	Brandcompartimenten	54
7.4	Conclusie	54
8	Noordenbergtoren	55
8.1	Historie.....	55
8.2	Huidige situatie	55
8.2.1	Plattegronden bestaande situatie	56
8.3	Toegang Noordenbergtoren	58
8.4	Indeling kelder	59
8.5	Aanpassingen	61
8.6	Nieuwbouw constructie.....	61
8.6.1	Plattegronden nieuwe situatie	62
8.6.2	Principe details	65
8.7	Conclusie	66
9	Onderzoeksvragen.....	67
9.1	Kennisvraag.....	67
9.2	Centrale vraag	67

10	Kosten.....	68
10.1	Noodzakelijke maatregelen	68
10.2	Aanvulling 1.....	69
10.3	Aanvulling 2.....	69
10.4	Aanvulling 3.....	70
10.5	Kosten totale renovatie	70
11	Conclusies en aanbevelingen	71
12	Literatuur.....	72
13	Woordenlijst.....	73

Voorwoord

Voor u ligt een afstudeerscriptie over de revitalisering van de Noordenbergpoortgarage te Deventer. Dit onderzoek is gedaan als afstudeerwerk van de opleiding bouwkunde aan de Hogeschool Utrecht met als afstudeerrichting bouwconstructie.

Het onderzoek is gedaan in opdracht van JVZ Raadgevend Ingenieursburo bv. te Deventer.

De Noordenbergpoortgarage was jarenlang een belangrijke parkeergarage in Deventer waar ook mijn ouders altijd gebruik van maakten, nu is de parkeergarage al tijden gedeeltelijk gesloten door constructieve problemen. Door de relatie met de garage van vroeger en de nieuwsgierigheid naar de problemen ervan, ben ik me in het Noordenbergpoortcomplex gaan verdiepen. De locatie, de verschillende functies en de geschiedenis van de Noordenbergtoren bieden veel potentie om weer een belangrijke locatie in Deventer te worden.

Voor het proces van dit onderzoek wil ik mijn dank betuigen aan de mensen die mij gesteund en begeleid hebben. In het bijzonder wil ik mijn bedrijfsbegeleider, dhr. H. Tuinte, bedanken voor zijn ervaring en zijn kritische blik op het onderzoek.

Wenneke Zwiers

Samenvatting

In deze scriptie is onderzoek gedaan naar de mogelijkheden voor het revitaliseren van de Noordenbergpoortgarage. Hiervoor wordt de hoofdoorzaak van gedeeltelijke sluiting, de beschadigde constructie, en de routing door de parkeergarage onderzocht.

De versterkte stroken in het parkeerdek van een deel van de parkeergarage zijn ernstig aangetast door betonrot. Om dit probleem op te lossen is het nodig om de versterkte stroken te reinigen en te versterken. Voor het versterken van de versterkte stroken is de beste methode om te versterken met het ARMO-systeem van S&P Clever Reinforcement. Dit is een methode van versterken met koolstofnetten ingebed in spuitbeton.

De oorzaak van de betonrot zijn gescheurde vloeren en versterkte stroken, aan zowel de onder- als bovenzijde. De scheuren zijn ontstaan door te grote temperatuurverschillen in de betondoorsnede waardoor de stroken en vloernaden gescheurd zijn. De beste oplossing, voor het voorkomen van scheuren in de toekomst is, is het parkeerdek volledig te isoleren en waterdicht te maken.

Voor uitbreiding van de parkeergarage is de oude supermarkt ruimte op de begane grond bij het parkeeroppervlak betrokken. De hellingbaan naar het parkeerdek voldoet niet aan de huidige norm. Voor de toetreding van het parkeerdek zijn twee autoliften op de begane grond geplaatst. De begane grond en het parkeerdek zullen opengesteld worden voor vergunninghouders en invaliden. De kelder zal volledig voor openbaar gebruik dienen.

Op kelderniveau zijn tijdens de bouw van dit complex fundaties van een 15^e eeuwse vesting toren gevonden. De ingang voor deze fundaties op straatniveau zal zichtbaarder en toegankelijker worden voor publiek door een nieuwe glazen pui. De nieuwe ingang voor de fundaties is in deze rapportage bouwkundig uitgewerkt.

Summary

In this thesis the possibilities for revitalizing the Noordenbergpoortgarage in Deventer are investigated. The thesis focuses on the main cause of the partial closure, the damaged structure and the routing through the parking garage.

Parts of the reinforced beams of the first floor are seriously affected by carbonation. Hence it is necessary to clean and strengthen the beams. The best method for strengthening these beams is the *ARMO-system* of S&P Clever Reinforcement. The *ARMO-system* is a method of externally strengthening; a carbon grid is embedded in sprayed concrete.

Cracked floors and reinforced beams cause the affected concrete and this takes place on upside as well as on the downside of the floor. The cracks are caused by large temperature differences in the concrete section. The best solution to prevent cracking of concrete in the future is to watertight and to isolate the parking floor.

The former supermarket at the ground floor will be part of the new parking garage. The ramp to the first floor does not meet the current standard and to solve this problem two car lifts are replacing the ramp. The ground floor and the first floor will be open to licensees and the disabled. The parking space in the basement is for public use.

During the construction of the complex, several decades ago, the foundations of a 15th century fortress tower are found in the basement. These foundations are made visible and accessible to people by placing a new glass façade. In this thesis I elaborate on this new entrance from architectural and constructional viewpoints.

The entrance for these foundations at street level will be more visible and accessible to the public through a new glass facade. The new entrance to the foundation are elaborated architectural and constructional in this thesis.

Inleiding

In deze scriptie wordt onderzoek gedaan naar de revitalisering van de Noordenbergpoortgarage in Deventer.

Het belangrijkste onderdeel in dit onderzoek is de oorzaak van het gedeeltelijk sluiten van het parkeerdek. Voor het garanderen van de constructieve veiligheid zijn verschillende oplossingen onderzocht. De beste oplossing is verder uitgewerkt en toegepast op de garage.

Verder zal in dit onderzoek onderzocht worden hoe de garage gebruiksvriendelijker kan worden voor bezoekers. Hiervoor wordt de parkeergarage getoetst aan de huidige norm en hieraan aangepast.

1 Theoretische achtergrond

Deze scriptie is gebaseerd op een aantal bestaande en reeds lang toegepaste theorieën. De theorie van het uitzetten en krimpen van materialen is de basis geweest waarop de schade in de Noordenbergpoortgarage is onderzocht. Het lijkt met zekerheid vast te stellen, op basis van deze theorie, dat de oorzaak van de scheuren in de constructie zijn ontstaan door temperatuurverschillen. Bij lage temperaturen is krimp opgetreden en bij hoge temperaturen heeft uitzetting van de materialen plaats gevonden. Mede door weersomstandigheden heeft deze krimp en uitzetting tot problemen geleid.

Voor het versterken van de constructie is diverse literatuur en bedrijfsinformatie gebruikt om onderscheid te kunnen maken tussen de verschillende methoden van versterken. Voor de toepassing in dit project is op basis van deze informatie een gefundeerde keuze gemaakt. Niet alleen de theorie maar ook het financiële aspect is hierin mee genomen.

2 Onderzoeksmethode

De rapportages van JVZ Raadgevend Ingenieursburo bv zijn leidinggevend geweest in dit onderzoek. Deze rapporten verwijzen naar een mogelijke oorzaak van de opgetreden scheuren in de constructie. Alles duidt op de oorzaak van ontoelaatbare temperatuurspanningen.

De temperatuurspanningen in de constructie worden onderzocht aan de hand van vragen als: Hoe is de constructie opgebouwd? Wat is de geschiedenis van het gebouw? Wat is de ernst van het probleem? Wat is een mogelijke oorzaak? En hoe is dit op te lossen?

Voor het oplossen van de scheurvorming is diverse literatuur gebruikt om een gefundeerde keuze te kunnen maken tussen de verschillende methoden voor sloop, herstel en/of versterken van de constructie.

Het ontwerp van de garage is niet op literatuur, wel op normen, gebaseerd. Het ontwerp is door eigen inzicht ontstaan en geoptimaliseerd door vragen als: Wat kan er verbeterd worden? Hoe kan het verbeterd worden? En wat moet er daarvoor gebeuren?

3 Aanleiding

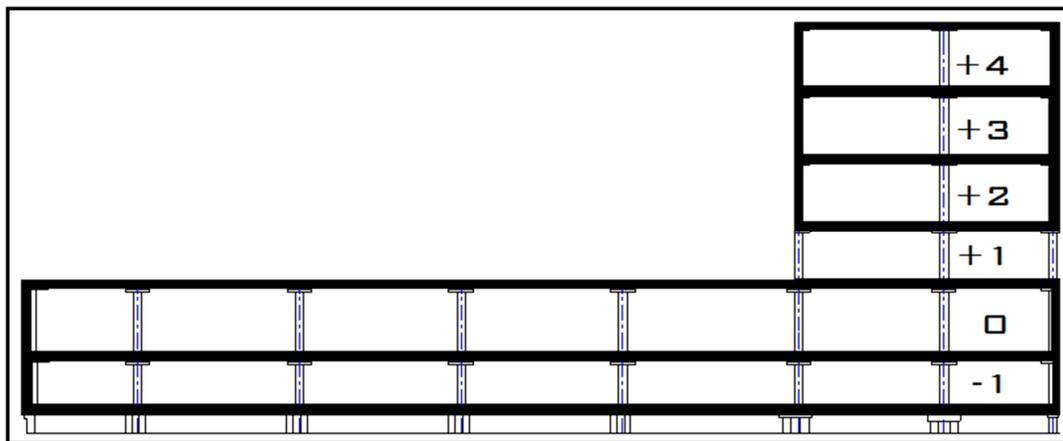
In maart 2011 is er uitgebreid onderzoek gedaan naar de constructie in de Noordenbergpoortgarage. De ernst van de aangetaste constructie, vermoedelijk door chloriden, is dermate ernstig dat er vijf locaties onderstempeld moeten worden. Na het plaatsen van de stempels zijn de kelder en de begane grond weer opengesteld voor vergunninghouders, het parkeerdek wordt gedeeltelijk geopend als openbare parkeergarage.

3.1 Casus

Het Noordenbergpoortcomplex bestaat uit verschillende functies die van verschillende eigenaren zijn. In dit hoofdstuk zal duidelijk worden hoe de garage gesitueerd is in Deventer en hoe het complex in elkaar zit. Vervolgens zullen de belangrijkste kenmerken van de garage beschreven worden zodat er een goed beeld van ontstaat.

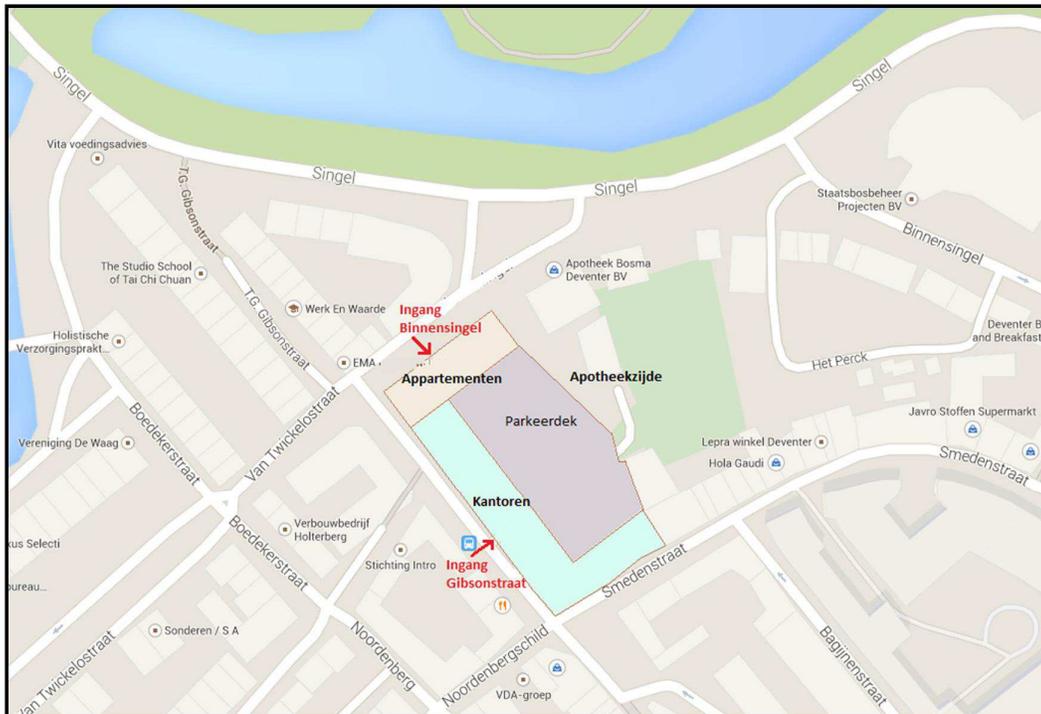
Het huidige Noordenbergpoortcomplex bestaat van onder naar boven uit:

- Parkeerkelder, onder de gehele oppervlakte
- BG, met supermarkt, parkeren en kantoren aan de Gibsonstraat en Smedenstraat
- 1^e verdieping volledig parkeren, zowel onder de kantoren als buiten
- 2^e, 3^e en 4^e verdieping kantoren boven een deel van het perceeloppervlak



Figuur 1: Doorsnede garage en kantoren

Boven de op- en afritten van de parkeergarage van de kelder en de 1^e verdieping, aan de Binnensingel, zijn appartementen gerealiseerd. Deze appartementen horen niet bij het Noordenbergpoortcomplex en zijn later gebouwd.



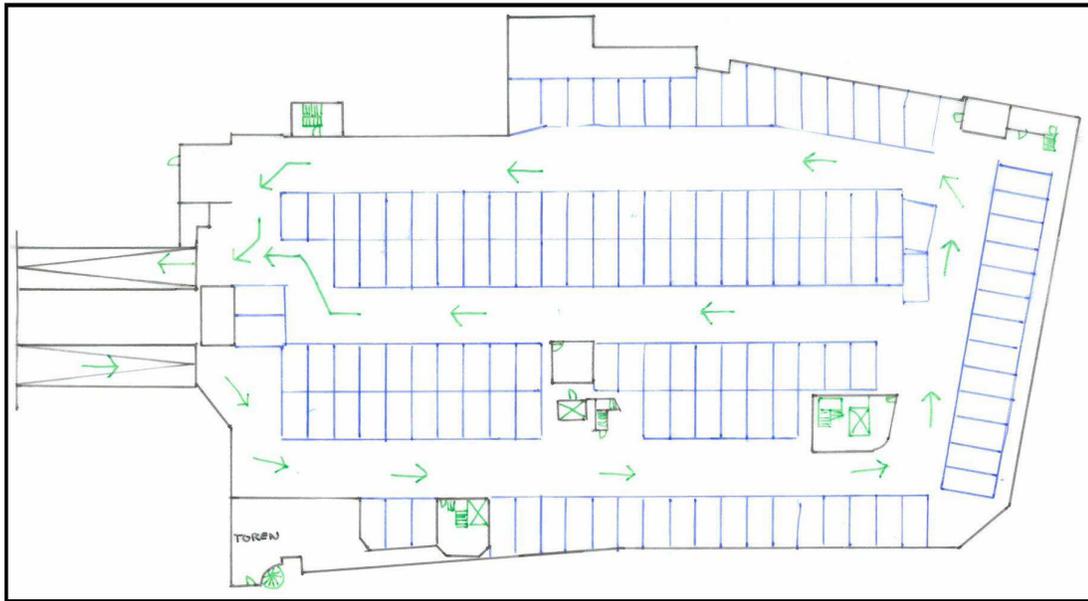
Figuur 2: Situering Noordenbergtorencomplex

3.1.1 Kenmerken Noordenbergpoortgarage

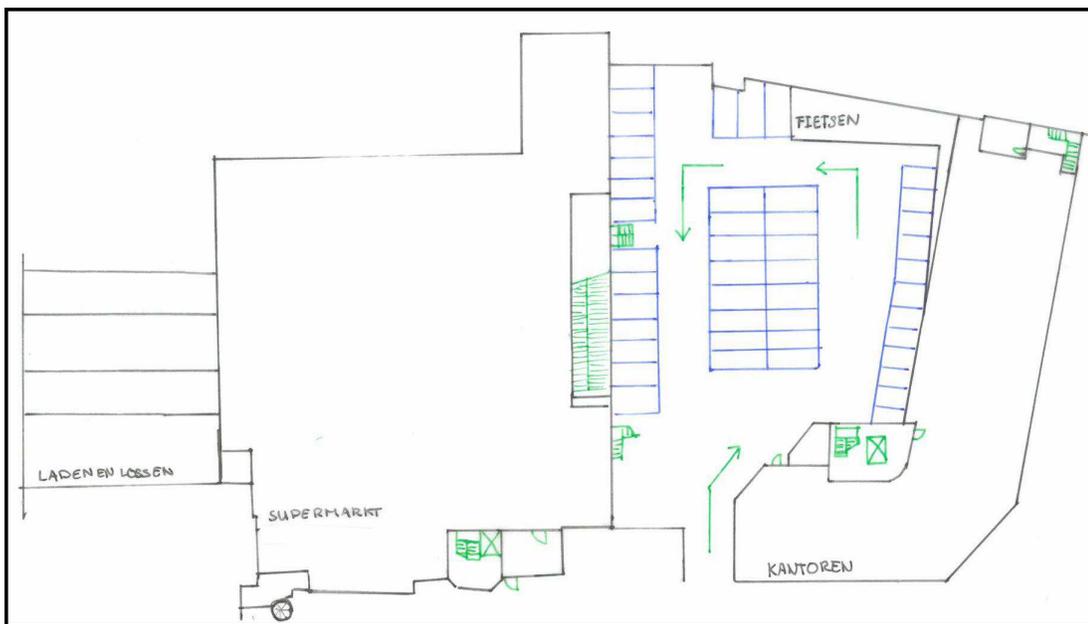
In deze paragraaf staan de belangrijkste kenmerken van de Noordenbergpoortgarage.

- Parkeergelegenheid versnipperd over drie lagen, met aparte in- en uitgangen
- Te steile op- en afritten (volgens de huidige norm en volgens bezoekers)
- Geen ingangen (door sluiting van de supermarkt), dan wel goed verstopt voor voetgangers
- Historische fundamenten Noordenbergtoren in kelder zichtbaar voor vergunningshouders
- Gelegen tussen Kapjeswelle en Singel, aan de centrumring parkeerroute
- Grote leegstaande supermarkt op de begane grond
- Betonconstructie van het, buiten gelegen, parkeerdek door betonrot aangetast

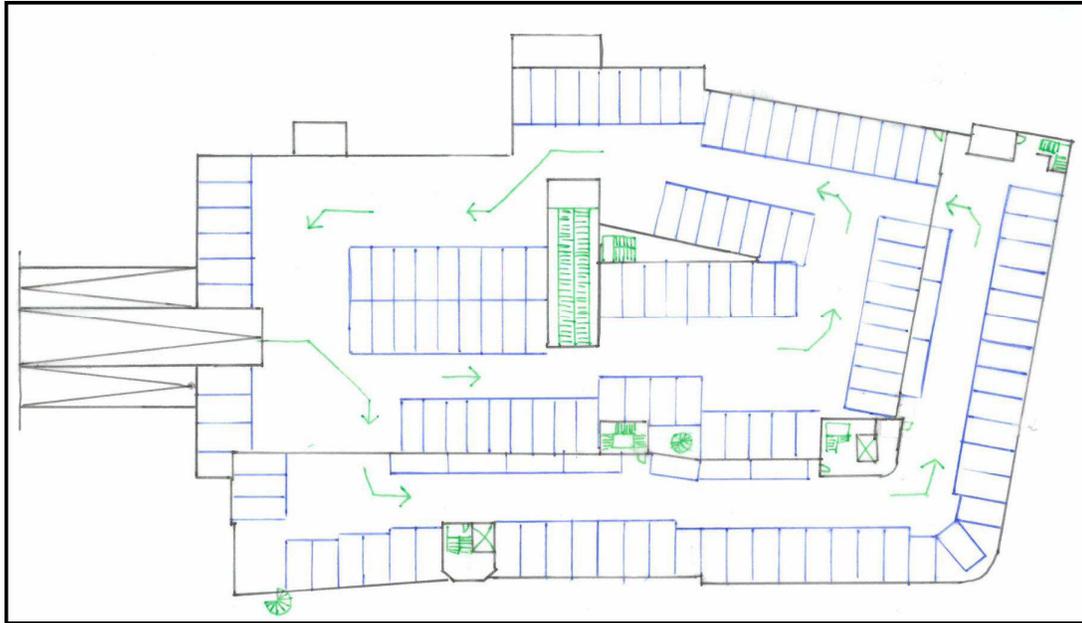
Op de volgende afbeeldingen zijn de bestaande indelingen van de garage te zien.



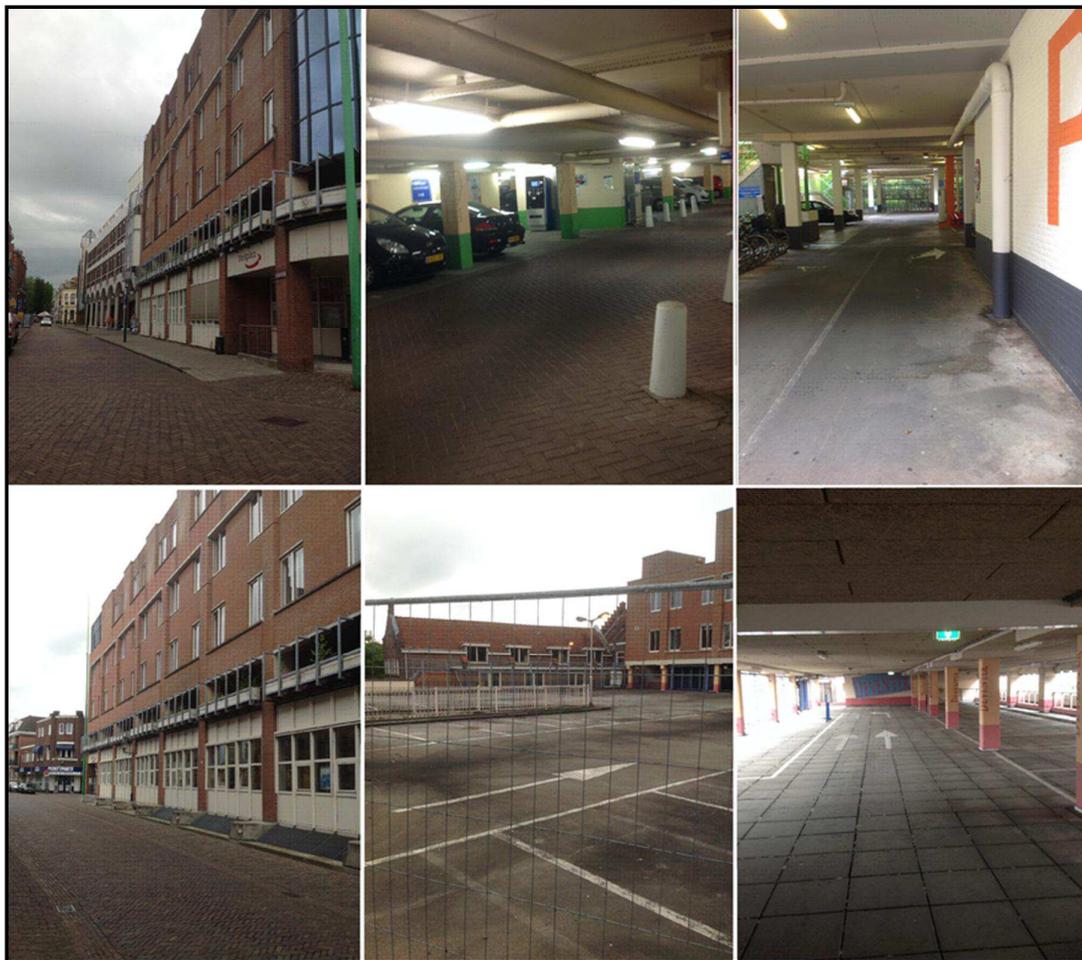
Figuur 3: Indeling kelder



Figuur 4: Indeling begane grond



Figuur 5: Indelingen 1e etage



Figuur 6: Impressie Noordenbergpoortgarage

De huidige staat van de parkeergarage is niet optimaal. De begane grond is donker en onaantrekkelijk om te parkeren, de helling naar het parkeerdek is erg steil en de vrije hoogte onder de kantoren is erg klein. Hieronder staan mogelijke verbeteringen voor het Noordenbergcomplex.

- Het betrekken van de supermarkt bij de parkeeroppervlakte
- Het verbinden van de drie parkeerlagen tot één parkeergarage
- Een goede in- en uitgang voor het parkerende verkeer die aan de vigerende norm voldoet
- Een goede, op de Nieuwstraat/Gibsonstraat aansluitende, entree voor voetgangers
- Voldoende (dag)licht in de garage
- Noordenbergtoren zichtbaar toegankelijk voor bezoekers
- Het vervangen van de kantoorruimten door appartementen
- Het oplossen van het betonrotprobleem
- De zorg voor een constructief veilige constructie

Op de afbeelding 7 en 8 zijn de verschillende ingangen van de parkeergarage te zien. De ingang aan de Binnensingel is alleen voor het parkeerdek en de parkeerkelder. De ingang aan de Gibsonstraat is voor de parkeerplaatsen op de begane grond en deze dient ook als ingang voor de voetgangers.



Figuur 7: Ingang Gibsonstraat



Figuur 8: Ingang Binnensingel

Onder de Gibsonstraat en in de parkeergarage zijn tijdens de bouw resterende fundaties van de oude Noordenbergtoren gevonden. Deze toren is gebouwd in 1487 als onderdeel van de stadsverdediging.¹ Omdat de toren voor de geschiedenis van Deventer belangrijk geweest is, zou het interessant zijn voor toeristen om deze te kunnen bezoeken. De fundaties zijn opengesteld voor bezoek maar zoals op afbeelding 9 en 10 te zien is, is de toegangspoort niet uitnodigend.

¹ www.monumentenregister.cultureelerfgoed.nl, monumentnummer 396590, aanmelding register 22-01-1991



Figuur 9: Ingang fundaties Noordenbergtoren



Figuur 10: Ingang fundaties Noordenbergtoren

3.1.2 Opbouw constructie

Het constructie casco bestaat uit betonnen kolommen, met kolomkoppen, en versterkte stroken structuur met breedplaatvloeren. De kolommen zijn over het algemeen 400 bij 400 mm, op sommige plaatsen in de kelder en op de begane grond 500 bij 500 mm. Boven elke kolom is een kolomkop van (L x B x H) 1200 x 1200 x 150 mm. De versterkte stroken zijn 1200 mm breed en 330 of 340 mm dik en zijn uitgevoerd als voorgespannen breedplaat. De vloeren zijn voorgespannen breedplaatvloeren met verschillende diktes vanwege het afschot.

De keldervloer bestaat uit bestrating op het zand, de kolommen zijn ondersteund door poeren met twee, drie of vier palen eronder.



Figuur 11: Vloeren met versterkte stroken op kolommen

3.2 Probleemstelling

Aan de hand van de hierboven beschreven aanleiding is de onderstaande probleemstelling geformuleerd.

- Delen van de constructie van de parkeergarage zijn aangetast door betonrot waardoor een deel van de openbare garage niet toegankelijk is voor gebruikers.

3.3 Doelstelling

JVZ wil aan de gemeente Deventer een uitvoerbaar plan presenteren dat ruim onder het in 2010² vastgestelde budget van €8.000.000 blijft. Op dit moment werkt de gemeente aan een budget van €4.500.000 voor het minimale plan. Dit bestaat uit het herstellen of vervangen van het parkeerdek, het toevoegen van hellingbanen op de begane grond en het betrekken van de supermarkt bij de parkeergarage.

In dit onderzoek wordt onderzocht of de constructie te renoveren valt en of de garage aan te passen is tot een aantrekkelijke garage die aan de eisen van de gemeente voldoet.

3.4 Kennisvraag

De kennisvraag is opgesteld door lectoraat de heer H. Brinksma van Hogeschool Utrecht en gaat over de levensduur van de te ontwerpen constructies.

- Hoe kunnen de parkeergarage en de eventuele nieuwe woningen aangepast worden zodat deze geen belemmering opleveren voor de eventuele veranderingen over 25 jaar?

3.5 Centrale vraagstelling

De centrale vraag bevat de onderdelen uit de probleem- en doelstelling. De centrale vraag is de leidraad van dit onderzoek.

- Op welke wijze kan de Noordenbergpoortgarage duurzaam gerenoveerd worden tot een aantrekkelijke parkeergarage met een goede logistiek, zodat deze een bijdrage kan leveren aan de revitalisering van het noordelijke deel van de Deventer binnenstad?

In dit onderzoek wordt de focus gelegd op de constructie, het onderzoeken van innovatieve technieken voor de meest efficiënte wijze van het herstellen van de betonrot en het zichtbaar maken van de Noordenbergtoren.

² Bron: www.deventer.notudoc.nl, 'Beantwoording technische vragen PvdA m.b.t. MPP 27-11-2013', 27-11-2013

4 Omvang beschadigde constructie

In de afgelopen jaren is er veel gebeurd in het Noordenbergcomplex. Met name in de parkeergarage op de begane grond en op het parkeerdek is er een aantal onderzoeken naar ontstane scheuren uitgevoerd. In dit hoofdstuk zal kort beschreven worden wat de conclusies uit deze onderzoeken zijn geweest en aan de hand van foto's zal de huidige situatie van de garage behandeld worden.

4.1 Verleden

Sinds de bouw van het complex is er een aantal inspecties geweest in verband met de scheuren in de constructie. Tijdens de eerste inspectie in 1993 zijn de scheuren niet vastgelegd, maar tijdens de overige bevindingen in 1997, 1998 en 2011 wel en blijken de scheuren steeds toegenomen in aantal en lengte. In bijlage 1 is een samenvatting gegeven van de bevindingen en conclusies van deze inspecties van het Noordenbergcomplex en in bijlage 2 zijn de volledige rapportages te zien.

Uit de onderzoeken van de afgelopen jaren is de conclusie getrokken dat vooral de scheuren in het parkeerdek en de versterkte stroken steeds groter worden. Dit zou komen doordat de spanningen die ontstaan door grote temperatuurverschillen niet opgenomen kunnen worden door de platen en daardoor zich concentreren in de versterkte stroken waardoor deze ook scheuren. Deze conclusie uit de onderzoeken zal onderzocht worden als mogelijke oorzaak van de scheuren in hoofdstuk 5 "Spanningen in het beton".

Door de scheuren trekken dooizouten het beton in waardoor de wapening wordt aangetast. Omdat dit proces al jaren aan de gang is, is op sommige plaatsen de voorspanwapening zo ernstig aangetast dat deze hier gebroken is, zoals op de onderstaande afbeelding is te zien.



Figuur 12: Gebroken voorspanstreng, 08-06-2012, SGS Intron

Figuur 13: Zwarte verkleuring voorspanstaaf, 08-06-2012, SGS Intron

Aan de bovenzijde van het parkeerdek is te zien dat er ter plaatse van de plaatnaden van de breedplaatvloeren dunne lange scheuren zijn. Dit is aangenomen door de regelmaat en evenwijdigheid van de scheuren. Ter plaatse van een aantal plaatnaden zijn ook delen open gestraald en hieruit is gebleken dat de voegwapening tussen de breedplaatvloeren gebroken is.

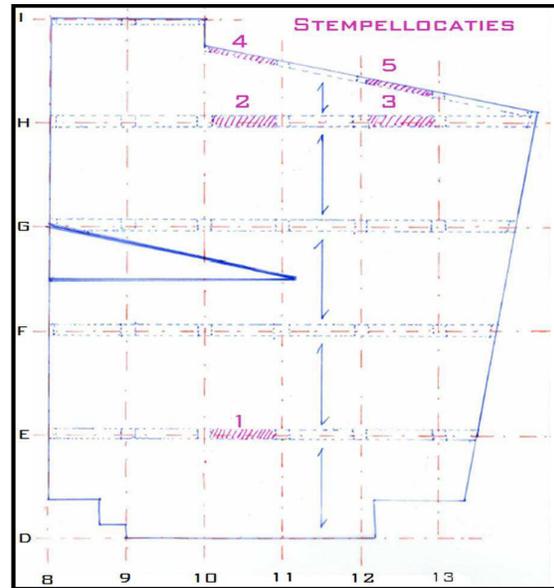
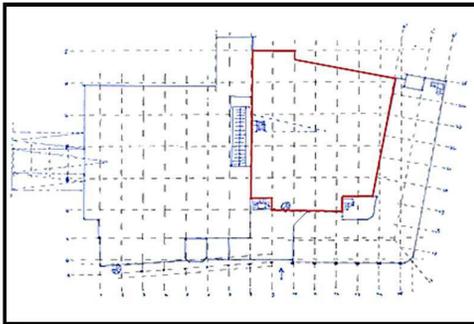
4.1.1 Adviezen

Naar aanleiding van de onderzoeken van de afgelopen jaren is er een aantal adviezen gegeven. Voor het goed laten functioneren van de dilataties zal het glijfolie vervangen moeten worden door glijvilt. De beschadigde wapening moet vrij gehakt worden, de aangetaste strengen moeten gereinigd worden, het dek dient te worden voorzien van drukvaste isolatie en een waterdichte laag, de scheuren moeten geïnjecteerd worden en voor het garanderen van de constructieve veiligheid dienen de versterkte stroken, ter plaatse van de gebroken voorspanstrengen, versterkt te worden met uitwendige koolstoflijmwapening. Het is niet duidelijk of deze adviezen door de gemeente Deventer zijn opgevolgd. Op sommige plaatsen zijn de scheuren geïnjecteerd. De versterkte stroken zijn op de plaatsen van de gebroken voorspanstrengen onderstempeld.

4.2 Huidige situatie

In deze paragraaf zal de huidige staat van de constructie in kaart gebracht worden. Op de onderstaande afbeelding is te zien op welke locaties de stempels nu staan. De foto's verwijzen naar de stempellocaties of bepaalde stramienien.

Figuur 14: Overzicht begane grond



Figuur 15: Stempel locaties



Figuur 16: Foto's locatie 1

In de rapportage van SGS Intron, van juni 2012, werd de conclusie al getrokken dat locatie 1 de ernstigst aangetaste plek is. Na het openstralen van het betonoppervlak is gebleken dat hier enkele voorspanstrengen gebroken waren. In de huidige situatie is hier niets meer van te zien omdat het beton opgevuld is. Ook is niet duidelijk of de wapening is gereinigd voordat het betonoppervlak weer opgevuld werd. Naar aanleiding van de foto's hierboven is aan te nemen dat de wapening niet gereinigd is omdat er roestvlekken aan het oppervlak te constateren zijn. Een andere mogelijkheid is, is dat door de temperatuurspanningen het beton wederom gescheurd en de wapening aangetast is.



Figuur 17: Foto's locatie 2,3



Figuur 18: Foto's locatie 4,5

Op locatie 2, 3, 4 en 5 zijn de scheuren ook geïnjecteerd, maar hier zijn geen roestvlekken op het betonoppervlak te zien. Hierdoor lijkt de situatie inderdaad minder ernstig dan bij locatie 1. Omdat het constructieoppervlakte dicht is, valt er niet te zeggen hoe de staat van de wapening op deze plaatsen is. Omdat het op locatie 1 lijkt alsof de wapening niet gereinigd is, is de wapening niet gereinigd of is het beton door optredende temperatuurspanningen wederom gescheurd waardoor de wapening aangetast is.



Figuur 19: As H tussen as 9 en 10

As G tussen as 10 en 11



Figuur 20: Schade aan plaatnaden, t.p.v. bijna alle plaatnaden

Op de foto's is duidelijk te zien dat de versterkte stroken het ernstigst beschadigd zijn. De versterkte stroken in as E, as H en as I zijn lokaal beschadigd op de plaatsen waar de stempels staan, zie afbeelding 4. Daarnaast zijn er op andere plaatsen op de versterkte stroken ook kleine scheuren te zien. In het verleden zijn deze open gestraald om de staat van de wapening te zien en vervolgens weer opgevuld. Verder is te zien op afbeelding 9 dat de verf van de breedplaatvloeren ter plaatse van de plaatnaden afbladdert, het is waarschijnlijk dat dit wordt veroorzaakt door vocht dat in de scheuren aan de bovenzijde trekt.

4.3 Conclusie

Op basis van de onderzoeken in het verleden is er actie ondernomen door de gemeente om de garage weer veilig te stellen. Op bepaalde plaatsen zijn scheuren opgevuld met beton en de meest ernstig aangetaste delen zijn op advies van JVZ Ingenieurs onderstempeld. Aan de bovenzijde van de vloer zijn geen ernstige scheuren te zien.

Omdat er geen gegevens beschikbaar zijn over de manier van injecteren kan er niet vanuit worden gegaan dat de wapening hier ter plaatse al gereinigd is. Om hier zeker van te zijn zal ter plaatse van de opgevulde scheuren de wapening bloot gehakt moeten worden om de staat van de wapening te beoordelen. Als blijkt dat de wapening niet gereinigd is, zal dit alsnog gedaan moeten worden om verdere uitbreiding van corrosie te voorkomen. Per plek zal er bepaald moeten worden hoe groot het oppervlak is dat gereinigd moet worden, dit hangt af van de staat van de wapening. De wapening mag enige roestige verkleuring vertonen maar er mogen zeker geen losse roestdelen aan hangen, als dit wel het geval is moet dit goed gereinigd worden.

5 Spanningen in het beton

Uit de onderzoeken in het verleden is meerdere keren de conclusie getrokken dat de scheuren ontstaan zijn door grote temperatuurspanningen. In dit hoofdstuk zal eerst de spanningen ten gevolge van de belasting gecontroleerd worden waarna de spanningen ten gevolge de temperatuur bekeken worden.

5.1 Buigspanningen in het beton

Voordat er vanuit kan worden gegaan dat de constructie gescheurd is door spanningen ten gevolge van grote temperatuurverschillen wordt er eerst bepaald of de constructie niet bezwaken is ten gevolge van te hoge buigspanningen.

De versterkte strook op stramien E (as 10-11) is, volgens de rapportage van SGS Intron van juni 2012, het ernstigst beschadigd, dit gedeelte van deze strook is momenteel onderstempeld, zie op de afbeelding hiernaast locatie 1.

Daarom zal deze strook als maatgevend worden beschouwd en zal voor deze strook bepaald worden hoeveel momenten de strook moet opnemen en of hier voldoende wapening voor aanwezig is.

De versterkte stroken in as E, as H en as I zijn lokaal beschadigd op de plaatsen waar de stempels staan, zie afbeelding 21.

Op tekeningen van Betonson, de leverancier van de vloerplaten, is te zien dat er voorgespannen schillen van 70 mm dikte zijn toegepast met 20 voorspanstrengen per 2,5 m. Dit houdt in dat in een versterkte strook met een breedte van 1200 mm 10 strengen aanwezig zijn, een streng in deze plaat heeft een diameter van 6,9 mm. Over de hoeveelheid draden in een streng is geen informatie vermeld maar volgens de Eurocode komt deze diameter vaak voor met drie of zeven draden, omdat op de foto's, in hoofdstuk 4 "Omvang beschadigde constructie", duidelijk te zien is dat de strengen uit meer dan drie draden bestaan, wordt er aangenomen dat de strengen uit zeven draden bestaan met een totale doorsnede van 29 mm² met staalkwaliteit FeP 1860. Met deze gegevens is in bijlage 3 de sterkte van de versterkte strook in as E bepaald.

In de versterkte stroken zijn 10 voorspanstrengen met een diameter van 6,9 en verdeelwapening $\Phi 6-150$ aanwezig. De opneembare trekspanningen in het beton zijn bepaald in bijlage 3. Voor het bepalen van de sterkte van de versterkte strook is het boek 'Voorgespannen Beton³ gebruikt.

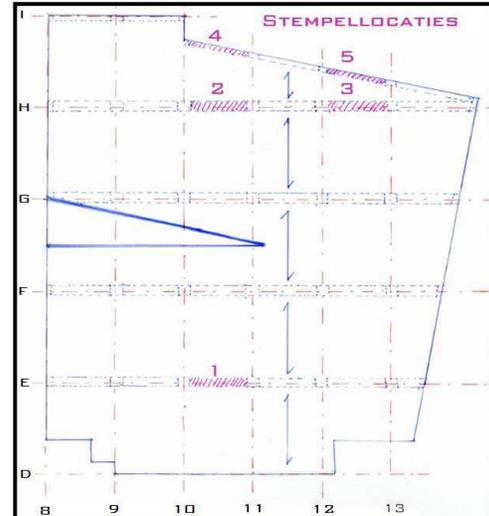
5.1.1 Conclusie

Het veldmoment ter plaatse van de scheur in de versterkte strook in as E is $M_{Ed} = 119$ kNm. In de berekening is te zien dat het opneembare moment door de strook $M_{opn} = 194,5$ kNm. Dit betekent dat de versterkte strook voldoende sterk is voor de optredende krachten ten gevolge van de belasting.

Nu het uitgesloten is dat de scheuren zijn ontstaan door te hoge buigspanningen is de volgende stap om te bepalen of de scheuren worden veroorzaakt door temperatuurspanningen.

5.2 Temperatuurspanningen in het beton

In de rapporten die in de afgelopen jaren gemaakt zijn, is de conclusie getrokken dat de scheuren door temperatuurspanningen zijn ontstaan. Omdat in de vorige paragraaf de scheurvorming door te hoge buigspanningen is uitgesloten, zal nu de temperatuurspanning in de constructie nader bekeken worden om te bepalen of in het verleden de juiste conclusie is getrokken en of het toepassen van isolatie de situatie verbeterd.



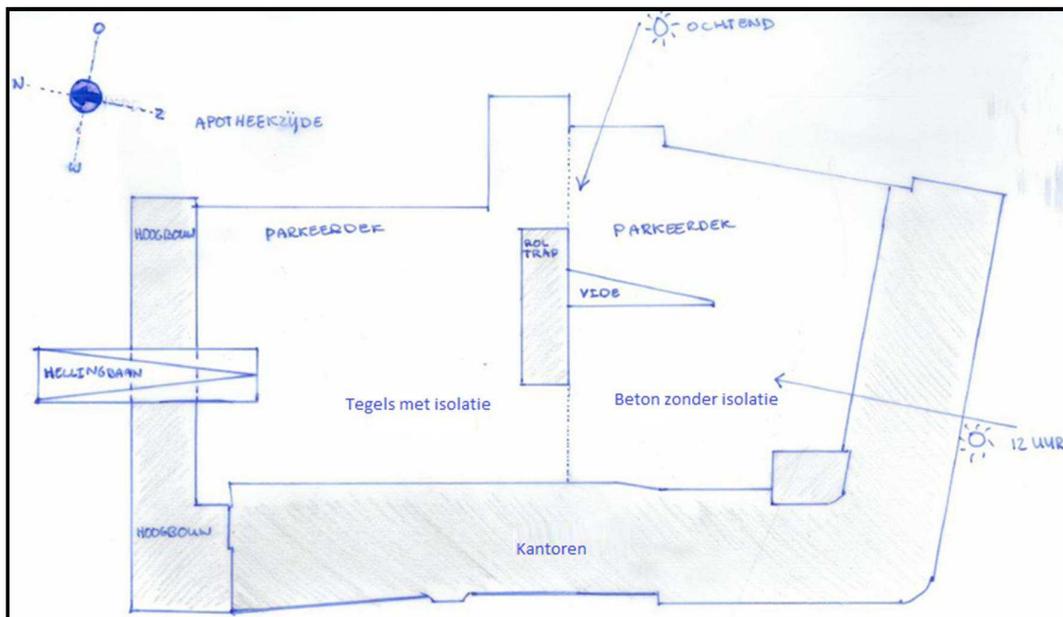
Figuur 21: Onderstempelde locaties

³ Voorgespannen Beton, J.C. Walraven, J.C. Galjaard, Betonpraktijkreeks 3, 1997

Hiervoor zal eerst bekeken worden hoe het parkeerdek opgebouwd is en hoe de zonbestraling door de dag heen is. Voor het bepalen van het bijkomende moment ten gevolge van de temperatuurverschillen is gebruik gemaakt van het boek 'Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen'⁴ en met behulp van het programma Physibel Trisco is het temperatuurverloop in de constructie gesimuleerd. Trisco is een programma waarmee het temperatuurverloop in een constructie gesimuleerd kan worden, het programma doet dit aan de hand van de warmteweerstanden van de materialen en ingevoerde binnen- en buitentemperaturen. Trisco wordt in dit rapport gebruikt om het effect van het isoleren van het parkeerdek te weergeven.

5.2.1 Detaillering parkeerdek

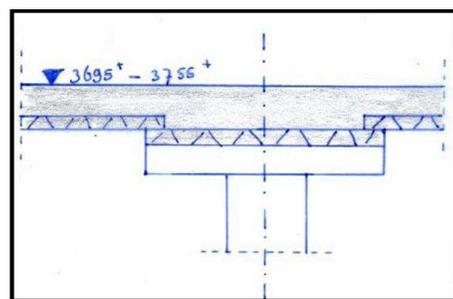
In deze paragraaf zal de detaillering van het parkeerdek behandeld worden. Het parkeerdek is opgedeeld in twee delen, één deel boven de leegstaande supermarkt en één deel boven de garage op de begane grond. Alleen in dit laatste gedeelte van het parkeerdek zijn in het verleden scheuren aangetroffen. Het verschil tussen deze twee delen is dat het ene deel geïsoleerd is en het andere deel niet.



Figuur 22: Overzicht parkeerdek

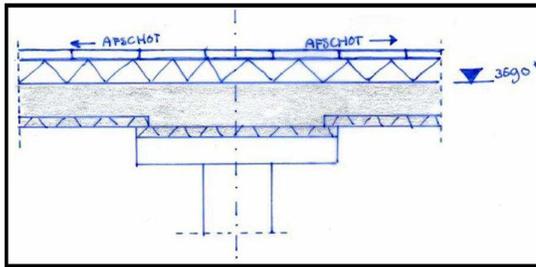
Zoals op de afbeelding hierboven te zien is, is het parkeerdek opgedeeld in twee delen. Een deel met tegels en een deel met een betonafwerking. De gedeeltes van het parkeerdek die met tegels afgewerkt zijn, zijn ook geïsoleerd. Alleen het gedeelte boven de parkeergarage op de begane grond is niet geïsoleerd, op deze plek zijn de scheuren in de vloeren en versterkte stroken ontstaan. De parkeervloer onder de kantoren is ook geïsoleerd en afgewerkt met tegels, hier zijn geen scheuren geconstateerd.

Op afbeelding 23 t/m 25 zijn de bijbehorende details te zien. Ter plaatse van de stippellijn op afbeelding 22 is een dilatatie, het detail hiervan is te zien op figuur 25.

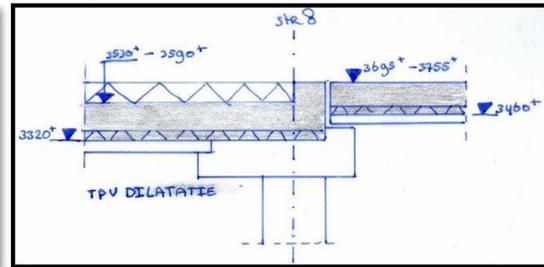


Figuur 23: Detail parkeerdek zonder isolatie

⁴ Betonconstructies onder Temperatuur- en Krimpvervormingen, K. van Beugel, C. van der Veen, J.C. Walraven, C.R. Braam, Betonpraktijkreeks 2, 1996



Figuur 24: Detail parkeerdek met isolatie

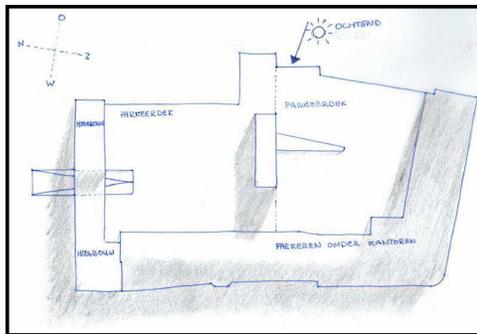


Figuur 25: Detail parkeerdek t.p.v. dilatatie

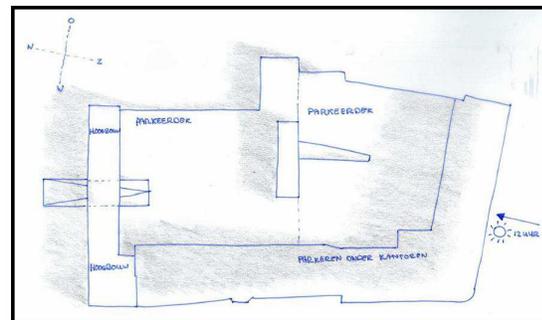
5.2.2 Zonoriëntatie

Omdat de scheuren in de versterkte stroken alleen voorkomen in het parkeerdek zonder afwerking is het van belang om te bepalen of de zonbestraling op dit gedeelte van het parkeerdek meer is dan op het deel met de tegels.

Op afbeelding 26 tot en met 28 is de globale slagschaduw per dagdeel te zien.

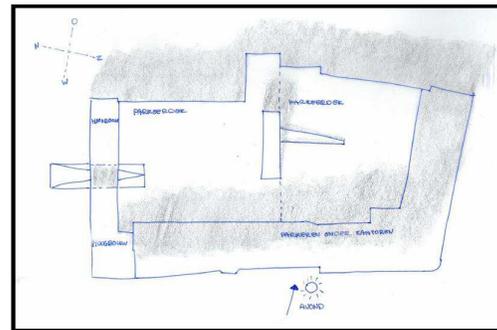


Figuur 26: Globale slagschaduw in de ochtend



Figuur 27: Globale slagschaduw in de middag

Uit de slagschaduw en zonbestraling van het parkeerdek valt te concluderen dat het ongeïsoleerde gedeelte van het parkeerdek meer in de schaduw ligt dan het geïsoleerde gedeelte. Hieruit blijkt dat het onbeschadigde parkeerdek evenveel of zelfs meer zonbestraling ondervindt. Het is hieruit dus niet te concluderen dat de scheuren door zonbestraling veroorzaakt worden.

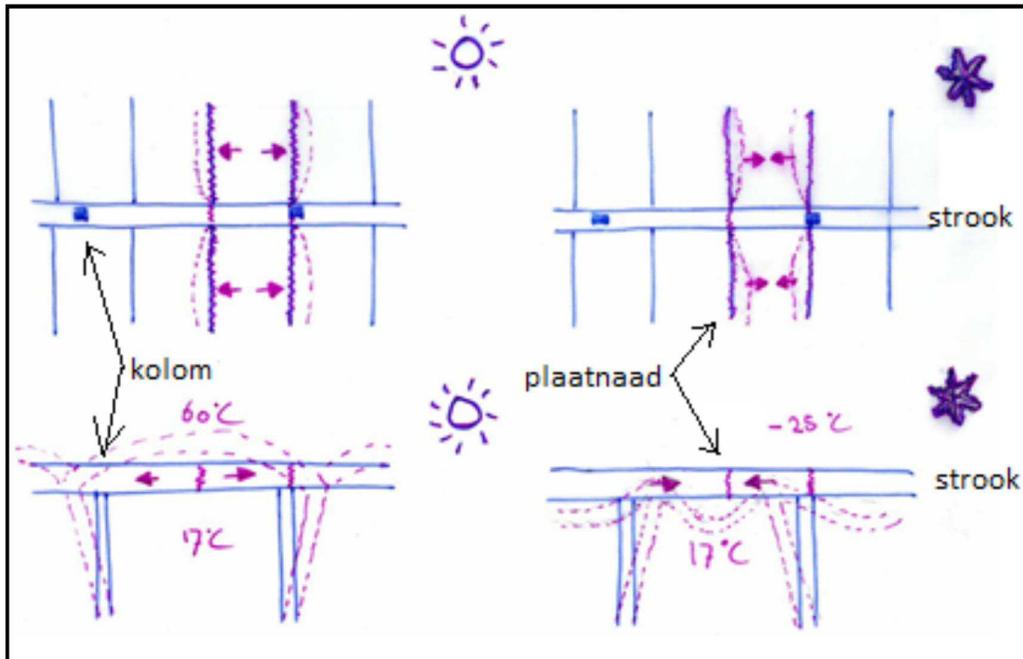


Figuur 28: Globale slagschaduw in de avond

5.2.3 Invloed temperatuur

Door de temperatuur in de zomer of de winter zal het parkeerdek respectievelijk uitzetten of krimpen. Door het krimpen van de vloerplaten in de winter willen deze platen kleiner worden waardoor er trek in de voegen ontstaat. Het is waarschijnlijk dat de voegwapening de hoeveelheid trek niet kan opnemen waardoor de plaatnaden gescheurd zijn. Omdat de platen doorlopen tot op de versterkte strook komen hier extra spanningen in de doorsnede omdat door het krimpen de platen ook ter plaatse van de strook kleiner willen worden. Omdat dit hier niet kan omdat de vloeren en de stroken aan elkaar gestort zijn ontstaan er ter plaatse van de plaatnaden in de strook extra spanningen waardoor waarschijnlijk de stroken in het verlengde van de plaatnaden zijn gescheurd.

Op afbeelding 29 is dit principe schematisch weergegeven.



Figuur 29: Principe uitzetting-krimp zomer-winter

In de zomer, als de bovenzijde van het parkeerdek warmer is dan de onderzijde, zal de vloer willen opbollen aan de bovenzijde. Hierdoor ontstaat er druk in de plaatnaden omdat de platen uitzetten. Beton kan veel druk opnemen dus lijkt dit niet direct een probleem. Maar door het opbollen van de platen ontstaat er ook trek in de bovenzijde van de vloer, omdat hier geen wapening aanwezig is kan de trek niet opgenomen worden. Het moment in de doorsnede ten gevolge van het opbollen hoeft geen problemen op te leveren als deze kleiner is dan het moment ten gevolge van het eigen gewicht. Dit komt omdat door het eigen gewicht van de constructie de platen meer kracht nodig hebben om even veel op te bollen als zonder permanente belasting. Als het opneembare moment regelmatig wordt overschreden is de kans dat er scheuren in de bovenzijde van het dek komen groot. Doordat er geen waterdichte laag op het dek aanwezig is, is er voor vocht en dooizouten de mogelijkheid om in het beton te trekken waardoor de wapening uiteindelijk aangetast kan worden.

In de winter werkt het anders. Omdat in de winter de bovenkant van het parkeerdek kouder is dan de onderkant zullen de platen hol willen worden. Hierdoor ontstaat er druk in de bovenzijde van de vloer, trek in de plaatnaden en trek in de onderzijde van de vloer. De trek in de onderzijde van de vloer is geen probleem indien deze trek door de aanwezige voorspanwapening kan worden opgenomen. Als dit niet het geval is, zal er in de onderzijde van de vloer ook kans op scheurvorming zijn. Doordat in de plaatnaden veel trek is tijdens de krimp in de winter zal dit doorwerken tot in de strook. Dit komt doordat de stroken en de vloeren aan elkaar gestort zijn, als de platen zich dan 'los trekken' dan veroorzaakt dit ook spanningen in de versterkte strook omdat de platen hier vast zitten. Dit is de oorzaak dat de versterkte strook in het verlengde van de plaatnaden gescheurd is. Uit de rapportage van SGS Intron uit 2012 is gebleken dat de voegwapening van de plaatnaden bezweken is. Hierdoor kan de trek in de winter in de plaatnaden niet worden opgenomen door de doorsnede waardoor de constructie hier gescheurd is. Door deze scheuren kunnen vocht en dooizouten het beton in trekken waardoor de wapening verder aangetast wordt en de situatie verergert.

5.2.4 Uitgangspunten berekening

Het parkeerdek is betonkleurig en is volgens Eurocode 1⁵ licht gekleurd. Dit betekent dat de temperatuur van het betonoppervlakte in de zomer kan oplopen tot 60 °C, in de winter zal de oppervlaktetemperatuur kunnen dalen tot -25 °C.

⁵ Eurocode 1: Belastingen op constructies, deel 1-5 Thermische belasting, 01-12-2011

Volgens Eurocode 1 deel 5 is de gemiddelde binnentemperatuur 17 °C, maar omdat de onderzijde van het parkeerdek geen verwarmde ruimte is, zal deze waarde niet aangehouden worden omdat het in de zomer warmer en in de winter kouder dan 17 °C zal worden. Voor het bepalen van de oppervlaktetemperatuur aan de onderzijde zal de situatie vergeleken worden met een brug omdat hier ook de wind onder de constructie door kan waaien. De temperatuur van het betonoppervlakte aan de onderzijde is bepaald aan de hand van tabel 6.1 en tabel 6.2 uit deel 5 van Eurocode 1, deze temperatuur, zie bijlage 4, is 8,8 °C. Omdat het niet waarschijnlijk is dat als een oppervlaktetemperatuur aan de bovenzijde van de constructie 60 °C behaald wordt, dat dan de oppervlaktetemperatuur van de onderzijde 8,8 °C is, zijn er naast de voorgeschreven waarden ook andere waarden aangehouden zodat er een breder beeld ontstaat van de situatie in de zomer en in de winter.

De temperaturen waarvoor de optredende spanningen zijn bepaald zijn te zien in tabel 1.

Bij deze berekening zal per temperatuurverschil het temperatuurverloop weergegeven worden, voor- en na isolatie. Voor de berekening worden de oppervlakte temperaturen van het parkeerdek voor- en na isolatie gebruikt om de spanningen ten gevolge van dit verschil te bepalen. Het programma Trisco wordt in dit rapport gebruikt om het effect van het isoleren van het parkeerdek te weer geven. Door dit programma ontstaat een realistisch beeld van het temperatuurverloop in de constructie en zal laten zien dat, na het isoleren van het parkeerdek, de oppervlakte temperatuur lager wordt.

Bovenzijde	Onderzijde
60 °C	25 °C
60 °C	17 °C
25 °C	17 °C
0 °C	17 °C
-5 °C	8,8 °C
-25 °C	8,8 °C

Tabel 1: Onderzochte temperatuurcombinaties

5.2.5 Resultaten berekening

In de zomer zal de constructie opbollen ten gevolge van hoge temperaturen. Ondanks dat er geen bovenwapening in de versterkte stroken en vloeren zijn, zal het beton niet in elke situatie aan de bovenzijde scheuren. Door het eigen gewicht van de constructie is er een grote drukspanning in de bovenzijde van de versterkte strook. De constructie zal daarom pas scheuren als het moment ten gevolge van de temperatuurspanningen groter is dan het moment ten gevolge van het eigen gewicht van de constructie.

Het moment ten gevolge van het eigen gewicht is: $M_{EG} = 59 \text{ kNm}$. In de zomer is ten gevolge van een temperatuurverschil van 43 °C, het optredende moment $M_{temp} = 171 \text{ kNm}$. Omdat dit moment groter is dan het moment ten gevolge van het eigen gewicht kan de versterkte strook dit niet opnemen en ontstaan er scheuren aan de bovenzijde van het parkeerdek. Het toepassen van bovenwapening had dit probleem kunnen oplossen.

Na het isoleren van het parkeerdek neemt dit moment af tot $M_{temp} = 32 \text{ kNm}$.

In de winter moeten de momenten ten gevolge van de temperatuurverschillen opgenomen worden door de voorspanwapening. Uit de berekening van de buigspanning is gebleken dat er niet veel marge is voor een bijkomend moment.

Bij een temperatuur van -25 °C aan de bovenzijde en 8,8 °C aan de onderzijde is het moment ten gevolge van dit temperatuurverschil 134 kNm. Dit is het grootst voorkomende moment ten gevolge van de bekeken temperatuurverschillen. Het optredende moment in het veld is 119 kNm. Bij dit temperatuurverschil zou het totale moment 253 kNm zijn. Dit geeft een trekspanning in de voorgedrukte trekzone van 0,86 N/mm². Omdat de drukspanning in de voorgedrukte trekzone 0,66 N/mm² is, betekent dit dat dit totale moment niet opgenomen kan worden door de strook. Het maximaal bijkomende moment dat de strook kan opnemen is 75,5 kNm. Na het isoleren neemt dit moment af tot $M_{temp} = 31 \text{ kNm}$.

Omdat het hele jaar door (tijdelijk) grote temperatuurverschillen optreden die momenten veroorzaken groter dan 75,5 kNm, is de constructie meer gescheurd dan van te voren berekend is. Door de scheuren kunnen zuurstof, regenwater en dooizouten het beton in trekken waardoor de wapening aangetast wordt. Omdat dit proces al jaren optreedt, is het waarschijnlijk dat hierdoor de voorspanstrengen zijn aangetast en op sommige plaatsen zelfs gebroken zijn.

Oplossing

In de berekening is te zien dat het na-isoleren aan de bovenzijde van het parkeerdek een goede oplossing voor de grote temperatuurspanningen zou zijn. Eerder is al bepaald dat in de winter een bijkomend moment van maximaal 75,5 kNm opneembaar is door de versterkte strook. In de berekening is te zien dat

er na isolatie het maximaal bijkomende moment niet wordt overschreden, het grootste bijkomende moment is $M_{\text{bijkomend}} = 31$ kNm bij een temperatuurverschil van $7,8$ °C.

In de zomer is het maximaal opneembare bijkomende moment $M_{\text{Rd}} = 59$ kNm. In de berekening is bepaald dat na het isoleren van het parkeerdek het grootste bijkomende moment in de zomer $M_{\text{bijkomend}} = 32$ kNm is bij een temperatuurverschil van 43 °C.

Dit betekent dat de constructie na het isoleren de temperatuurspanningen, in zowel de zomer als in de winter, kan opnemen waardoor de constructie alleen plaatselijk versterkt hoeft te worden ter plaatse van de gebroken voorspanstrengen.

Het parkeerdek hoeft door de aangetaste constructie niet gesloopt te worden, maar kan simpel verbeterd worden door het aanbrengen van isolatie aan de bovenzijde. Wel moet op de plaatsen waar de voorspanwapening is aangetast de constructie versterkt worden. Dit is ter plaatse van as E stramien 10-11, as H en I stramien 10-11 en 12-13.

Doordat er geen auto's rechtstreeks op isolatie kunnen rijden, moeten er tegels gelegd worden als drukverdeler. Op de andere delen van het parkeerdek zijn tegels van Zoontjens gebruikt, dit zou op de overige delen ook toegepast kunnen worden. Omdat de vloeren op dezelfde belastingen zijn berekend, is er op het ongeïsoleerde deel marge voor het plaatsen van tegels en isolatie.

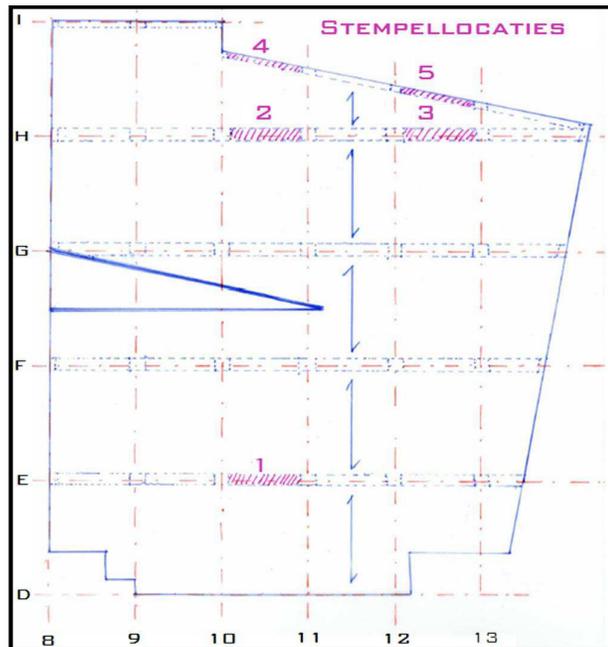
5.2.6 Conclusie

Uit de berekening kan de conclusie getrokken worden dat de stroken gescheurd zijn door te hoge optredende buigende momenten ten gevolge van de temperatuurverschillen. In de berekening is ook te zien dat door het isoleren van de bovenzijde van het parkeerdek de optredende momenten zodanig gereduceerd worden dat in de zomer het maximale bijkomende moment 32 kNm en in de winter het maximaal bijkomende moment 31 kNm is. Dit betekent dat na het isoleren van het parkeerdek de optredende momenten ten gevolge van de temperatuurverschillen in zowel de zomer als in de winter opgenomen kunnen worden door de constructie. Voor het herstel van de constructie is het een goede oplossing om het parkeerdek te isoleren. Hiernaast zal op de locaties waar de stempels staan de constructie versterkt moeten worden omdat de voorspanstrengen hier ernstig zijn aangetast.

6 Betonherstel

In het hoofdstuk 5 “Spanningen in het beton” zijn de mogelijke oorzaken voor de scheuren in de versterkte stroken nader bekeken. Uit dat hoofdstuk is gebleken dat de scheuren ontstaan door grote spanningen in de constructie die veroorzaakt worden door de temperatuurverschillen door het jaar heen. Door het isoleren van de bovenzijde van het parkeerdek worden de spanningen in de constructie gereduceerd waardoor de optredende momenten opgenomen kunnen worden door de aanwezige voorspanwapening. De waterdichtheid van het parkeerdek zal gegarandeerd moeten worden door een nieuwe waterdichte laag over de isolatie aan te brengen.

Echter op een aantal plaatsen is de voorspanwapening ernstig aangetast. De wapening is gecorrodeerd door contact met dooizouten en water. Deze locaties zijn in de huidige situatie onderstempeld en zijn ter plaatse van as E tussen stramien 10-11 en ter plaatse van as H en I tussen stramien 10-11 en 12-13, zoals op afbeelding 30 te zien is.



Figuur 30: Stempellocaties

Ter plaatse van deze locaties is het niet duidelijk hoeveel procent van de wapening in de versterkte stroken niet meer werkt vanwege ernstige aantasting of breuk, omdat deze ernstig aangetast of zelfs gebroken is. Om de constructieve veiligheid van de parkeergarage te herstellen, is het mogelijk om de aangetaste delen van de versterkte stroken te versterken. Een andere optie is de sloop en herbouw van delen van het parkeerdek, deze optie wordt onderzocht in paragraaf 6.3 “Vervangen aangetaste constructie”.

Naast het plaatselijk versterken van de constructie is het belangrijk dat losse delen beton verwijderd worden en scheuren en oneffenheden gerepareerd worden zodat het beton de juiste dekking op de wapening terug krijgt.

In dit hoofdstuk zal eerst een aantal methoden voor het herstel van betonrot en scheuren beschreven worden en vervolgens worden er diverse methoden afgewogen voor het versterken van de versterkte stroken.

6.1 Reparatie beschadigde constructie

Naast de ernstige aantasting in de versterkte stroken zijn er op andere plaatsen in de vloeren ook scheuren te zien. Aan de bovenzijde van de vloer is te zien dat de plaatnaden zijn gescheurd. Deze scheuren zullen opgevuld moeten worden waarna de waterdichte laag aangebracht kan worden. Aan de onderzijde van de vloer zullen scheuren en oneffenheden aan het betonoppervlak opgevuld moeten worden. Als er ter plaatse van de scheuren wapening is gecorrodeerd zal de wapening vrijgemaakt en gereinigd moeten worden voordat het oppervlak opgevuld kan worden. Dit is ter voorkoming van de uitbreiding van de corrosie.

Voor het opvullen van scheuren en afwerken van oneffenheden zijn de volgende mogelijkheden:

- Handmatig repareren door middel van cement gebonden mortel
- Handmatig repareren door middel van cement gebonden mortel versterkt met kunststofvezels
- Opvullen met spuitbeton bij grote beschadigde oppervlaktes
- Scheuren in het beton injecteren met 2-componenten hars

De methode voor het opvullen van de scheuren zal in overleg met een gespecialiseerd betonreparatiebedrijf bepaald kunnen worden.

Als de wapening in een betonconstructie door het indringen van regenwater, zuurstof of dooizouten is aangetast is het mogelijk om de aangetaste wapening vrij te maken en te reinigen. Een andere methode voor het reinigen van wapening is het toepassen van kathodische bescherming.

6.1.1 Kathodische bescherming

De methode van kathodische bescherming bestaat uit het verzenden van stroom uit een bron die via het vocht in het beton geleid wordt naar de wapening. Doordat de wapening hierdoor negatief geladen wordt, stoot het chloride af waardoor de corrosie-intensiteit afneemt en het met chloride vervuilde beton niet verwijderd hoeft te worden.

De kathodische bescherming wordt een permanent onderdeel van de betonconstructie, waardoor ook ieder moment gecontroleerd kan worden of de constructie nog functioneert. Voordat dit systeem aangebracht kan worden dienen de losse delen beton verwijderd te worden en het betonoppervlak afgewerkt te worden met reparatiemortel.

Het toepassen van kathodische bescherming is ideaal bij een groot beschadigd oppervlakte omdat het een relatief dure methode is. Een ander nadeel van het reinigen van de aangetaste wapening met deze methode is dat het systeem ieder half jaar gecontroleerd moet worden. Dit is belangrijk omdat het mogelijk is dat een stroom niet door loopt waardoor het dan opeens weer mogelijk is dat de corrosie zich verder uitbreidt.

Voor dit project is de methode van kathodische bescherming niet geschikt omdat het gaat om kleine aangetaste delen gaat waar op sommige plaatsen de wapening al gebroken is en waar het stoppen van het corrosie proces niet voldoende is om de constructie te repareren en beschermen.

6.2 Versterken beschadigde constructie

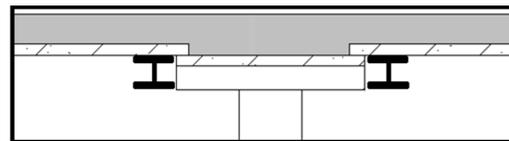
Op de plaatsen waar de versterkte stroken onderstempeld zijn, is de voorspanwapening in de breedplaatschillen zodanig aangetast dat de constructie hier volledig versterkt moet worden. Voor het versterken van de stroken is het belangrijk dat de gecorrodeerde wapening eerst gereinigd wordt zodat verdere uitbreiding van corrosie niet mogelijk is. De methoden die bekeken worden zijn het versterken met een staalconstructie, met verlijmdde staalstrippen, koolstoflijmwapening, gelijmd bandweefsel en koolstofwapening in spuitbeton. In bijlage 5 is een uitgebreidere beschrijving van de methoden weergegeven.

6.2.1 Versterken met een staalconstructie

Een goedkope methode voor het versterken van de bestaande versterkte stroken is door het toepassen van een staalconstructie. Het is mogelijk om de versterkte strook op te vangen door een stalen ligger met twee kolommen. Omdat het een parkeergarage is zullen de kolommen brandwerend afgewerkt moeten worden.

Deze goedkope methode heeft als nadeel dat de stalen ligger de vrije hoogte reduceert en dat de stalen kolommen naast de bestaande betonkolommen ruimte innemen waardoor er wellicht parkeerplaatsen verloren gaan.

In het hoofdstuk 5 "Spanningen in het beton" is bepaald dat het totale moment op de constructie $M_{Ed, totaal} = 193 \text{ kNm}$ zal bedragen. Voor het opvangen van dit moment zal ten minste een HEA 260 toegepast worden. Dit betekent dat er onder de versterkte strook een hoogte van ten minste 260 mm verloren gaat.



Figuur 31: Staalconstructie onder vloer

Omdat de vrije hoogte meer dan 3 m is, zullen auto's alsnog onder de constructie door kunnen rijden maar omdat de begane grond al een vrij donkere ruimte is, zal door het toepassen van stalen balken de openheid van de begane grond nog meer verminderen. Omdat dit niet gewenst is, zullen andere mogelijkheden van het versterken van betonconstructies met minder vrijhoogte verlies bekeken worden.

6.2.2 Versterken met staalstrippen

Het versterken van een betonconstructie met staal is niet alleen mogelijk door het plaatsen van een stalen constructie, maar ook door middel van het verlijmen van stalen strippen.

Bij het versterken van een constructie met deze methode worden stalen strippen door middel van epoxylijm aan het betonoppervlak gelijmd. Voordat de strippen op de constructie gelijmd kunnen worden, moet eerst het betonoppervlak gereinigd, stof vrij gemaakt, en opgeruwd worden. De minimale hechtsterkte van het betonoppervlak moet na het opruwen 1,5 N/mm² zijn, dit is belangrijk voor de composietwerking, samenwerking, tussen het staal en het beton. De opneembare sterkte van de versterkte constructie is afhankelijk van de composietwerking omdat de optredende kracht van het beton overgedragen moet worden op de stalen strippen zodat deze de trekkracht ten gevolge van buiging op kunnen nemen.

Het voordeel van het verlijmen van staalstrippen is dat het materiaal goedkoop is. Hier staat tegenover dat tijdens het drogen van de epoxylijm de stalenstrippen ondersteund moeten worden totdat de lijm verhard is waardoor de materieel- en arbeidskosten verhogen. Een ander nadeel van staal is dat het materiaal niet corrosie- en niet brandbestendig is waardoor de staalstrippen afgewerkt of extra behandeld moeten worden. Bij brand zorgt niet alleen onbehandeld staal maar ook de epoxylijm voor problemen. Want bij temperaturen van hoger dan 60 °C verliest de epoxylijm sterkte waardoor er minder kracht kan worden overgedragen naar de stalen strippen en de constructie zou kunnen bezwijken.



Figuur 32: Staalstrippen ter versterking constructie, bron: www.edilonsedracontracting.com, Hellestraat Amersfoort, geraadpleegd op 18-09-2014

Voordelen	Nadelen
Goedkoop materiaal	Onderstempelen tijdens uitharden
Makkelijk te verankeren	Corrosiegevoelig
Rekbaar (waarschuwend vermogen)	Brandgevoelig
Uitzetting en krimp gelijk aan beton	Epoxylijm verliest sterkte bij brand
	Uitvoertijd

Tabel 2: Voor- en nadelen van versterken met staalstrippen

Het versterken van staal wordt al lange tijd toegepast voor het versterken van constructies. Een nieuwere methode die lijkt op dit principe is het verlijmen van koolstoflamellen.

6.2.3 Koolstof lijmwapening

De methode van het lijmen van koolstoflamellen voor het versterken van betonconstructies is net als het verlijmen van stalen strippen gebaseerd op de composietwerking tussen de lamellen en het beton. De koolstoflamellen worden net als de stalen strippen verlijmd met epoxylijm. Hierbij geldt dus ook dat de koolstoflamellen brandwerend bekleed moeten worden zodat de constructie geen sterkte verliest bij brand.



Figuur 33: Koolstoflamellen, bron: www.balmbv.nl, geraadpleegd op 16-09-2014

Koolstoflamellen zijn ideaal voor het vergroten van de sterkte van de constructie omdat het 5 tot 10 keer sterker is dan staal. Voordat er koolstoflamellen, nat of droog, aangebracht kunnen worden, moet het betonoppervlak gereinigd en opgeruwd worden zodat de hechtsterkte, net als bij het verlijmen van staalstrippen, ten minste 1,5 N/mm² bedraagt. Scheuren en oneffenheden in het betonoppervlak moeten opgevuld worden omdat er anders door verhoogde spanningen een grotere kans is op de onthechting van de lamellen.

Bij het overschrijden van de overdraagbare kracht van het beton naar de lamellen is er kans op onthechting van de lamellen. Doordat koolstoflamellen gevoelig zijn voor brosse breuk, gebeurt het bezwijken van een constructie zeer plotseling door onvoldoende rekbaarheid, ductiliteit, van de lamellen. Koolstoflamellen hoeven, anders dan staal, niet beschermd te worden tegen corrosie omdat het materiaal niet corrosie gevoelig is. Wel moeten de koolstoflamellen brandwerend bekleed worden om de constructieve veiligheid tijdens brand te garanderen.

Voordelen	Nadelen
Goede corrosie weerstand	Prijs van koolstoflamellen
Onbeperkt in lengte	Gevoelig voor vandalisme
Flexibel en licht in gebruik	Epoxylijm verliest sterkte bij brand
Mogelijk onder wisselende belastingen	Bros/niet rekbaar
Geringe dikte	Gladde ondergrond benodigd
Korte arbeidstijd	Kans op delaminatie bij einde uitwendige wapening
Sterker dan staal	

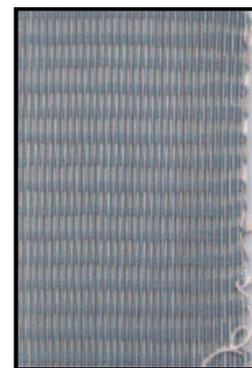
Tabel 3: Voor- en nadelen verlijmen van koolstof lijmwapening

Voor de toepassing van koolstoflijmwapening in dit project zullen de lamellen aan de onderzijde van de versterkte stroken worden gelijmd. De lamellen zullen in dit geval brandwerend bekleed moeten worden omdat een tweede draagweg in deze bestaande situatie moeilijk te realiseren is.

6.2.4 Bandweefsel

Het uitwendig versterken van constructies met bandweefsel is een relatief nieuwe methode dat een combinatie is van het versterken met staalstrippen en koolstoflamellen en wordt nu nog voornamelijk toegepast als asfaltwapening. Bandweefsel bestaat uit hoogwaardige staaldraden die door middel van een kunststofweefsel samengevoegd zijn waardoor er een flexibele strip ontstaat. Het bandweefsel wordt door middel van epoxylijm op de constructie gelijmd.

Door de lage prijs van het staal en de sterkte van de kunststofvezels ontstaat er een product dat vergelijkbaar is in prijs met staalstrippen en vergelijkbaar is met de flexibiliteit van koolstoflamellen. Een voordeel van dit product ten opzichte van koolstoflamellen is dat het een goed waarschuwend vermogen heeft door de ductiliteit van de staaldraden, hierdoor zijn er minder grote veiligheidsfactoren nodig in de berekeningen. Door de gevoeligheid van staal voor corrosie en brand en de wegvallende sterkte van de epoxylijm bij hoge temperaturen moet bandweefsel bij het versterken van een constructie afgewerkt worden zodat het niet vatbaar is voor de genoemde aspecten.



Figuur 34: Bandweefsel, bron: "Versterken van gewapend beton met bandweefsel", cement april 2005

Voordelen	Nadelen
Onbeperkt in lengte	Epoxylijm verliest sterkte bij brand
Flexibel en licht in gebruik	Vrij nieuw product, nog weinig ervaring mee
Geringe dikte	Te stijf voor ronde kolommen
Afwerkklagen mogelijk	Matige hechting
Korte arbeidstijd	Kans op delaminatie bij einde uitwendige wapening
Ductiel gedrag	
Lage materiaal kosten t.o.v. koolstoflamellen	

Tabel 4: Voor- en nadelen bandweefsel

Door het proefschrift van de Katholieke Universiteit Leuven⁶ is er informatie beschikbaar over het toepassen van bandweefsel als uitwendige wapening, echter is er nog geen bedrijf dat deze manier van uitwendig wapenen levert.

6.2.5 Koolstofwapening in spuitbeton⁷

Het bedrijf S&P Clever Reinforcement heeft een nieuwe manier van het uitwendig wapenen van betonconstructies met koolstof. De methode heet het ARMO-systeem en bestaat uit een koolstofnet ingebed in spuitbeton. Het ARMO-systeem is een methode om wanden, vloeren en kolommen te versterken door middel van een koolstofnet in spuitbeton. Het bestaat uit twee elementen, ARMO-mesh en ARMO-crete.



Figuur 35: ARMO-systeem, bron: S&P Clever Reinforcement

ARMO-mesh is een grid van glasvezel- en koolstofvezels met een maasnet van 20 mm bij 20 mm. Doordat het grid vrij ductiel is, ten opzichte van koolstoflamellen, heeft het materiaal een goed waarschuwend vermogen. De treksterkte van het materiaal is relatief hoog, 4300 N/mm², maar de effectief benutbare treksterkte wordt bepaald door de aanhechting van het grid aan het beton.

Het maatgevende mechanisme is het overschrijden van de rotatiecapaciteit. Omdat de trekkracht die het ARMO materiaal zou moeten leveren niet effectief op het beton wordt overgebracht reageert het systeem als een te licht gewapende constructie. De betondrukzone is nog lang niet maximaal aangesproken terwijl de doorsnede wel roteert door optredende scheurvorming. De doorsnede heeft dus een geringe stijfheid waardoor in het ontwerp de betondrukzone zal moeten worden gereduceerd.

ARMO-crete is het spuitbeton dat wordt gebruikt voor het aanbrengen van de koolstofnetten. Een dekking van 10 mm van de ARMO-crete is voldoende om 120 minuten brandwering te garanderen.

Het ARMO-systeem lijkt erg op het versterken van constructies met koolstoflijmwapening. Een groot nadeel van het versterken met koolstoflamellen, bandweefsel of staal-strippen is dat de lijm sterkte verliest bij brand. Bij het ARMO-systeem is dit niet het geval omdat de koolstofnetten ingebed worden in spuitbeton, waardoor de epoxylijm niet nodig is en het systeem niet apart beschermd hoeft te worden tegen brand.

Voordelen	Nadelen
Onbeperkt in lengte	Prijs van koolstofnetten
Flexibel en licht in gebruik	Vrij nieuw product, nog weinig ervaring mee
Geringe dikte	Minder sterk dan CFRP
Afwerkklagen mogelijk	Matige hechting
Korte arbeidstijd	Goede impregnering op de bouwplaats vereist
Goede verwerkbaarheid	Kans op delaminatie bij einde uitwendige wapening
Hoge carbonatatie weerstand	Gewichtstoename constructie door spuitbeton
Minimale water indringing	
3x hogere hittebestendigheid dan CFRP	
Geen epoxylijm benodigd	
Door spuitbeton extra dekking bestaande wapening	
Voldoende ductiel gedrag	

Tabel 5: Voor- en nadelen ARMO-systeem

⁶ Bron: Versterken van gewapend beton met bandweefsel, D. van Gemert, mei 2004

⁷ Bron: S&P Clever Reinforcement, www.sp-reinforcement.nl

6.2.6 Conclusie

Omdat de parkeergarage tijdens brand een hoge vuurbelasting heeft, zullen versterkingsmethoden gelijmd met epoxylijm brandwerend bekleed worden. Door de kosten hiervan is het voordeliger om het ARMO-systeem toe te passen. Dit product is in een vergelijkbare situatie al een keer succesvol toegepast in Nederland. Het grootste nadeel van het toepassen van het ARMO-systeem is de kans op onthechting van de koolstofnetten maar omdat hier in de ontwerpberekening goed rekening mee te houden is, is de kans dat delaminatie werkelijk optreedt zeer klein.

Aan de hand van deze bevindingen lijkt het ARMO-systeem op meerdere vlakken de beste oplossing. Doordat er geen epoxy-lijm gebruikt hoeft te worden, heeft dit voordelen voor de sterkte van de constructie tijdens brand. Door het toepassen van dit systeem kunnen de koolstofnetten makkelijk brandwerend gemaakt worden door het aanbrengen van een laag spuitbeton als afwerking. Er moet wel tijdens het ontwerp rekening gehouden worden met de gewichtstoename van de constructie door het spuitbeton.

Voordat het ARMO-systeem aangebracht kan worden, is het van belang om wapening vrij te hakken ter plaatse van de aangetaste constructie om te controleren of de wapening, in het verleden, gereinigd is voor het injecteren. Als blijkt dat de wapening niet gereinigd is, zal dit alsnog gedaan moeten worden om verdere uitbreiding van corrosie te voorkomen.

6.3 Vervangen aangetaste constructie

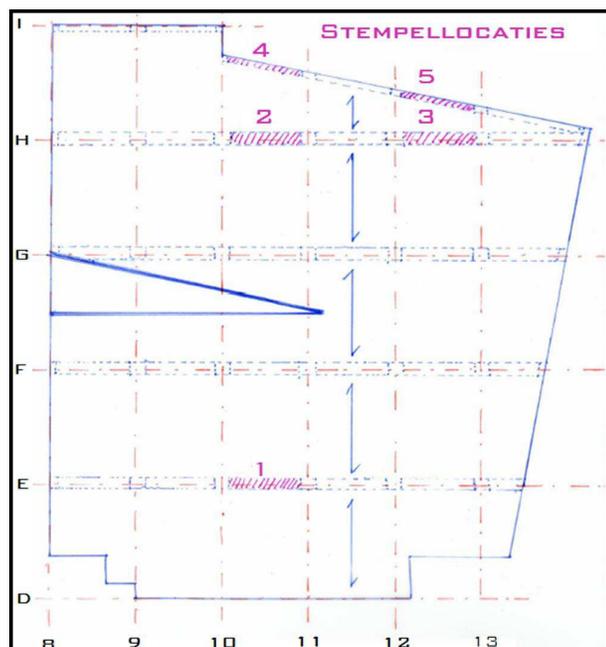
Doordat het ter plaatse van de gescheurde versterkte stroken niet duidelijk is hoeveel voorspanstrengen gebroken zijn, zal de constructie hersteld en versterkt moeten worden. Een andere mogelijkheid is om de aangetaste constructie te slopen en weer op te bouwen. In deze paragraaf wordt deze laatste mogelijkheid besproken. Hierbij zullen ook de kosten van deze optie bepaald worden waarna op basis van kosten en duurzaamheid een afweging wordt gemaakt tussen versterken of slopen.

6.3.1 Afmetingen aangetaste constructie

De garage is opgebouwd uit kolommen met versterkte stroken en voorgespannen breedplaatvloeren die hier haaks op liggen.

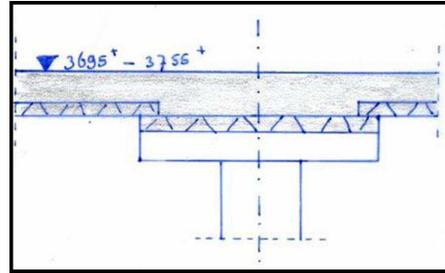
Op de afbeelding hieronder is een overzicht van de parkeergarage op de begane grond te zien.

De dikte van de verdiepingvloer is 260 mm ter plaatse van de versterkte strook en 210 mm in het midden van het veld ten behoeve van het afschot. De versterkte stroken zijn 330 mm dik en 1200 mm breed en liggen in dit gedeelte van de garage op de stramien D, E, F, G, H en I. De versterkte stroken worden ondersteund door betonkolommen van 400 x 400 mm.



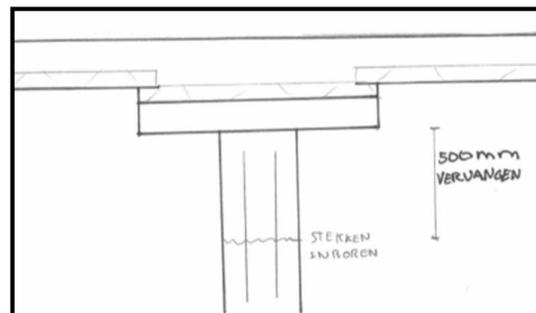
Figuur 36: Overzicht stempellocaties begane grond

Omdat de versterkte stroken maar op een paar locaties ernstig zijn aangetast is het niet nodig om de hele strook te vervangen. Echter, doordat er voorgespannen staven in de versterkte stroken liggen, is het niet mogelijk om een deel weg te zagen. Dit betekent dat de hele strook dan verwijderd moet worden en omdat de vloeren en de stroken aan elkaar gestort zijn, zie afbeelding 37, zouden de vloeren ook gesloopt moeten worden. Vervolgens moeten er nieuwe versterkte stroken en vloeren aangebracht worden.



Figuur 37: Detail vloer-strook-kolomkop-kolom

Aangezien de conditie van de meeste versterkte stroken en vloeren goed is, zou het overbodig zijn om de hele vloer van het parkeerdek te vervangen. Door het slopen van de vloeren en versterkte stroken is het waarschijnlijk dat de kolommen ook beschadigd zullen raken waardoor een deel van bovenzijde van de kolommen vervangen moet worden.



Figuur 38: Vervangen deel kolom

Voor het repareren en versterken van de constructie is dit geen duurzame oplossing omdat er onderdelen verwijderd moeten worden die nog prima functioneren. Hierdoor gaat er veel materiaal verloren en door de arbeidstijd die in deze optie gaat zitten zal het ook niet de meest economische wijze zijn voor het herstellen van de constructie.

6.4 Slopen en vervangen of herstel?

Voor het verbeteren van de aangetaste betonconstructie zal in deze paragraaf een afweging gemaakt worden tussen de sloop van een deel van de constructie met de herbouw of het herstel en versterken van de beschadigde constructie. Deze twee mogelijkheden zijn vergeleken op basis van duurzaamheid en kosten.

Als eerste zullen de kosten van beide mogelijkheden bepaald worden waarna de duurzaamheid bekeken zal worden.

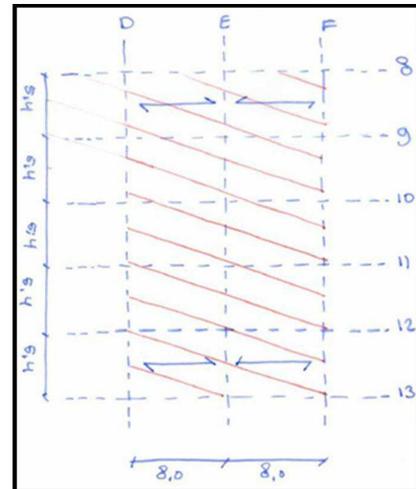
6.4.1 Kosten slopen

Ter plaatse van de stempels zullen de volledige versterkte stroken gesloopt moeten worden, dit betekent dat de vloeren die hier op liggen ook verwijderd zullen moeten worden. De stempels staan onder drie versterkte stroken, stramien E, H en I. In dit onderdeel wordt globaal bekeken wat de kosten voor het slopen van de constructie zijn en daarvoor is het oppervlakte van het te slopen deel vloer bepaald.

Breedte strook	1,2 m
Lengte strook E (5x5,4 m)	27 m
Lengte strook H	27 m
Lengte strook I	26 m
H.o.h. maat stramien	8 m

Tabel 6: Afmetingen constructie

De vloeren die op deze stroken liggen zullen ook gesloopt moeten worden. Omdat de vloeren van strook H ook op strook I liggen, tellen deze niet apart mee voor het oppervlak.



Figuur 39: Overzicht te slopen oppervlakte stramien E

Oppervlakte te slopen beton	(Lengte E + lengte H) * h.o.h.	
	$((5*5,4) + (5*5,4)) * 8 =$	432 m ²

Tabel 7: Te slopen oppervlakte

Volgens Bouwkosten⁸ moet er voor het slopen van een betonnen verdiepingsvloer van ongeveer 200 mm dik een prijs gerekend worden van €77,07 per m².

Prijs / m ²	Oppervlakte m ²	Totaal
€ 77,07	432	€ 33.294,24

Tabel 8: Kosten per m², bron: Bouwkosten

Bij deze prijs zit inbegrepen het maken van brokstukken, wapening knippen, afval naar begane grond transporteren en het afval op een auto laden. De ploeg bestaat uit een kraanmachinist sloper, een kraanmachinist prikker, een of twee personen voor het branden of snijden van de wapening en een hulp voor het laden van de auto's.

Omdat de prijs voor het slopen van het beton ook van locatie en bereikbaarheid afhangt, is het bedrijf Hein Heun Sloopwerken⁹ benaderd voor het bepalen van een nauwkeurige prijs. Voor een verdiepingsvloer van 432 m² in de binnenstad vragen zij 50 tot 65 euro per vierkante meter, zie bijlage 6.

Prijs / m ²	Oppervlakte m ²	Totaal
€ 65	432	€ 28.080,00

tabel 9: Kosten m², bron: Hein Heun Sloopwerken

Als dit bedrijf ingeschakeld wordt voor het slopen van het parkeerdek zal de prijs maximaal €28.080,00 zijn. Deze prijs is inclusief personeel en het afvoeren van het afval en exclusief het aanbrengen van een nieuwe vloer.

Omdat de prijs van het slopen naar verwachting veel hoger is dan de kosten van het aanbrengen van het ARMO-systeem worden de kosten voor het aanbrengen van een nieuwe constructie niet berekend.

⁸ Bron: Bouwkosten, www.bouwkosten.nl, geraadpleegd op 15-09-2014

⁹ Bron: Hein Heun Sloopwerken, www.heinheun.nl, contactpersoon dhr. J. Drenthen, 19-09-2014

6.4.2 Kosten ARMO-systeem (S&P)

De constructie moet ter plaatse van de stempels tussen de kolommen versterkt worden. De breedte van de stroken is 1,2 m, de lengte van de stroken tussen de kolommen is 4,2 m. Per stempel is er een oppervlakte van $1,2 \times 4,2 = 5 \text{ m}^2$. De constructie zal op 5 locaties versterkt moeten worden, dit geeft een totale herstel oppervlakte van $5 \times 6,48 = 32,4 \text{ m}^2$.

Oppervlakte versterkte stroken			Aantal stroken te repareren		
b =	1,2	m	n =	5	
l =	4,2	m	Totaal te repareren oppervlakte		
Opp. =	5,0	m ²	Oppervlakte =	25	m ²

Tabel 10: Oppervlakte te repareren

Voor een oppervlakte van 25 m² geldt een vierkante meter prijs van €76. Deze kosten zijn opgegeven door de leverancier, van het ARMO-systeem, S&P Clever Reinforcement.

De totale prijs voor het toepassen van dit product is dan $25 \times €76 = €1.900,00$

Voordat het ARMO-systeem aangebracht kan worden, zal de aangetaste wapening plaatselijk gereinigd moeten worden. Voor het reinigen van de wapening wordt een prijs van 100 euro per vierkante meter aangehouden. Omdat er niet precies bekend is hoe erg het beton is aangetast, wordt er vanuit gegaan dat het gehele oppervlakte van de aangetaste stroken gereinigd moet worden.

Oppervlakte te reinigen	Prijs	Totale prijs reinigen
25 m ²	€ 100 / m ²	€ 2.500

Tabel 11: Prijs reinigen wapening

Totaal kosten ARMO, aanbrengen + reinigen	
Totaal = €1.900 + €2.500 =	€ 4.400

Tabel 12: Totale kosten ARMO-systeem

Deze vierkante meter prijs is gebaseerd op het toepassen van een dikte van 4 cm. Voor dit project wordt verwacht dat er twee lagen ARMO-systeem worden toegepast met een totale dikte van ongeveer 2,5 cm. De dikte en het aantal lagen van het ARMO-systeem wordt bepaald in paragraaf 6.5 "Berekening ARMO-systeem".

6.4.3 Conclusie kosten

Als de beschadigde constructie gesloopt en vervangen wordt, zullen de totale kosten oplopen tot boven de €28.000. Deze prijs is exclusief het aanbrengen van een nieuwe constructie. De uitvoering van het ARMO-systeem en de kosten hiervan zullen ongeveer €4.400 worden. Door deze uitkomst is het waarschijnlijk dat het ARMO-systeem beter uit de multicriteria analyse zal komen in de volgende subparagraaf.

6.4.4 Multicriteria analyse

De keuze tussen het slopen of herstellen van de aangetaste constructie wordt gemaakt met behulp van een multicriteria analyse. De beide systemen worden op de volgende onderwerpen getest, namelijk bouwsnelheid, levensduur, duurzaamheid, kosten en milieuclassificatie.

Als het systeem goed scoort op een onderdeel krijgt het een plus, scoort het slecht een min en als het neutraal scoort krijgt het systeem een nul.

6.4.4.1 Bouwsnelheid

Voor het aanbrengen van het ARMO-systeem moet eerst het betonoppervlak opgeruwd worden voordat het spuitbeton aangebracht kan worden. Als de eerste laag spuitbeton is aangebracht kan daar het eerste koolstofnet ingelegd worden voor de eerste laag, vervolgens kan er weer een laag spuitbeton aangebracht zonder dat de eerste laag uitgehard hoeft te zijn. Hierdoor zal de uitvoering van het ARMO-systeem niet meer dan een week in beslag nemen, waarin de meeste tijd gaat zitten in het volledig uitharden van het spuitbeton.

Voor de andere optie zal het aanbrengen van de nieuwe vloer en overige constructiedelen veel tijd in beslag nemen.

Het ARMO-systeem zal hierdoor veel sneller zijn en scoort hierdoor beter in de multicriteria analyse.

6.4.4.2 Levensduur

De levensduur van beide varianten zal ongeveer gelijk zijn. Door het vervangen van de constructie of het versterken ervan wordt de levensduur verlengd met ten minste 25 jaar. Dit is gebaseerd op de beoogde levensduur van 50 jaar tijdens het ontwerp. Het gebouw is gebouwd in 1989.

6.4.4.3 Duurzaamheid

Voor de duurzaamheid is er bekeken hoeveel materiaal er hergebruikt kan worden. Als er voor het slopen van de betonvloer wordt gekozen, dan moet er een groot gedeelte van de nog in goede staat verkerende vloer gesloopt worden. Bij de toepassing van het ARMO-systeem kan de huidige constructie bewaard blijven en hoeft deze alleen plaatselijk versterkt te worden.

6.4.4.4 Kosten

Alleen het slopen van de betonvloer zal al circa €28.000 gaan kosten hierbij komen nog de kosten voor het plaatsen van een nieuwe vloer, een versterkte strook en kolommen. Het slopen van de vloer en vervolgens het maken van een nieuwe vloer is door de kosten eigenlijk al geen optie. Het ARMO-systeem is doordat het plaatselijk toegepast wordt in ieder geval een stuk goedkoper.

6.4.4.5 Milieuclassificatie

Voor de milieuclassificatie van beide methoden is er contact opgenomen met Nibe¹⁰. Het plaatsen van een nieuwe breedplaatvloer valt in milieuklasse 3a en is daarmee milieutechnisch een aanvaardbare keuze, zie bijlage 7.

Voor de milieuclassificatie van koolstoflijmwapening of het ARMO-systeem is bij Nibe nog geen informatie beschikbaar, maar aan de hand van bekende gegevens over composieten bestaande uit koolstofvezels is de milieu classificatie vergeleken.

Koolstofcomposieten werden altijd geproduceerd met open mallen waardoor er veel styreendampen vrijkomen tijdens de productie. Ondertussen zijn de technieken voor het produceren aangepast en worden nu gesloten mallen gebruikt waardoor er geen giftige dampen vrijkomen tijdens de productie. Omdat koolstofcomposieten nog niet goed te recyclen zijn, heeft dit een slechte invloed op de milieuclassificatie. Hier staat tegenover dat koolstofcomposieten heel sterk en goed bestand tegen aantasting zijn waardoor ze lang mee gaan.

Een breedplaatvloer is volgens Nibe tot 97% recyclebaar, de koolstofcomposieten zijn niet tot nauwelijks recyclebaar waardoor deze op dit punt slechter scoren dan de breedplaatvloer.

6.4.4.6 Multicriteria analyse

Onderdeel	Slopen en nieuwbouw	Herstel m.b.v. ARMO-systeem
Bouwsnelheid	-	+
Levensduur	+	+
Duurzaamheid	-	+
Kosten	-	+
Milieuclassificatie	+	-
Totaal	-1	+3

Tabel 13: Multicriteria analyse

6.4.5 Conclusie

Zoals van te voren, op basis van duurzaamheid en kosten, al was verwacht komt het ARMO-systeem het beste uit de multicriteria analyse. Het vervangen van de aangetaste constructie is omslachtig omdat hierdoor ook goede vloeren gesloopt en vervangen moeten worden. Hierdoor zouden er niet alleen veel arbeidsuren in zitten maar ook veel extra kosten door het slopen en vervangen van goede constructie onderdelen. Het toepassen van het ARMO-systeem aan de onderzijde van de versterkte stroken is een simpele en snelle methode en hierdoor op meerdere aspecten duurzamer dan de andere methodes.

¹⁰ Bron: Nibe, www.nibe.info, www.nibe.org

6.5 Berekening ARMO-systeem

Uit de rapportages van de afgelopen jaren is gebleken dat de conditie van de versterkte stroken in het ongeïsoleerde deel achteruit gaat. Sinds 2011 worden de versterkte stroken in as E, tussen stramien 10-11, as H en I, tussen stramien 10-11 en stramien 12-13, onderstempeld omdat de veiligheid van de constructie niet meer gegarandeerd kon worden. Ook is het bovenliggende parkeerdek afgesloten zodat de versterkte stroken niet meer belast worden.

Door de schade aan de constructie kan een groot deel van het parkeerdek op de eerste etage niet gebruikt worden. Om de constructie te herstellen zijn in paragraaf 6.2 “Versterken beschadigde constructie” afwegingen gemaakt tussen verschillende methoden. Het ARMO-systeem is uiteindelijk gekozen omdat het relatief makkelijk en snel aan te brengen is en met een dekking van 10 mm een brandveiligheid van 120 minuten kan garanderen.

In deze paragraaf zal bepaald worden hoeveel lagen van het ARMO-systeem toegepast moeten worden om de constructie weer in gebruik te kunnen nemen.

Hiervoor zullen eerst de uitgangspunten bepaald worden en vervolgens zal door middel van een software programma van de leverancier S&P Clever Reinforcement de sterkte van het ARMO-systeem bepaald worden. Omdat over het ARMO-systeem, afgezien van de software, weinig bekend is over de rekenmethodes kan deze berekening niet handmatig gecontroleerd worden.

6.5.1 Uitgangspunten

Zowel in de versterkte strook in as E als de versterkte strook in as H en I is op meerdere plaatsen de voorspanwapening ernstig aangetast en op sommige plaatsen zelfs gebroken. Omdat het moeilijk te bepalen is hoeveel van de wapening nog werkt, wordt ervan uitgegaan dat de voorspanstrengen in de versterkte stroken geen belasting meer opnemen. Hiervoor wordt het ARMO-systeem berekend op de volledige permanente- en veranderlijke belasting.

Het moment ten gevolge van de permanente- en veranderlijke belasting is bepaald in de bijlage 3 en is ter plaatse van de scheuren in de versterkte strook $M_{Ed}=119$ kNm.

In paragraaf 5.2 “Temperatuurspanningen in het beton” is bepaald dat er ten gevolge van het temperatuurverschil tussen buiten en binnen in de winter extra spanningen in de constructie aanwezig zijn. Deze temperatuurspanningen veroorzaken een bijkomend moment in de versterkte strook. Door het isoleren van de bovenzijde van het parkeerdek kan het maximaal bijkomende moment gereduceerd worden van $M_{bij}=134$ kNm naar $M_{bij}=31$ kNm. Om te voorkomen dat er in de toekomst, door het bijkomende moment, wederom scheuren in de constructie ontstaan, zal het maximaal bijkomende moment meegenomen in de berekening voor het ARMO-systeem.

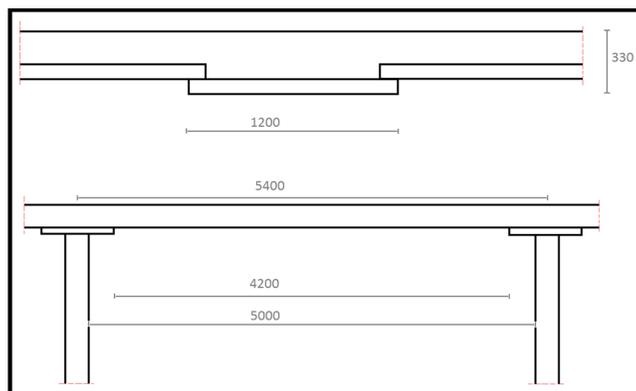
Het totale moment op de constructie is:

$$M_{\text{totaal}} = M_{Ed} + M_{\text{temp}} = 119 + 31 = 150 \text{ kNm}$$

Het moment dat de stroken maximaal op kunnen nemen volgens het oorspronkelijke ontwerp is $M_{Rd} = 194,5$ kNm. De berekening hiervan is te zien in bijlage 3.

Het ARMO-systeem wordt enkel toegepast op de locaties die nu onderstempeld zijn, hierbij wordt er aangenomen dat de overige versterkte stroken in dit gedeelte van het parkeerdek niet aangetast zijn omdat er geen ernstige schade te zien is. Door het toepassen van isolatie aan de bovenzijde van het parkeerdek zullen de bijkomende momenten door de temperatuurspanningen afnemen waardoor het door de voorspanwapening opneembare trekspanningen niet meer overschreden worden.

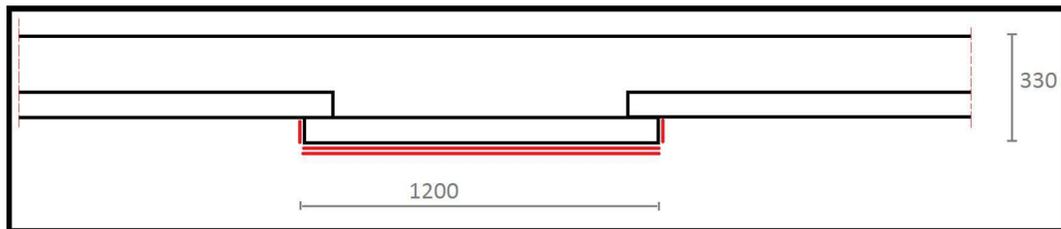
Het toepassen van het ARMO-systeem, zoals op afbeelding 40 te zien is, is mogelijk aan de onderzijde van de versterkte strook tussen de kolomkoppen.



Figuur 40: Afmetingen versterkte strook

Voor het bepalen van de hoeveelheid lagen van het ARMO-systeem is software van de leverancier S&P Clever Reinforcement gebruikt. Het programma berekent op basis van het optredende moment de hoeveelheid benodigde koolstofnetten uit en vervolgens wordt bepaald hoeveel verankering er nodig is.

Omdat de strook oorspronkelijk berekend is op een $M_{rd}=194,5$ kNm is met behulp van het software programma bepaald hoeveel lagen ARMO nodig zijn. In bijlage 8 is te zien dat bij een moment van 194,5 kNm er aan de onderkant van de strook twee lagen benodigd zijn en aan beide zijkanten één laag. De dikte van de strook onder de vloer is 70 mm.



Figuur 41: Benodigde ARMO voor $M = 194,5$ kNm

Op afbeelding 41 is te zien dat als het ARMO-systeem ook aan de zijkanten, 70 mm hoog, van de strook dat die maar om een klein oppervlakte zal gaan. De vraag hierbij is hoeveel deze kleine oppervlaktes op kunnen nemen in verhouding tot de twee lagen van het ARMO-systeem aan de onderzijde met een breedte van 1200 mm.

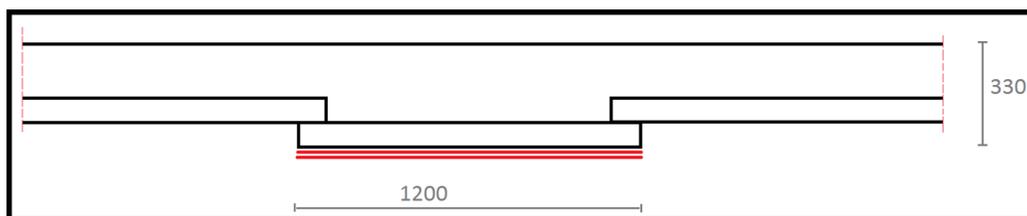
Hiervoor wordt er bekeken hoeveel het ARMO-systeem kan opnemen als de oppervlaktes aan de zijkanten niet gebruikt worden.

In bijlage 9 is te zien dat de versterkte strook met twee lagen ARMO-systeem aan de onderzijde 193 kNm kan opnemen. De versterkte strook zonder de zijkanten bekleed met het ARMO-systeem kan maar een moment van 1,5 kNm minder opnemen.

Het maximaal optredende moment ten gevolge van de permanente- en veranderlijke belasting en de temperatuurspanningen is $M_{\text{totaal}} = 150$ kNm. Dit moment zal in beide gevallen goed opgenomen kunnen worden door het ARMO-systeem.

Het verschil tussen het opnemen van een moment van 194,5 kNm of een moment van 193 kNm is maar 1,5 kNm. Een verschil van 1,5 kNm op een moment van 194,5 is maar 0,77 %. In beide gevallen zal een moment van 150 kNm makkelijk opgenomen kunnen worden door het ARMO-systeem. En omdat een verschil van 1,5 kNm maar een klein percentage is, is het voldoende om het ARMO-systeem alleen aan de onderzijde van de strook toe te passen.

Voor de versterkte stroken in as E (stramien 10-11), H en I (stramien 10-11 en 12-13) plaatselijk in twee lagen onder de versterkte strook worden toegepast, zie afbeelding 42.



Figuur 42: Benodigde ARMO voor $M = 193$ kNm

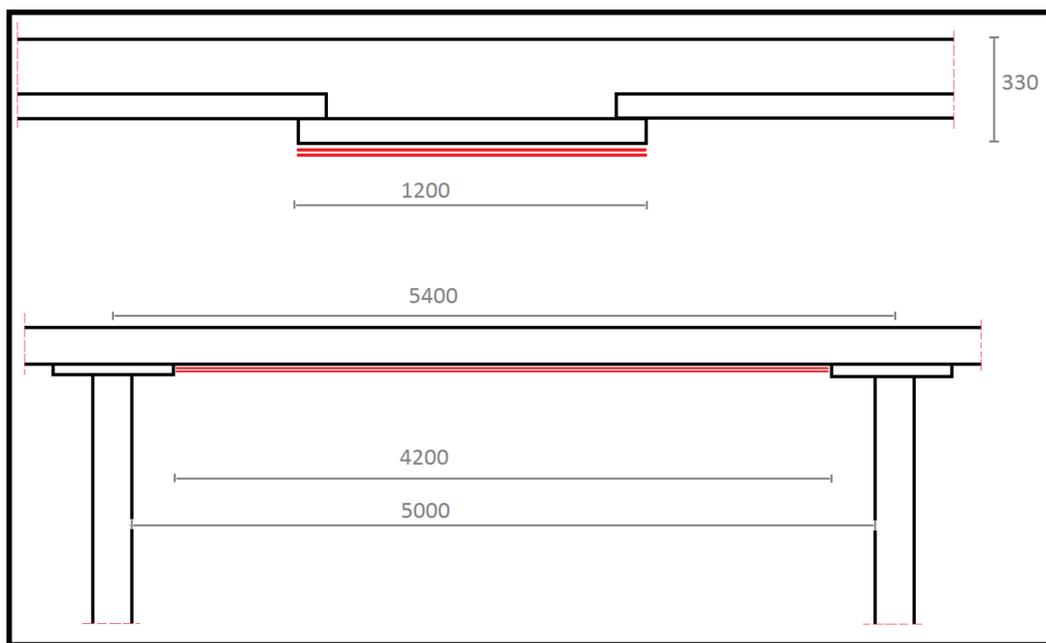
6.5.2 Uitvoering

Op de delen van de versterkte stroken waar het ARMO-systeem toegepast moet worden, staan in de huidige situatie stempels. Voor het aanbrengen van het ARMO-systeem moeten de stempels weggehaald worden zodat het betonoppervlak bewerkt kan worden.

De verwachting is dat het weghalen van de stempels geen direct gevaar oplevert voor de constructieve veiligheid. Omdat de bovenzijde van het parkeerdek afgesloten is voor gebruikers wordt de versterkte strook enkel belast door het eigen gewicht van de constructie en omdat de versterkte stroken in het verleden niet bezweken zijn en ook geen opvallende doorbuiging vertonen, wordt ervan uitgegaan dat voor het aanbrengen van het ARMO-systeem de stempels verwijderd kunnen worden.

Voordat de eerste laag spuitbeton aangebracht kan worden, moet het betonoppervlakte gereinigd en gecontroleerd worden op lossen delen. Indien er lossen delen beton aan de versterkte strook hangen, moeten deze verwijderd worden waarna het betonoppervlakte gereinigd kan worden.

Na het aanbrengen van de eerste laag spuitbeton kan het eerste koolstofnet in het natte spuitbeton gelegd worden. De eerste laag hoeft niet droog te zijn voordat de tweede laag wordt aangebracht, dus direct na het aanbrengen van het eerste koolstofnet kan de tweede laag spuitbeton aangebracht worden. In de nog natte tweede laag spuitbeton wordt het tweede koolstofnet aangebracht en vervolgens afgewerkt met een 10 mm dikke laatste laag spuitbeton.



Figuur 43: Toepassen ARMO onder strook afmetingen

6.5.3 Conclusie

In de berekening van S&P Clever Reinforcement is te zien dat er voor een moment van 193 kNm twee lagen ARMO-systeem nodig zijn. In as E zal de versterkte strook tussen stamien 10-11 versterkt worden met twee lagen ARMO-systeem met een dikte van 15 mm. De breedte is 1200 mm en de lengte tussen de kolomkoppen is 4200 mm. De versterkte strook in as H en I tussen stamien 10-11 en stamien 12-13 zal op dezelfde wijze versterkt worden.

7 Ontwerp garage

Om het nieuwe ontwerp van de parkeergarage te laten slagen, zal het moeten voldoen aan het huidige gewenste comfort. Hiervoor moet het nieuwe ontwerp voldoen aan het bouwbesluit en aan de NEN 2443. Hiervoor zullen de afmetingen van de parkeerplaatsen, de hellingbanen en de brandveiligheid van de garage getoetst worden.

Als eerst zullen de eigenschappen van de parkeergarage en verbeterpunten besproken worden.

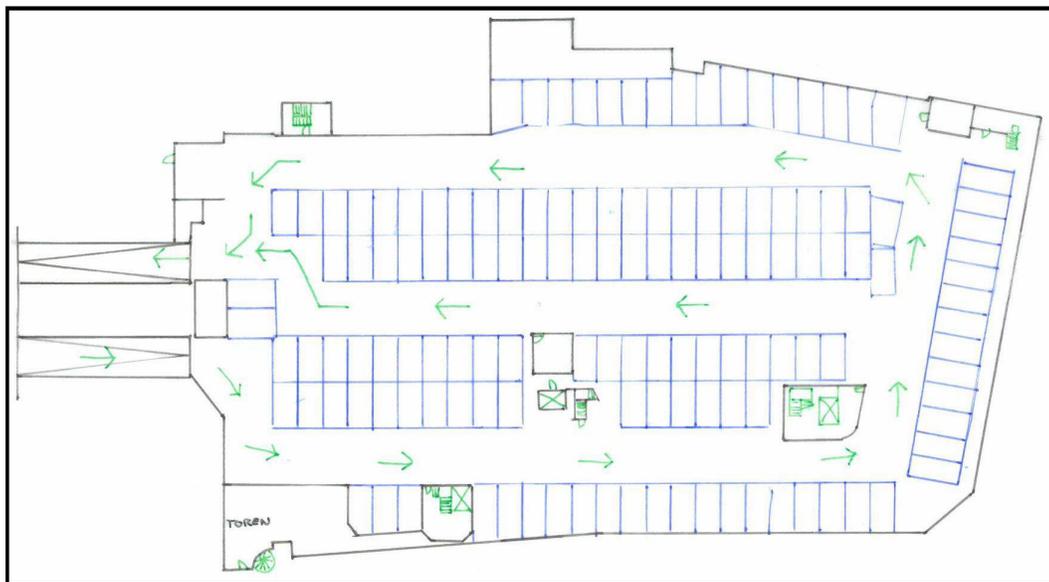
7.1 Huidige situatie

In de huidige situatie bevindt zich aan de Binnensingel een in- en uitrit naar de parkeergarage in de kelder. Deze parkeerruimte is alleen toegankelijk voor vergunninghouders. De hellingbaan naar de kelder lijkt net zoals de hellingbaan naar het parkeerdek, ook aan de Binnensingel, erg steil.

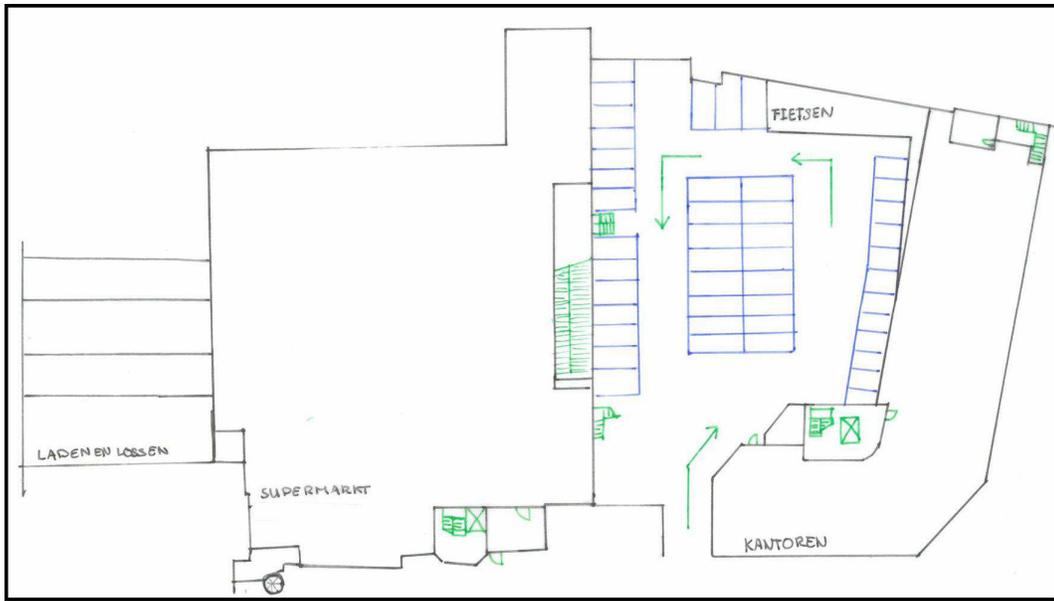
Op de begane grond bevindt zich een supermarktruimte die al een aantal jaren leeg staat. Verder is er op de begane grond een kantoorruimte aan de Smedenstraat en een parkeerruimte voor openbaar gebruik. Omdat de supermarktruimte al een tijd leeg staat, wil de gemeente Deventer bij renovatie van de parkeergarage deze ruimte herinrichten tot parkeermogelijkheid.

Het parkeerdek is deels ingericht voor vergunninghouders en deels voor openbaar gebruik. Het parkeerdek loopt door tot onder de kantoren en is dus deels overdekt. Dit overdekte gedeelte is bestemd voor vergunninghouders van voornamelijk de bovenliggende kantoren. Door de betonschade is het gedeelte boven de aangetaste constructie afgesloten. De parkeerruimte boven de supermarkt is wel toegankelijk.

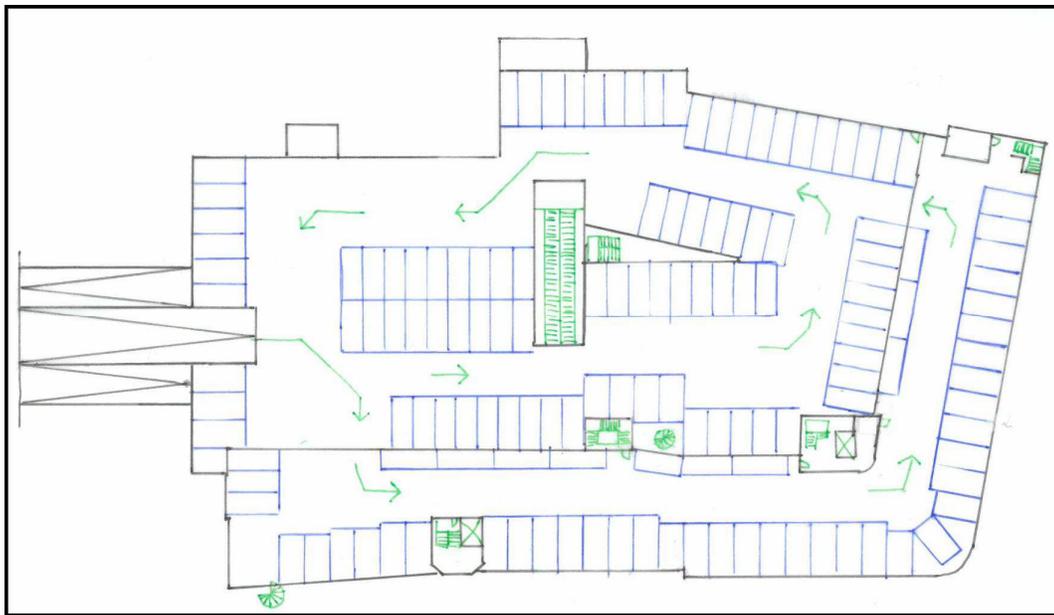
Op afbeelding 44 tot en met 46 is de huidige indeling van de parkeergarage te zien.



Figuur 44: Kelder bestaand



Figuur 45: Begane grond bestaand



Figuur 46: Eerste verdieping bestaand

7.2 Ontwerp

Voordat er een ontwerp gemaakt kan worden van de parkeergarage om de logistiek te verbeteren en de supermarkt bij het parkeeroppervlakte te betrekken moet er eerst bepaald worden of de hellingbanen, naar de kelder en het parkeerdek, voldoen aan de huidige eisen.

7.2.1 Hellingbanen

Vanaf de Binnensingel is er op straatniveau een hellingbaan naar het parkeerdek op de eerste etage en twee hellingbanen naar de parkeergarage op kelderniveau. De parkeergarage in de kelder is in de huidige situatie alleen toegankelijk voor vergunninghouders.

De hoogte die de hellingbaan naar de kelder moet overbruggen vanaf maaiveld is 2,52 m.

De hoogte die de hellingbaan naar het parkeerdek moet overbruggen is 3,62 m. Beide hellingbanen hebben een lengte van 19 m.

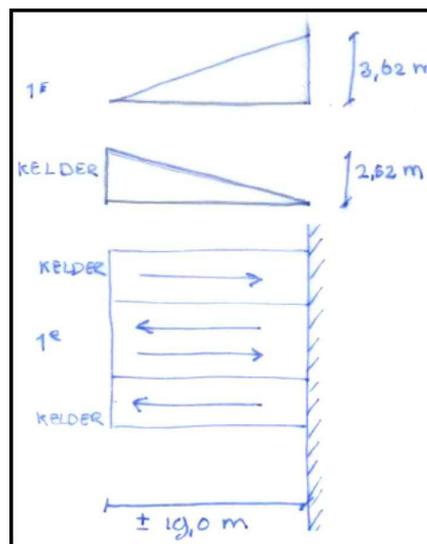
De NEN 2443¹¹ geeft een maximaal toelaatbare hellingspercentage aan en een gewenste hellingspercentage aan.

Het maximaal toegestane hellingspercentage bij een hellingbaan van 19 m lengte is 14,2 %. Het gewenste hellingspercentage is bij deze lengte 11%.

In tabel 14 is te zien dat de hellingbanen naar de kelder een hellingspercentage hebben van 13,3 % en voldoen daarmee aan de maximaal toegestane hellingspercentage volgens de NEN 2443. De hellingbanen voldoen hiermee niet aan het gewenste hellingspercentage.

De hellingbaan naar het parkeerdek is met een hellingspercentage van 19,2 % te steil volgens de NEN 2443. Voor deze hellingbaan moet een andere oplossing bedacht worden zodat deze gaat voldoen aan de eisen. Hiervoor is een mogelijkheid om een nieuwe hellingbaan te bouwen die minder steil en dus langer wordt of om een autolift toe te passen voor de toegang van het parkeerdek.

Omdat de hellingbanen naar de kelder aan de eisen voldoen, hoeft hier in principe geen nieuwe voor ontworpen te worden tenzij een andere oplossing beter bij het nieuwe ontwerp zou passen.



Figuur 47: Afmetingen bestaande hellingbanen

Hellingbaan naar	Hoogte m	Lengte m	Percentage %	Toegestane percentage %	Gewenste percentage %
Kelder	2,52	18,9	13,3%	14,2%	11%
Eerste etage	3,62	18,9	19,2%	14,2%	11%

Tabel 14: Hellingspercentage bestaande hellingbanen

Als de hellingbanen aangepast worden, zullen deze zodanig ontworpen worden dat ze voldoen aan het gewenste hellingspercentage van 11 %. In tabel 2 is te zien welke lengte de hellingbanen dan minimaal moeten hebben. Voor de hellingbaan naar het parkeerdek is de benodigde lengte voor een hellingspercentage van 11% afgerond 33 m. Voor de hellingbaan naar de kelder zal dit minder zijn, namelijk 23 m.

Benodigd	Hoogte m	Percentage %	Lengte m	Toepassen m
Kelder	2,52	11,0	22,9	23
Eerste etage	3,62	11,0	32,9	33

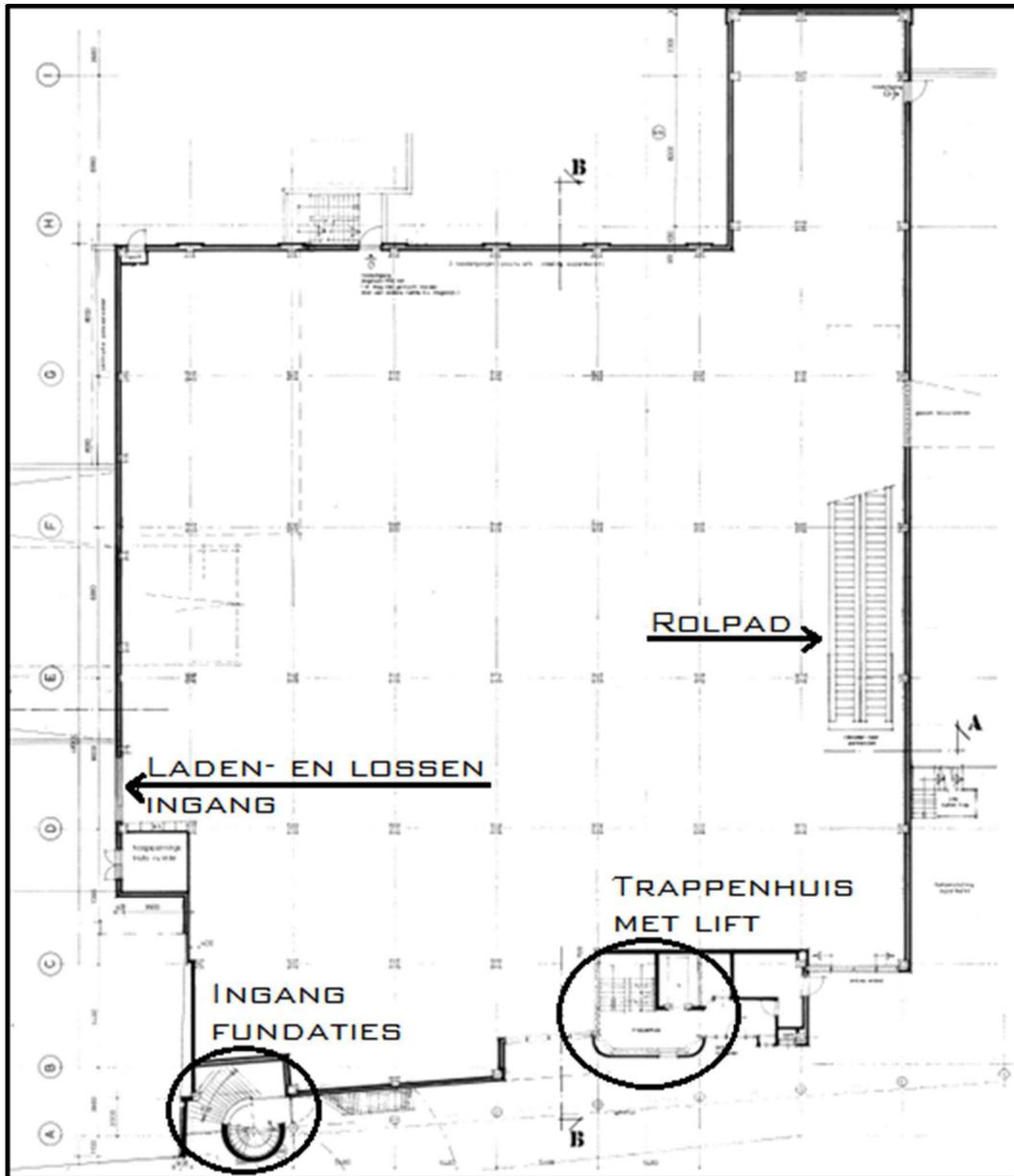
Tabel 15: Toe te passen hellingbaanlengte

¹¹ NEN 2443 Parkeren en stallen van personenauto's op terreinen en in garages, april 2000

Voor de hellingbaan naar het parkeerdek zal of een nieuwe hellingbaan gebouwd moeten worden of er moet een andere oplossing bedacht worden, zoals een autolift, die de hellingbaan kan vervangen. De hellingbanen naar de kelder hoeven niet vervangen te worden, maar hierdoor zou het wel mogelijk zijn om het comfort van de garage te verbeteren.

7.2.2 Supermarkt

In de plannen van de gemeente Deventer staat dat bij het renoveren van de parkeergarage, de supermarkt bij het parkeeroppervlakte wordt betrokken. Dit heeft als reden dat de ruimte al een aantal jaren leeg staat en dat er geen behoefte meer is aan een supermarkt op deze locatie. Op afbeelding 48 is de bouwkundige plattegrond van de supermarkt te zien.



Figuur 48: Bouwkundige plattegrond supermarkt

De supermarkt heeft een hoofdentree voor bezoekers aan de Gibsonstraat. Achter deze entree is een automatische rolbaan voor winkelkarretjes naar het parkeerdek en een lift naar de kelder. Aan de Binnensingel is een achteringang van de supermarkt waar ruimte is voor laden en lossen. Deze ruimte bevindt zich rechts naast de hellingbanen naar de kelder en het parkeerdek. De winkel is door een spouwmuur gescheiden van de parkeerruimte op de begane grond. Zoals te zien is op de afbeelding is de stramienmaat hetzelfde als bij de andere delen van het gebouw. Dit betekent dat de kolomafstand niet afwijkend is van de rest, waardoor deze ruimte goed ingericht kan worden tot parkeergarage. Een andere beperking zou de verkeersbelasting kunnen zijn waar de vloer op berekend is. Maar in de gewichtsberekening van JVZ staat dat er in 1989 gerekend is met een veranderlijke vloerbelasting van 8,0 kN/m². Aangezien de veranderlijke vloerbelasting voor verkeer tot 25 kN volgens de Eurocode 2,0 kN/m² is, zal dit geen consequenties hebben voor de constructie. Voor het veranderen van de supermarkt naar parkeergarage is het nodig om de scheidingswand weg te halen. De lengte van de scheidingswand is 46,7 m. Verder zullen de tegels op de vloer weggehaald moeten worden en het betonoppervlak zal egaal gemaakt moeten worden. De betondekking die ter plaatse van de supermarkt is aangehouden is 35 mm en dat is voldoende voor een betonvloer die in aanraking kan komen met dooizouten en vocht.

Voor het inrichten van de supermarkt tot parkeergarage, wordt dit oppervlakte bij de parkeerruimte op de begane grond gevoegd. Hiervoor moet de geïsoleerde spouwmuur afgebroken worden. Voor de constructie is dit geen probleem omdat het geen dragende muur is. Omdat voor de parkeergarage de rolbaan onnodig is en veel ruimte inneemt op zowel de begane grond als op het parkeerdek zal deze weggehaald moeten worden. Door het slopen van de scheidingswand en de rolbaan ontstaat er één grote ruimte op te begane grond. De huidige ingang voor de parkeergarage op de begane grond is nu in de Gibsonstraat. Doordat de supermarkt nu ook parkeerruimte wordt, is het een mogelijkheid om de ingang aan de Binnensingel te maken zodat het verkeer niet door de Gibsonstraat hoeft.

In de huidige situatie is er in de parkeergarage geen hoofdingang voor voetgangers. Zoals te zien is op de bouwkundige plattegrond van de supermarkt is er aan de Gibsonstraat een trappenhuis met lift als entree voor de kantoren. Vanaf de kelder en het parkeerdek is dit trappenhuis ook te bereiken. Als dit trappenhuis vanaf de Gibsonstraat ook toegankelijk wordt gemaakt voor gebruikers van de parkeergarage, met een betaalautoomaat, kan dit trappenhuis goed gebruikt worden als hoofdentree voor de garage.

7.2.3 Eis parkeerplaatsen

Voor de afmetingen van de parkeerplaatsen is de NEN 2443 aangehouden. De minimale breedte voor parkeerplaatsen is 2,30 m, maar een breedte van 2,35 m wordt aangeraden om het comfort van de garage te verhogen. De lengte van de parkeerplaatsen hangt af van de parkeerhoek en is minimaal 4,15 m bij een hoek van 30 graden.

Parkeerhoek	Diepte enkele parkeerstrook	Diepte dubbele parkeerstrook	Parkeewegbreedte	Parkeervakbreedte
30	4,15	6,50	4,00	2,35
60	5,15	9,25	4,00	2,35
90	5,00	10,00	5,95	2,35

Tabel 16: Afmetingen parkeerplaatsen volgens NEN 2443 tabel 6A

In de parkeergarage moet minimaal 2% van het aantal plaatsen invalide plekken zijn. Parkeerplaatsen voor invaliden mogen dezelfde lengte hebben als reguliere plaatsen. De breedte van invalide plaatsen moet minimaal 3,5 m zijn.

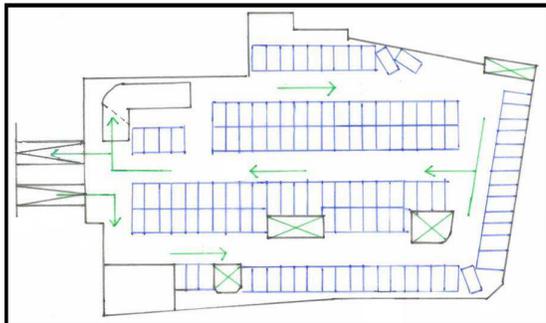
7.2.4 Indeling

Voor de indeling van de parkeergarage moet eerst bepaald worden hoe de auto's de garage binnenkomen. Voor de indeling van de garage zijn varianten met nieuwe hellingbanen, autoliften en een combinatie van beiden bekeken.

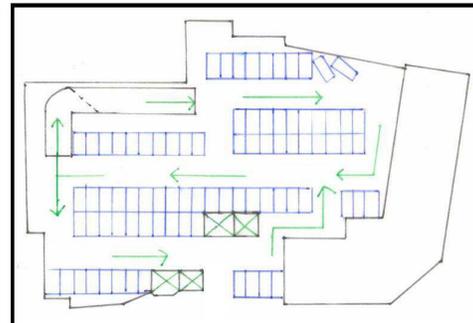
7.2.4.1 Nieuwe hellingbanen

Voor de indeling met hellingbanen is er vanuit gegaan dat de hellingbanen naar de kelder gebruikt blijven en dienst gaan doen als ingang van de parkeergarage. Voor de hellingbaan naar het dek zal een nieuwe geplaatst moeten worden. Deze hellingbaan zal in dit ontwerp dienst doen als uitgang. Omdat op deze manier nog steeds de begane grond niet bereikbaar is vanaf de Binnensingel, zal er in het gebouw een hellingbaan zijn van de kelder naar de begane grond en van de begane grond naar het parkeerdek. Hierdoor ontstaat de mogelijkheid om een rondje door de parkeergarage te kunnen rijden. In dit ontwerp is het mogelijk om een bepaald gedeelte alleen voor vergunninghouders te maken. De hellingbaan vanaf het parkeerdek zal 33 m lang worden waardoor deze veel parkeer ruimte in beslag neemt. In dit ontwerp passen circa 316 parkeerplaatsen.

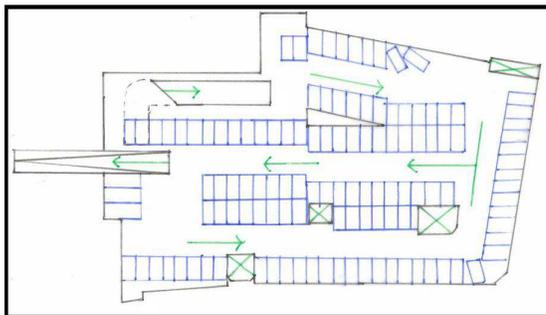
Op de afbeeldingen zijn de trappenhuisen met een groen kruis aangegeven.



Figuur 49: Kelder met hellingbaan



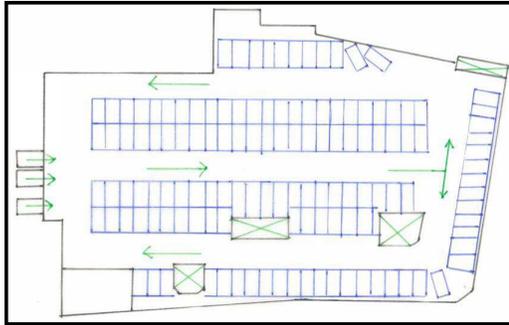
Figuur 50: Begane grond met hellingbaan



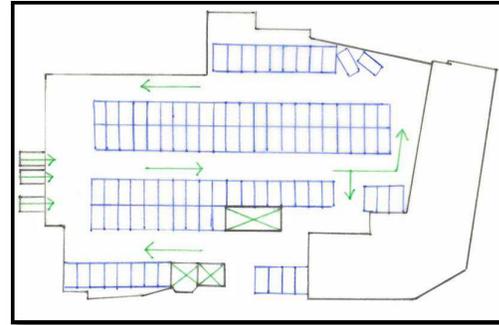
Figuur 51: Dak met hellingbaan

7.2.4.2 Autolift

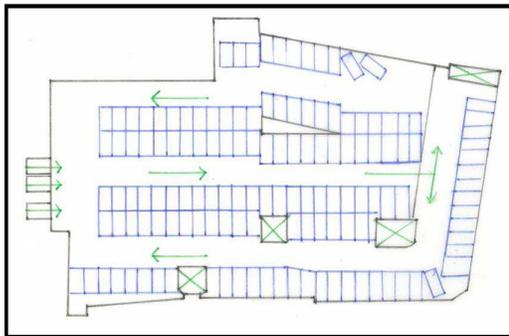
Naast de indeling met nieuwe hellingbanen is er ook bekeken hoe de parkeergarage ingedeeld kan worden met autoliften. Als de hellingbanen naar de kelder en het parkeerdek gesloopt worden, ontstaat er veel ruimte bij de ingang aan de Binnensingel. Op deze plek zouden goed drie autoliften toegepast kunnen worden. Door het gebruiken van een autolift is iedere verdieping bereikbaar waardoor een nieuwe hellingbaan niet meer nodig is. De ingang aan de Gibsonstraat kan in dit ontwerp afgesloten worden voor auto's. In de situatie met autoliften passen er ongeveer 367 parkeerplaatsen. Door de grotere hoeveelheid parkeerplaatsen is de investering in een dure autolift na een aantal jaren terugverdiend. Volgens de parkeerexploitatieberekening van de gemeente Deventer, 19 oktober 2005, brengt een parkeerplaats in de Noordenbergpoortgarage ten minste €1.315 per jaar op. Omdat er in het nieuwe ontwerp, ten opzicht van het ontwerp met hellingbanen, 51 parkeerplaatsen meer passen levert dit per jaar $51 \times €1315 = €67.000$ op. De investeringskosten van een autolift variëren van €30.000-€50.000. Na drie jaar zullen de extra parkeerplaatsen de investering van de autolift terugverdiend worden. Deze gegevens zijn exclusief onderhoudskosten.



Figuur 52: Kelder met autolift



Figuur 53: Begane grond met autolift



Figuur 54: Dak met autolift

7.2.4.3 Combi hellingbaan en autolift

In theorie lijkt het ontwerp met autolift ideaal, echter er is ook een keerzijde. Omdat een deel van de parkeergarage openbaar is, kunnen de autoliften problemen opleveren. Veel bestuurders hebben nog nooit gebruik gemaakt van een autolift waardoor ze waarschijnlijk het gebruik hiervan in een publieke garage ontwijken. Hierdoor zijn autoliften meer geschikt voor bestuurders die hier elke dag gebruik van maken. Daarom is voor dit ontwerp een combinatie gemaakt tussen hellingbanen en autoliften.

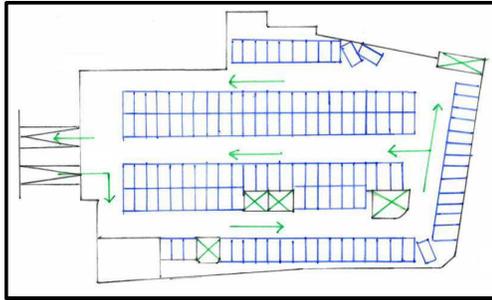
Omdat de hellingbanen naar de kelder nog voldoen aan de huidige eisen zullen deze gebruikt blijven. Dit houdt in dat de kelder ingedeeld wordt als openbare parkeergarage. De hellingbanen blijven dan als in- en uitgang dienen. Doordat de kelder dan niet meer door vergunninghouders gebruikt wordt, biedt dit ook de kans aan gebruikers van de garage om de Noordenbergtoren te zien.

De ingang voor de begane grond zal aan de Binnensingel komen op de plaats waar nu voor de supermarkt een laden- en lossen ingang is. Deze ingang zal dienen voor vergunninghouders en invaliden. De invalide plaatsen zullen op de begane grond dicht bij de uitgang komen. Op de plaats van het rolpad in de oude supermarkt is het mogelijk om twee autoliften ten behoeve van het parkeerdek te plaatsen.

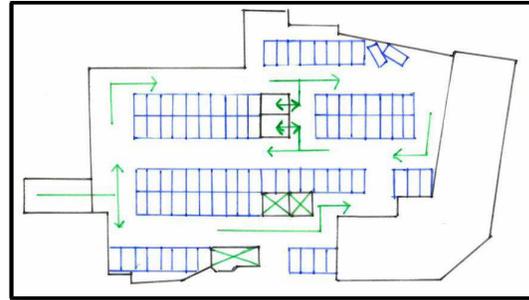
Hierdoor worden de begane grond en het parkeerdek enkel toegankelijk voor vergunninghouders en invaliden. Dit aantal plaatsen voor vergunninghouders staat in verhouding met het aantal plaatsen dat nu permanent verhuurd is voor de kantoren en omwonenden. In de toekomst kan de vraag naar vrije plaatsen toenemen ten koste van vergunningsplaatsen, bijvoorbeeld als de kantoren leeg komen te staan. Middels van een pasjessysteem voor vergunninghouders kan de begane grond toegankelijk gemaakt worden voor openbare parkeerders.

Door de hellingbanen en de autolift te combineren hoeft er niets afgebroken te worden dat nog voldoet en is de ruimte toch efficiënt in deelbaar door de beperkte ruimte die de autoliften innemen.

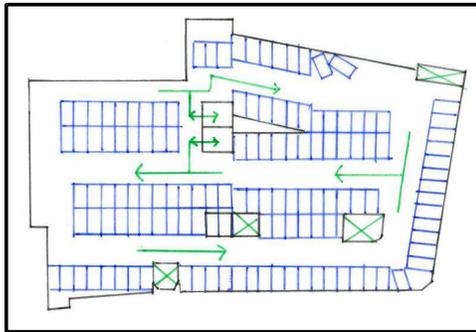
Bij deze optie is het mogelijk om 341 parkeerplaatsen te realiseren. Bij alle drie de opties is de eis dat er ten minste 7 invalide parkeerplaatsen aanwezig zijn.



Figuur 55: Kelder hellingbaan en autolift



Figuur 56: Begane grond hellingbaan en autolift



Figuur 57: Dak hellingbaan en autolift

7.2.4.4 Conclusie

Voor de indeling van de parkeergarage is de laatste optie het meest geschikt. Dit komt omdat het toepassen van alleen hellingbanen in de garage veel ruimte inneemt wat ten koste gaat van parkeerplaatsen. Het toepassen van alleen autoliften is niet mogelijk omdat gebruikers hiervoor een toelichting moeten hebben. Hierdoor zal het systeem bezoekers aan Deventer afschrikken om hier te gaan parkeren.

Door het combineren van deze twee mogelijkheden blijft er veel ruimte bespaard door de autoliften in plaats van hellingbanen en wordt de kelder toegankelijk voor openbaar gebruik door gebruik te maken van de bestaande hellingbanen naar de kelder. De ingang voor vergunninghouders en invaliden zal op de plaats van de laden en lossen ruimte voor de oude supermarkt komen aan de Binnensingel. Hierdoor zal de ingang aan de Gibsonstraat alleen nog door voetgangers gebruikt worden.

7.2.5 Autolift¹²

De autolift die in dit project toegepast zal worden is de Total Move 30L van de leverancier VDL Steelweld Parkeersystemen, zie bijlage 10. Deze lift is hydraulisch en heeft een afmeting van ongeveer 2,9 x 5,2 m. De lift is verkrijgbaar met of zonder een liftput. Omdat de lift hier op de begane grond geplaatst zal worden, zal de lift zonder put toegepast worden.

De lift is bruikbaar door middel van een pasje of druppel die aan de vergunninghouders gegeven zal worden. Voor het gebruik van de lift is het wel van belang dat de gebruikers een toelichting krijgen.

Figuur 58: Total Move 30L,
VDL Steelweld Parkeersystemen



¹² Bron: VDL Parkeersystemen, www.vdlsteelweldparkeersystemen.nl, geraadpleegd op 20-11-2014

De lift heeft een maximale hefhoogte van 11 m, maar zal hier enkel gebruikt worden tussen de begane grond het parkeerdek op de eerste etage. Het gewicht dat de lift kan tillen is maximaal 3000 kg, wat genoeg is voor een personenauto (2500kg volgens de norm).

Doordat de liften zich in het gebouw bevinden, zal er geen opstroping op straat voor de lift zijn. De gemiddelde tijd dat de lift erover doet om op een verdieping te komen is 3 minuten. Maar dit zal per gebruiker anders zijn.

In de lift is een noodstroomvoorziening aanwezig met een nooddaalknop met batterij zodat gebruikers in geval van nood niet vast komen te zitten.

Bij de capaciteit van deze garage zijn twee autoliften benodigd. De twee liften komen op de plaats van de oude rolbaan. Voor deze plek is gekozen omdat hier al een sparing in het parkeerdek is, waar de liften geplaatst kunnen worden.

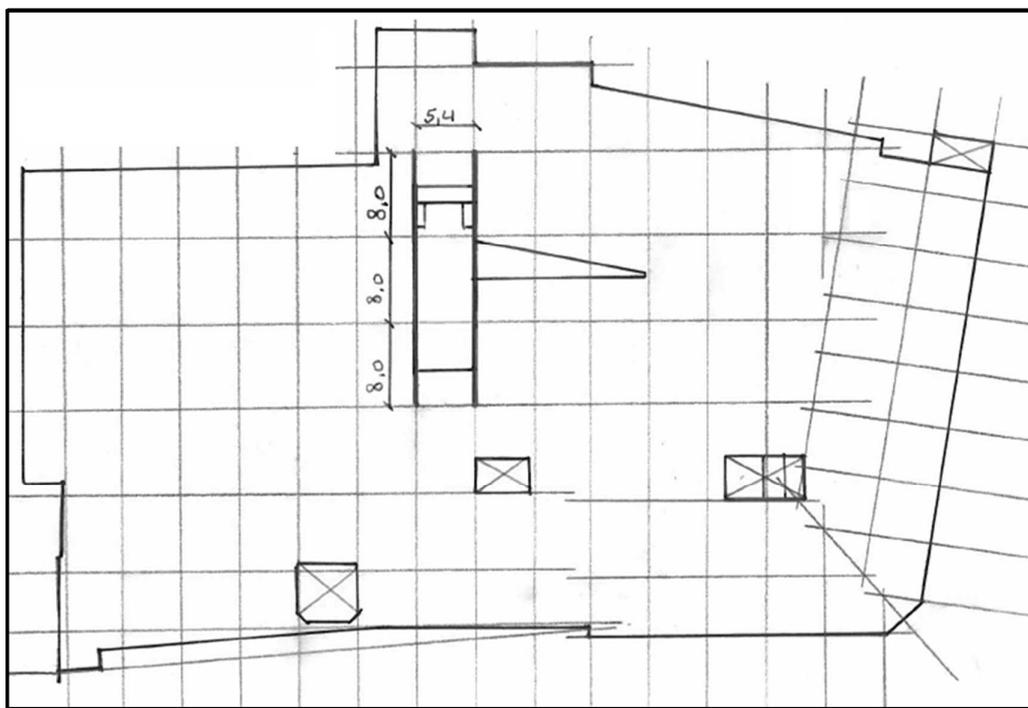
Een indicatie voor de prijs is €30.000-€50.000¹³ per stuk.

7.2.6 Rolbaan

In de huidige situatie van het gebouw is er op de begane grond bij de entree van de huidige supermarktruimte een rolbaan voor winkelwagentjes naar het parkeerdek. Als de supermarkt herbestemd wordt tot parkeergarage is deze rolbaan niet meer nodig. Door de sparing in het parkeerdek is deze locatie ideaal als plek voor de autoliften.

In deze paragraaf zal eerst een overzicht gegeven worden van de bestaande constructie van de dakopbouw. Vervolgens zal de plaatsing van de autoliften verder uitgewerkt worden.

Op de afbeelding hieronder is te zien waar de roltrap in het gebouw is.



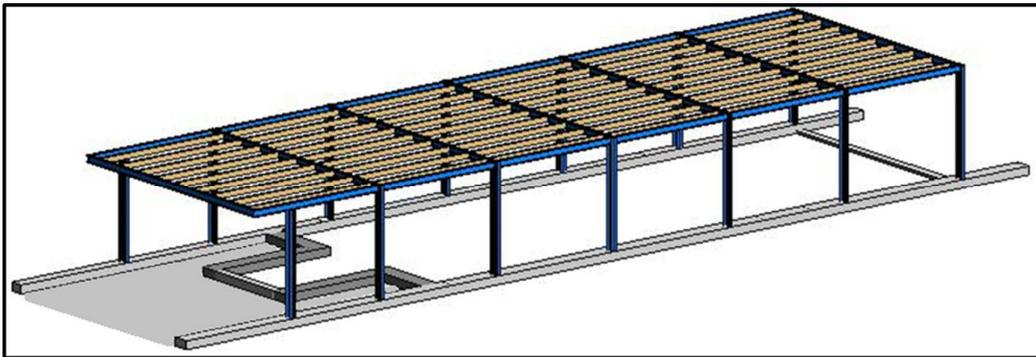
Figuur 59: Randbalken sparing rolpad

7.2.6.1 Bestaand

Ten behoeve van de supermarkt is er in de bestaande situatie een rolbaan voor winkelwagentjes van de begane grond naar het parkeerdek aanwezig. De opbouw van de entree naar de hellingbaan op het parkeerdek bestaat uit een staalconstructie met houtenbalklaag en een vliesgevel als gevel afsluiting.

¹³ Bron: VDL Parkeertechniek, www.vdlsteelweldparkeersystemen.nl

Elke kolom bestaat uit twee gekoppelde UNP 120 profielen, de randliggers zijn IPE 140 profielen en de balken in de korte richting zijn twee gekoppelde UNP 120 profielen. Deze staalconstructie is geplaatst op betonnen randbalken die op onderliggende kolommen liggen.

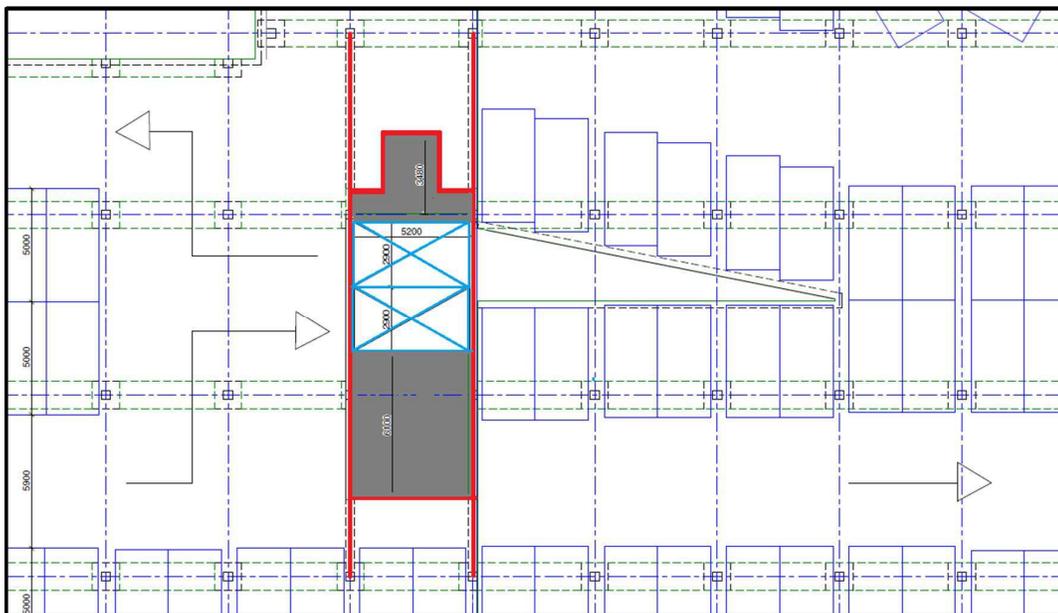


Figuur 60: 3D overzicht roltrap opbouw bestaand

7.2.6.2 Nieuw

Omdat het rolpad niet meer nodig is in de nieuwe functie van de ruimte zal deze gesloopt worden. Omdat de bovenkant van de randbalken 200mm hoger zijn dan de bovenkant van de vloeren is het niet mogelijk om zonder ingrepen de sparing op te vullen en gebruiken als rijbaan. De twee lange randbalken die te zien zijn op afbeelding 60 worden gesloopt en vervangen door twee nieuwe lager gelegen betonnen balken. De berekening is hiervan in bijlage 11 te zien.

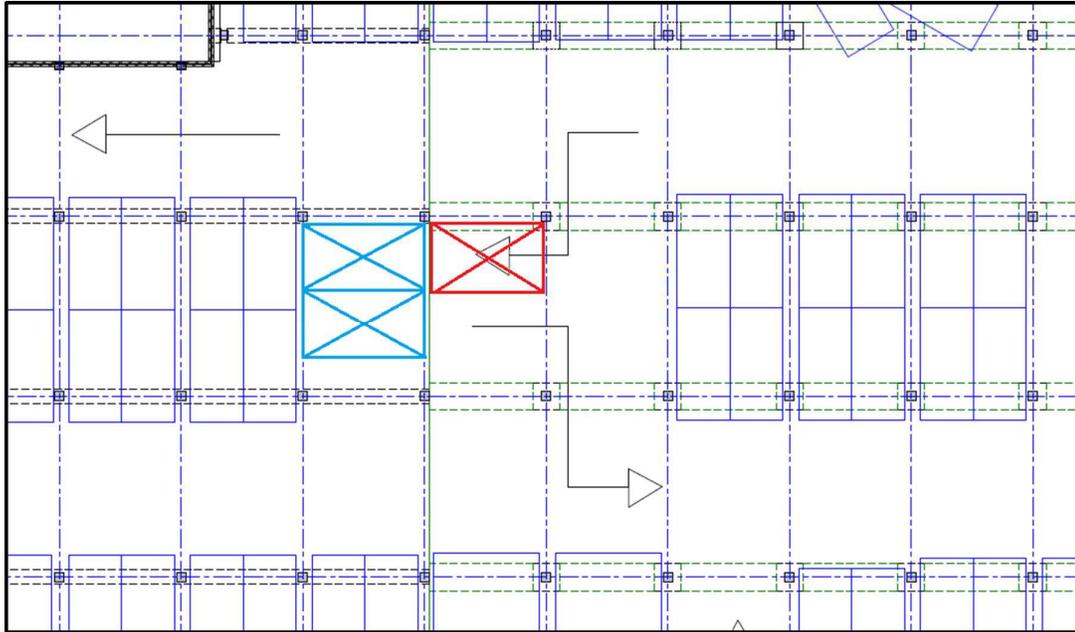
De sparing in het parkeerdek is ideaal voor de autoliften. Omdat de bestaande sparing een breedte heeft van 5,4 m past de autolift met een lengte van 5,2 m hier precies in. Voor de routing door de garage worden de autoliften naast elkaar geplaatst.



Figuur 61: Autoliften in sparing parkeerdek

Voor de routing van de parkeergarage zullen de autoliften binnen twee stramienen geplaatst worden. Op de bovenstaande afbeelding is te zien dat de autoliften, in het blauw, niet de hele sparing in het parkeerdek opvullen. De overige delen van de sparing zullen opgevuld worden door een in het werk gestorte betonvloer, zodat deze delen als rijbaan kunnen dienen. De nieuwe betonvloer zal aan de nieuwe betonnen randbalken gestort worden. Hierbij is het belangrijk dat de wapening van de bestaande vloeren

doorgelegd wordt. Ten behoeve van de autolift wordt er een dakopbouw op de eerste verdieping geplaatst. De constructie zal bestaan uit staalprofielen met een stalenplaat als dak. De wanden zullen uitgevoerd worden met een aluminium beplating met aan de binnenzijde brandwerende bekleding voor ten minste 60 minuten brandwering. De dakopbouw is enkel constructief uitgewerkt. De berekening van de nieuwe betonvloer, de randbalken en de dakopbouw zijn te zien in bijlage 11 en 12.



Figuur 62: Autoliften op begane grond

Op de bovenstaande afbeelding zijn de autoliften op de begane grond in het blauw te zien. Op de plaats die in het rood is aangegeven staat een trap van de begane grond naar het parkeerdek. Omdat er op de begane grond en op het parkeerdek genoeg vluchtwegen zijn, zal deze ten behoeve van de routing in de garage gesloopt worden. De trap bevindt zich niet in een trappenhuis en is dus open. Voor automobilisten is het belangrijk dat er voorwaards de lift in- en uitgereden kan worden. Hierdoor kan er op de begane grond aan de rechterkant van de autoliften in- en uitgereden worden en op de eerste verdieping aan de andere kant.

Voordat de autoliften geplaatst worden, moet er aangetoond worden dat de begane grond vloer de autoliften kan dragen. Op afbeelding 58 is te zien dat de autolift met twee punten op de begane grond zal rusten.

De lift weegt 37 kN en als de lift geladen is met een auto, zal deze belasting in totaal $37 \text{ kN} + 25 \text{ kN} = 62 \text{ kN}$ zijn.

Per steunpunt van de lift zal 31 kN op de begane grond komen. In bijlage 13 is bepaald dat de begane grond dit door spreiding van de puntlasten kan opnemen.

De bovenzijde van de lift zal vast gezet worden in de sparing op de eerste verdieping. De horizontale krachten die hieruit zullen komen zijn minimaal en zullen naar verwachting in de breedplaatvloer worden opgenomen, en via de stabiliteitswanden naar de fundering geleid kunnen worden. Het voert voor dit onderzoek te ver om dit aan te tonen.

7.3 Brandveiligheid

In een parkeergarage is brandveiligheid een belangrijk onderdeel van het ontwerp. Vaak gaat het in parkeergarages om grote- en lage ruimtes waar rook zich snel verspreidt. Omdat voor de parkeergarage een nieuwe indeling is ontworpen zal in deze paragraaf de veiligheid met betrekking tot de brandveiligheid bekeken worden. Eerst zullen hiervoor de eisen vermeld worden waarna de eisen getoetst zullen worden aan het nieuwe ontwerp.

Omdat de parkeerruimte op het dak open ofwel natuurlijk geventileerd is gelden hiervoor geen aanvullende eisen voor de brandcompartimentering.

7.3.3 Brandcompartimenten

De scheiding van brandcompartimenten in gebouwen wordt veelal uitgevoerd met een brand- en rookwerende schuifdeur of rolluik. Hierdoor ontstaat het probleem dat de brandweer vaak moeilijk bij de brand kan komen en ook de vluchtroutes voor gebruikers hierdoor worden beperkt. Daarom zal bij deze garage de scheiding uitgevoerd worden met een waterscherm. Bij een waterscherm zitten in het plafond, ter plaatse van de compartimentscheiding, sprinklers die aangaan zodra er brand wordt gedetecteerd. Omdat rook en vuur niet door een waterscherm heen kunnen wordt rook- en brandverspreiding beperkt. Een ander voordeel van het toepassen van een waterscherm is dat de personen en dus ook de brandweer door het waterscherm heen kunnen. Hierdoor worden vluchtroutes en brandbestrijding niet beperkt, wat bij andere systemen vaak wel het geval is.

Verder is er voor het plaatsen van het systeem geen ruimte nodig voor schuifdeuren of rolluiken waardoor de indeling van de parkeergarage hierdoor niet beperkt wordt.

Voor de brandveiligheidsmaatregelen van de eerste verdiepingen zijn geen veranderingen doorgevoerd omdat het eisen pakket van het bouwbesluit er in deze situatie van half overdekte ruimte geen eisen aan stelt.

Op de uitvoering van het plaatsen van de sprinklers, de kosten en voor de aansluiting op een waterleiding wordt in dit onderzoek niet verder op in gegaan omdat dit te ver gaat voor dit onderzoek.

Het is waarschijnlijk dat door de vergroting van het parkeerooppervlak de begane grond ook mechanisch geventileerd moet worden. In dit rapport is hier verder geen aandacht aan besteed omdat dit voor het onderzoek te ver voert.

7.4 Conclusie

Voor het ontwerp van de parkeergarage zal de routing aangepast worden. De parkeergarage in de kelder zal toegankelijk blijven via de hellingbanen en zal openbaar gemaakt worden. De ingang voor de begane grond wordt verplaatst van de Gibsonstraat naar de Binnensingel naar de oude laden- en lossen ingang. De begane grond zal toegankelijk zijn voor vergunninghouders en invaliden. Vanaf de begane grond zal het parkeerdek via twee autoliften bereikbaar zijn. De openbare garage bevat 131 parkeerplaatsen. Voor vergunninghouders zijn 210 plaatsen, waarvan 7 invalide parkeerplaatsen zijn.

Ten behoeve van de autoliften zal de bestaande dakopbouw vervangen worden door een nieuwe en zullen de overige delen van de sparing opgevuld worden door een nieuwe betonvloer. Verder zal de trap van de begane grond naar het parkeerdek gesloopt worden voor de toegang van de autoliften.

Voor de brandveiligheid van de parkeergarage worden in de mechanisch geventileerde kelder twee brandcompartimenten gerealiseerd door middel van een waterscherm als compartimentsscheiding. Op de begane grond worden door het overschrijden van de maximale grootte van een brandcompartiment op dezelfde wijze twee brandcompartimenten gemaakt.

8 Noordenbergtoren

Tijdens de bouw van de parkeergarage zijn funderingen gevonden van de oude Noordenbergtoren. Door de vondst van deze uit 1487 daterende fundaties is het ontwerp aangepast. De fundaties zijn op kelder niveau zichtbaar gemaakt voor bezoekers van de garage en toeristen.

In de Gibsonstraat is een aparte ingang naar deze fundaties, maar omdat deze ingang uitgevoerd is in stalen hekwerk ziet het geheel er niet toegankelijk uit.

In dit hoofdstuk zal eerst iets over de historie van de Noordenbergtoren vermeld worden en vervolgens zal er een nieuw ontwerp voor de ingang van de toren aan de Gibsonstraat te zien zijn. De nieuwe toegang van de toren zal bouwkundig en constructief volledig uitgewerkt worden.



Figuur 67: Ingang Noordenbergtoren aan de Gibsonstraat

8.1 Historie

In 1487 is de Noordenbergtoren gebouwd om te dienen als onderdeel van de stadsverdediging. De toren had een doorsnede van ongeveer twintig meter en muren van zes meter dik en was circa 35 meter hoog. De toren had een spits, belegd met dakpannen. Deze is echter in 1578 beschoten waardoor de spits van de toren is gevallen. Op de afbeelding hiernaast van een schilderij uit 1877 is de toren zonder spits te zien. De toren was uitgevoerd met muren van metselwerk op een fundering van zandsteen. De toren was gesitueerd tussen de binnen- en buitengracht van Deventer en is tussen 1773 en 1778 afgebroken.

Tijdens de sloop van de oude autogarage Hardonk, voor de nieuwbouw van het Noordenbergcomplex, zijn de resten van de fundatie van de toren en een stuk opgaande muur gevonden. Bij latere opgravingen in een ander deel van Deventer zijn bij een vestingtoren ook resten van een ondergrondse verbindingsgang gevonden die onder andere naar de Noordenbergtoren leidde.

De restanten van de Noordenbergtoren zijn rijksmonument geworden en zijn daarom bij de Noordenbergpoortgarage in het zicht gebleven voor bezoekers.

Omdat vroeger op deze locatie garage Hardonk zat, wordt de Noordenbergpoortgarage door Deventernaren ook wel de Hardonk garage of het Hardonkcomplex genoemd.



Figuur 68: Noordenbergtoren, 1877,
Bron: Historisch museum Deventer

8.2 Huidige situatie

Achter de deur in het hekwerk, zie afbeelding 67, is een trap naar kelderniveau. Vanaf bovenaan de trap zijn de fundaties van de Noordenbergtoren al te zien. Op kelderniveau loopt er een pad door de fundaties heen. De randen van de toren en de droge gracht zijn hier goed te zien. De fundaties zijn afgesloten van de parkeergarage door middel van een hek, maar is wel toegankelijk met een in-/uitrijkaart van de garage. De fundaties van de toren zijn in goede staat en zijn vanaf het pad goed te bezichtigen. Het is voornamelijk de ingang die aangepast dient te worden ten behoeve van de toegankelijkheid. De toren is opengesteld voor toeristen door middel van het bedienen van een bel waarna elektronisch de deur geopend wordt. Op deze manier is de toren wel toegankelijk voor toeristen en wordt de kelder niet gebruikt als overnachtingsplaats.

Voor de uitstraling van de entree zal een nieuw ontwerp gemaakt worden, dat meer uitnodigt tot bezoek.

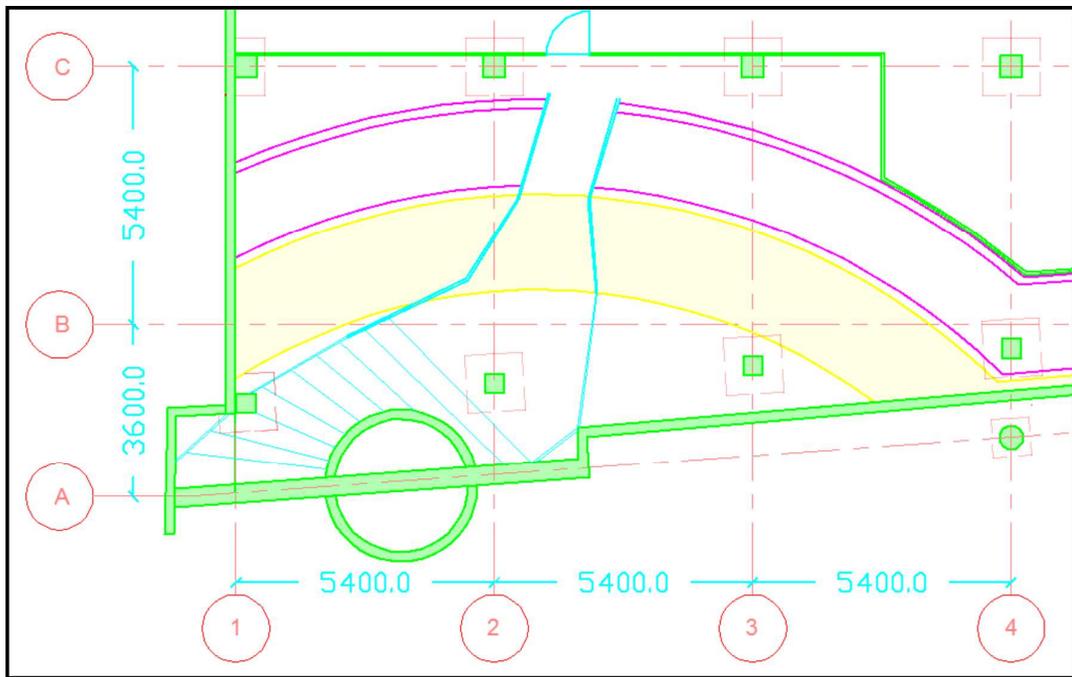
Op afbeelding 69 zijn foto's van de fundaties in de kelder te zien.



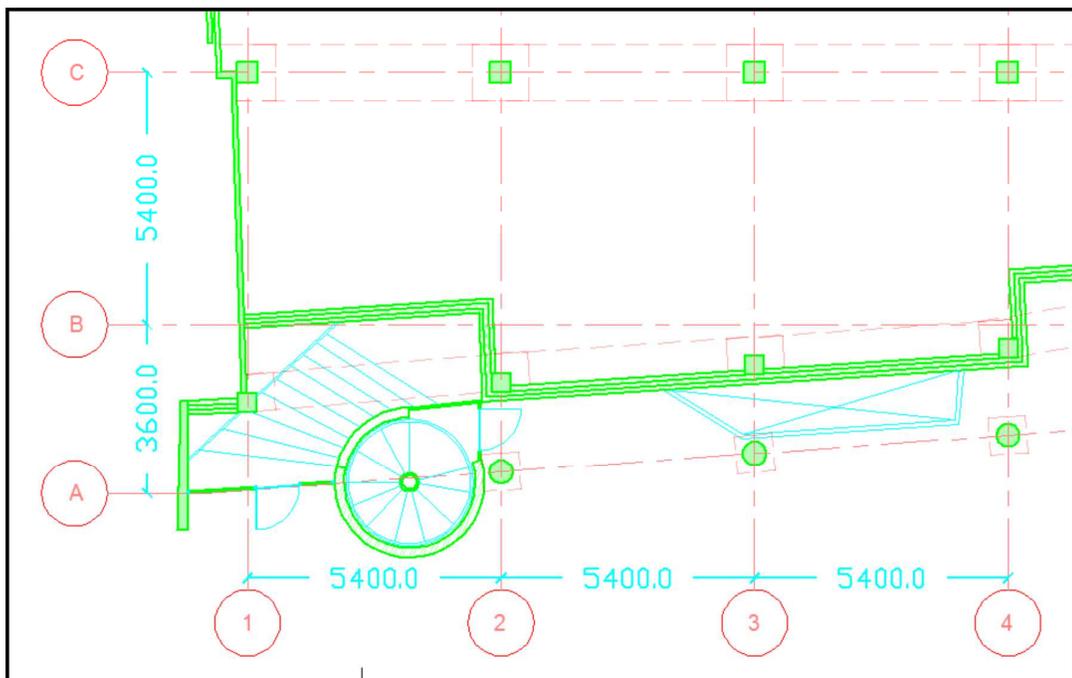
Figuur 69 Foto's fundatie Noordenbergtoren

8.2.1 Plattegronden bestaande situatie

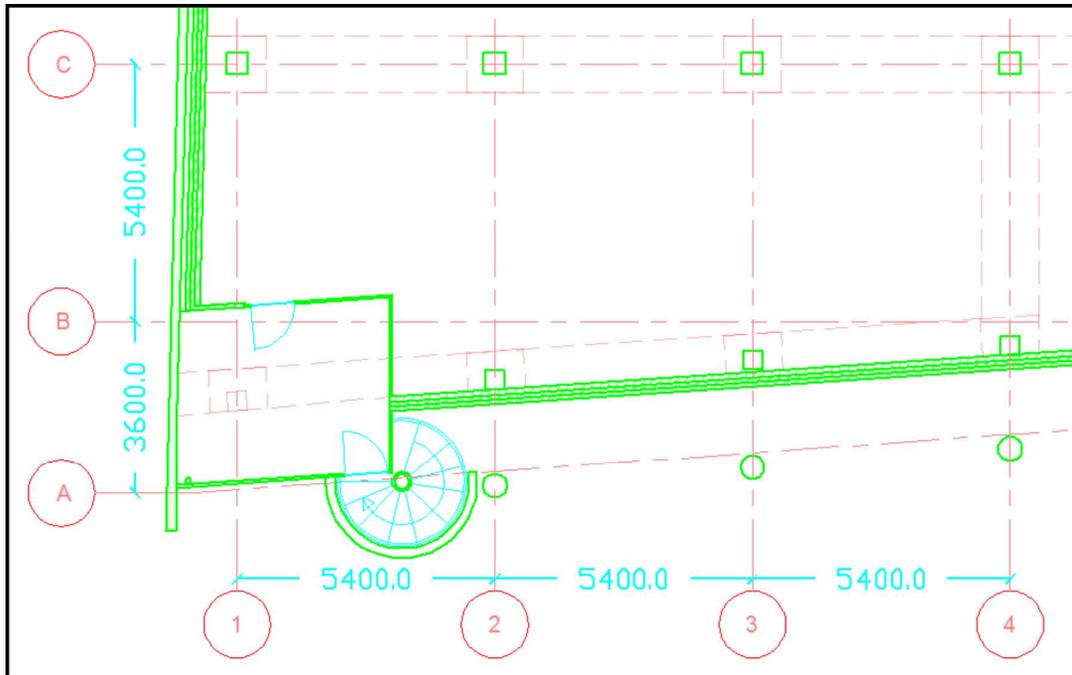
Op afbeelding 70 t/m 72 is de bestaande situatie van de kelder, begane grond en eerste verdieping weergegeven.



Figuur 70: Kelder bestand



Figuur 71: begane grond bestand



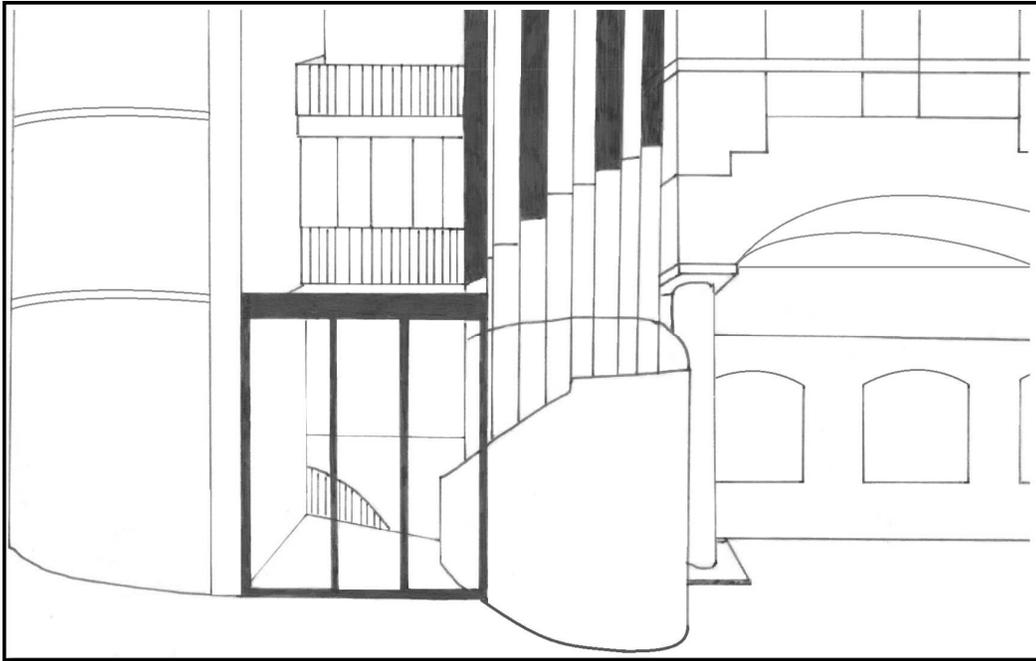
Figuur 72: Eerste verdieping bestaand

8.3 Toegang Noordenbergtoren

Omdat de entree van de toren nu wegvalt achter de ronde vorm van het vluchtrappenhuis aan de rechterzijde van de entree en de betonmuur aan de linkerzijde van de entree, zal de nieuwe entree op gelijk niveau met de betonmuur komen. Hierdoor zal de ingang van de toren minder wegvallen achter de belendende muren. Om de entree van de toren een toegankelijke uitstraling te geven, zal deze uitgevoerd worden door een grote glazen pui over de volledige breedte van de toegang. Om duidelijk te maken dat de toren gratis toegankelijk is voor publiek zal er een bord geplaatst moeten worden, achter de glazen gevel of op het metselwerk van de vluchtrap, met informatie en foto's van de fundaties.

De toegang met de bel en het intercomsysteem zal blijven zodat het een schone en veilige plek blijft.

Voor de gevel die vanaf de straat zichtbaar is zal het beeld ontstaan zoals op afbeelding 73.



Figuur 73: Nieuwe entree toren

In het rechter gedeelte van de pui zal een glazen deur komen die naar binnen opengaat. De pui zal uitgevoerd worden met honolite dorpels en stijlen. Honolite is een donkere kunststof met de uitstraling van natuursteen, het voordeel hiervan is dat de omlijning van de pui een strakke uitstraling krijgt. Een ander voordeel is dat honolite goed bestand is tegen wisselende weersomstandigheden en weinig onderhoud nodig heeft.

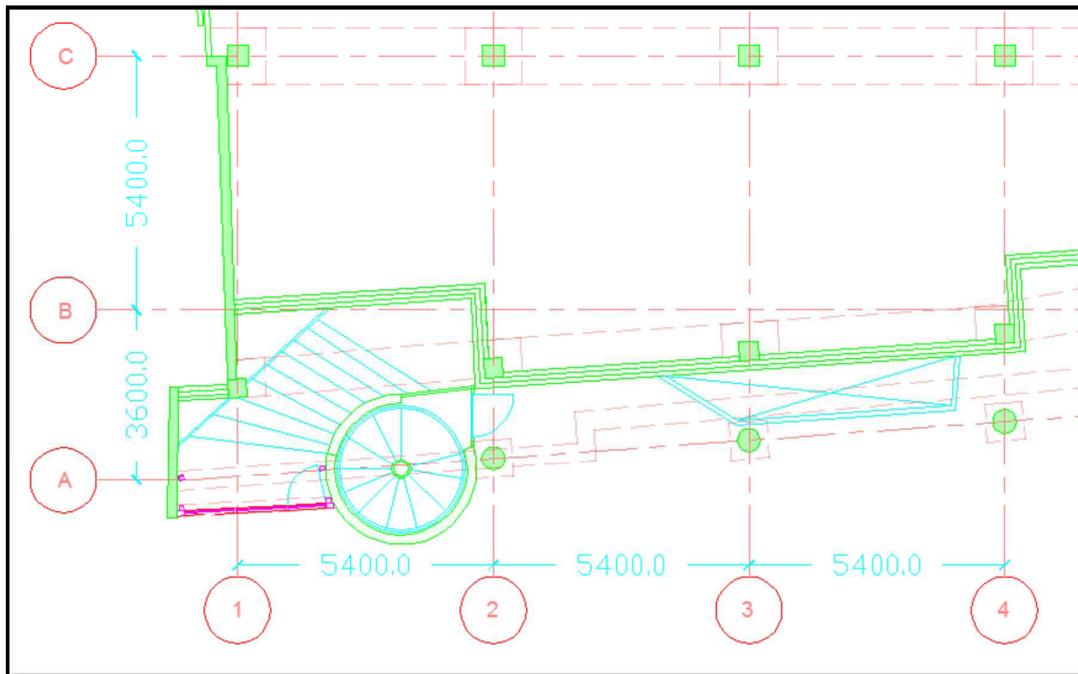
Door de opvallende glazen pui in het straatbeeld met een glazen deur als transparante entree zal een bijzonder stuk Deventer zichtbaarder en daardoor toegankelijker worden.

8.4 Indeling kelder

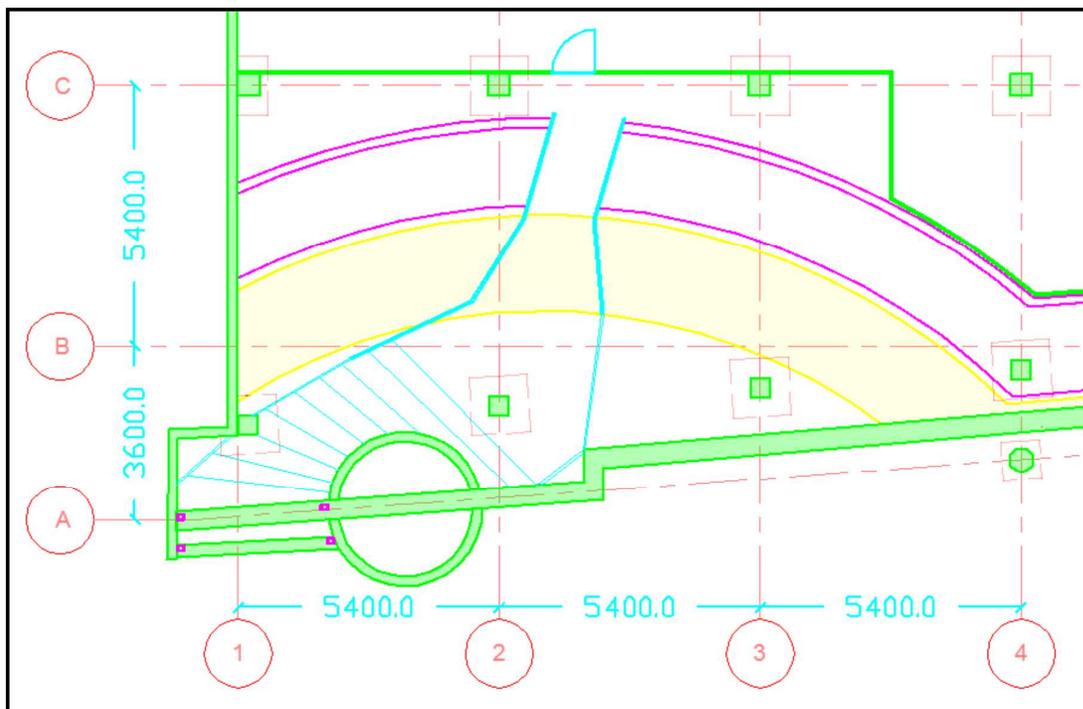
Zoals eerder al vermeld is, blijft de indeling van de kelder hetzelfde omdat deze goed toegankelijk is voor bezoekers. Zoals op afbeelding 73 te zien is, is de ingang van de toren nu op gelijke hoogte met de gevel van de belending. De deur gaat naar binnen open zodat voetgangers op de stoep niet het risico lopen om een deur tegen zich aan te krijgen.

Op afbeelding 74 is de indeling van de kelder te zien.

Het pad voor bezoekers is op kelderniveau en loopt over de fundatie en over de droge gracht door middel van een bruggetje.



Figuur 74: Overzicht indeling straatniveau (nieuwe gevel positie)



Figuur 75: Overzicht indeling kelderniveau

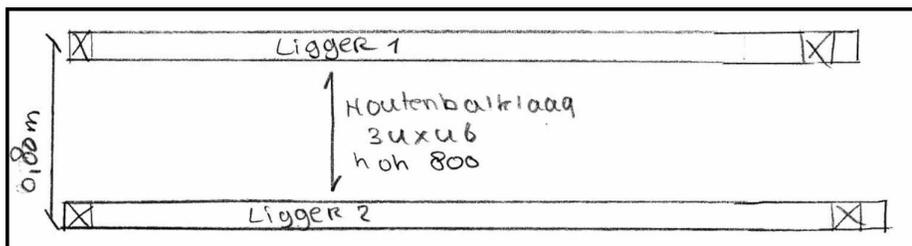
8.5 Aanpassingen

De huidige ingang van de toren is overdekt. Omdat het wenselijk is dat de nieuwe entree ook overdekt zal zijn, is een aantal mogelijkheden overwogen. Het is mogelijk om het bestaande dak, dit is de verdiepingvloer waar de vluchtrap op uit komt, te verlengen en ter plaatse van de nieuwe pui te ondersteunen. Deze mogelijkheid is echter erg ingrijpend voor de bestaande constructie. Ook zal de uitvoering onnodig ingewikkeld worden. Daarom is er voor gekozen om een nieuwe lichte vrijstaande overkapping te maken. Deze kan simpel uitgevoerd worden door een houtenbalklaag ondersteund door vier stalen profielen. Hierdoor zal de constructie licht blijven en zal de nieuwe fundering ook in afmeting beperkt blijven. De glazen pui zal eenvoudig bevestigd kunnen worden aan de stalen kolommen. In de huidige situatie loopt de stoep door tot de entree van de toren waar een betonvloer op straatniveau doorloopt. Voor de nieuwe ingang zal er een nieuwe betonvloer gestort worden vanaf de rand van de bestaande vloer tot onder de glazen pui.

8.6 Nieuwbouw constructie

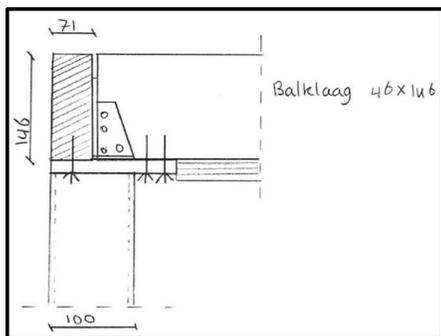
Voor nieuw te bouwen delen van de ingang voor de fundaties zijn berekeningen gemaakt voor het bepalen van de minimale afmetingen van de constructie onderdelen. De constructie heeft uiteindelijk de afmetingen gekregen die voor de uitvoering praktisch zouden zijn.

De houtenbalklaag wordt afgewerkt met een underlayment van 18 millimeter dik en daaroverheen bitumen om het dak waterdicht te maken. De balken moeten een minimale balkafmeting van 34 x 71 krijgen. De balken worden gedragen door balkschoenen die aan twee houten liggers worden bevestigd. De houten liggers moeten een minimale balkafmeting hebben van 71 x 46. Het is handig als de houtenbalklaag dezelfde hoogte heeft als de randliggers, 71 x 146, zodat de plafondafwerking gemakkelijk vastgezet kan worden aan de balken van de balklaag. De balken van de houten balklaag zullen hiervoor uitgevoerd worden met de afmeting 46 x 146.



Figuur 76: Overzicht liggers en kolommen

Op vier plaatsen zal het dak ondersteund worden door stalen kolommen. Voor de oplegging van de randliggers is het handig als de kolommen uitgevoerd worden als kokerprofielen 100 x 100 x 5. De reden dat er voor een kokerprofiel gekozen is, is omdat hier de pui goed aan te bevestigen is met een hoeklijn en omdat een koker er strakker uitziet en geen vieze of stoffige hoeken krijgt zoals een HEA profiel. Toegepast wordt dus een koker 100 x 100 x 5 in de berekening in bijlage 14 is te zien dat er minimaal een koker 40 x 40 x 3 toegepast moet worden.

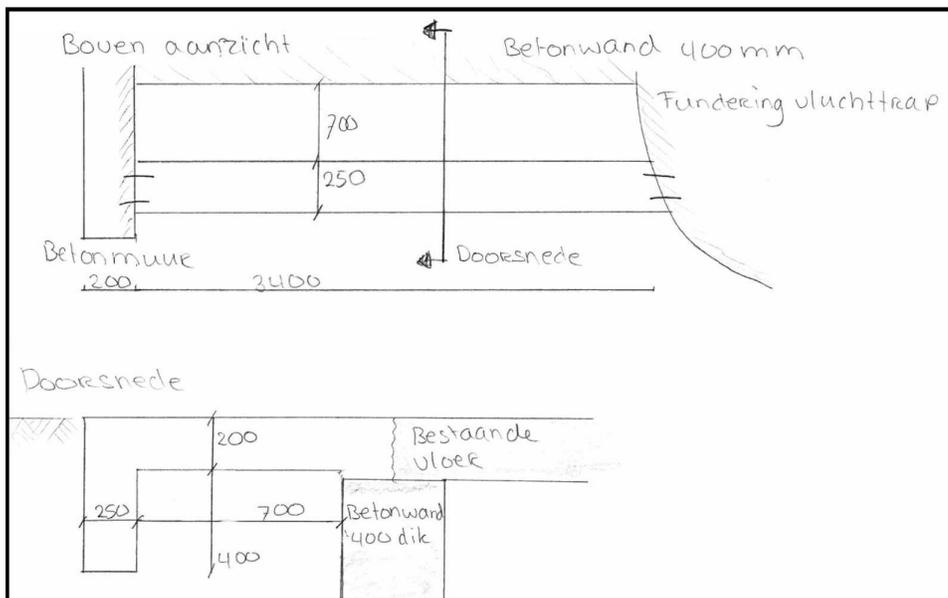


Figuur 77: Principe detail oplegging randliggers

De twee kolommen aan de straatzijde zullen op een nieuwe funderingsbalk geplaatst moeten worden. De andere twee kolommen kunnen op een bestaande betonwand geplaatst worden. De bestaande betonwand is ongeveer 400 millimeter dik en loopt tot vlak onder maaiveld, een deel van de bestaande vloer ligt op deze wand. De nieuwe vloer voor de entree zal hier tegen de bestaande vloer op de betonwand gestort worden, aan de andere kant ligt de vloer op de nieuwe funderingsbalk. De vloer zal een dikte krijgen van 200 millimeter met onder en boven een wapeningsnet # Φ 8-150 en zal afgewerkt worden met een cementdekvloer van 50 millimeter dikte. De balk zal 250 millimeter breed en 400 millimeter dik worden met onder- en boven 3 Φ 8 staven op basis van het minimale wapeningspercentage. Door de kleine belasting is er geen dwarskrachtwapening in de balk nodig. De vloer en de betonbalk worden samen 600 millimeter dik zodat de funderingsbalk tot de vorstgrens in de grond komt.

Voor de betonbalk is het mogelijk om te funderen op twee stalen buispalen. Een goedkopere oplossing is door middel van het inboren van stekken in de betonmuur (links) en de fundering van de vluchtrap (rechts), zie de afbeelding hieronder.

Omdat de oplegreactie van de betonbalk slecht 17 kN is, kan er met grote waarschijnlijkheid gezegd worden dat dit opgevangen wordt door de belendingen. Echter zal dit niet berekend worden omdat dit te ver gaat voor dit deel van het onderzoek.

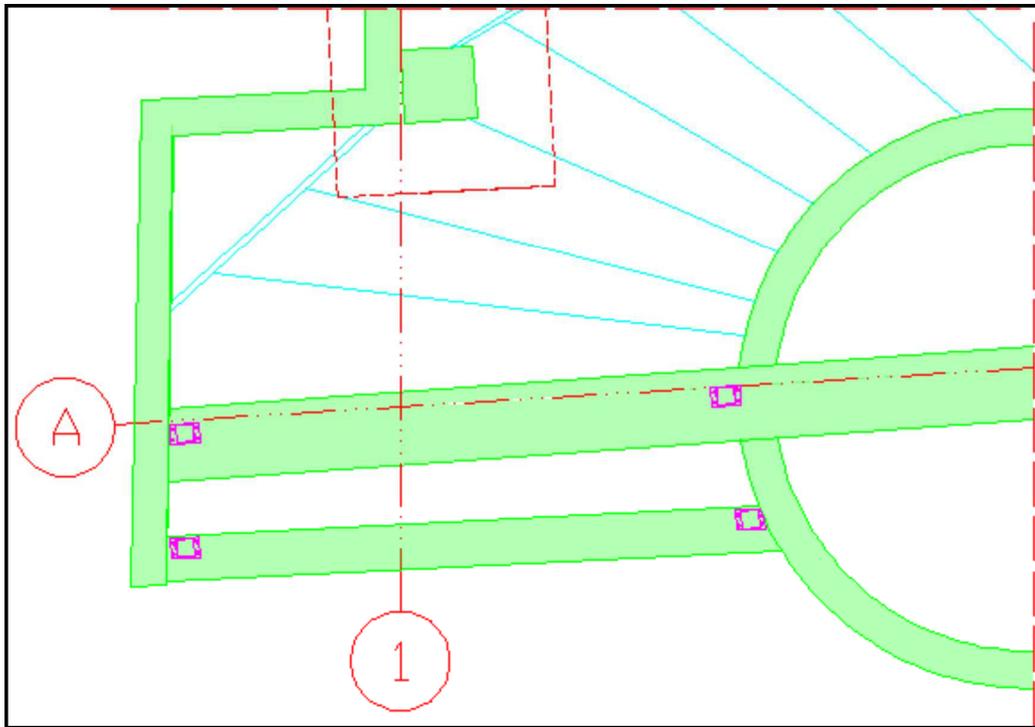


Figuur 78: Overzicht fundering

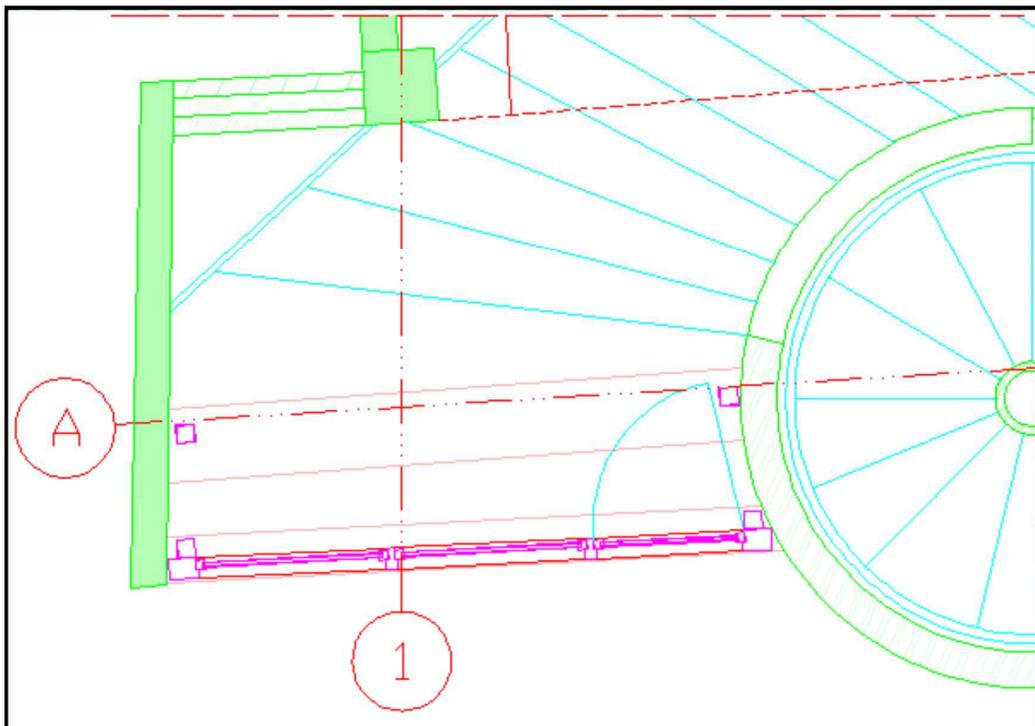
De berekening van de constructie van de overkapping van de entree is te zien in bijlage 14. De gegevens van de berekening zijn verwerkt tot plattegronden en details, welke te zien zijn in de volgende paragraaf.

8.6.1 Plattegronden nieuwe situatie

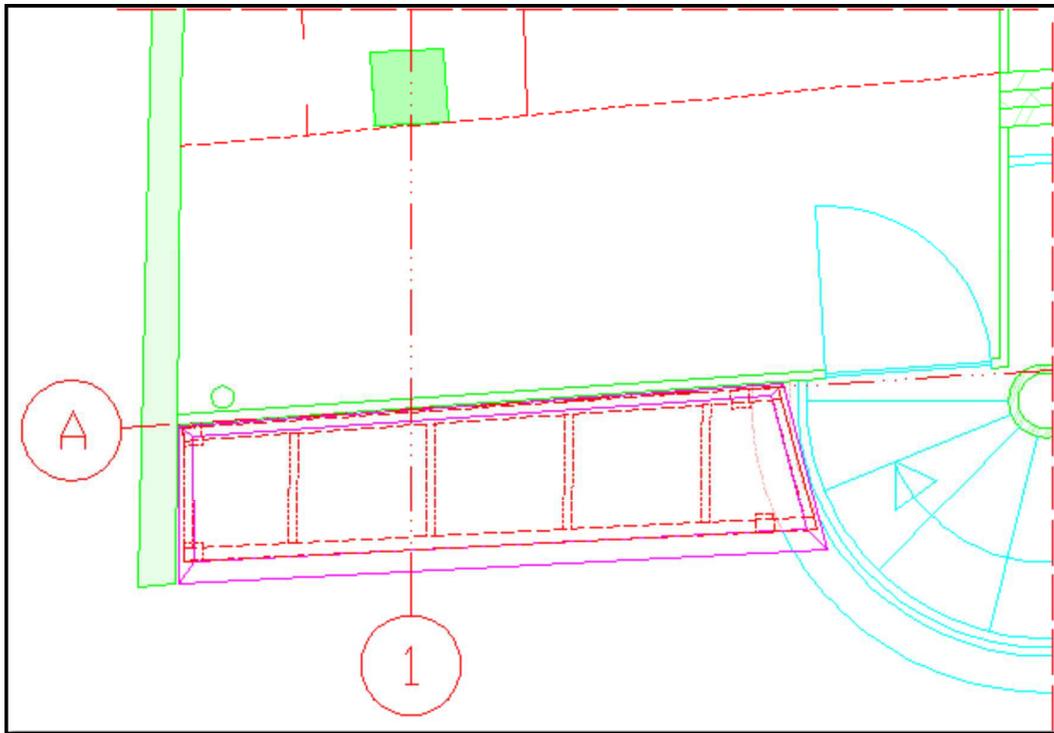
Op afbeelding 79 tot en met 81 zijn de plattegronden van de kelder, begane grond en de kelder in de nieuwe situatie te zien. De plattegronden zijn ook te zien in bijlage 15.



Figuur 79: Kelder nieuwe situatie



Figuur 80: Begane grond nieuwe situatie



Figuur 81: Eerste verdieping nieuwe situatie

8.7 Conclusie

De overkapping wordt uitgevoerd met een houtenbalklaag van 46 x 146 met twee randliggers van 71 x 146. Het dak wordt afgewerkt door 18 mm dik underlayement met een bitumen afwerklaag.

Het dak wordt gedragen met vier kolommen K 100 x 100 x 5. Voor de fundering wordt een nieuwe betonbalk op een werkvloer gestort die verankerd wordt in de belendende betonmuur en fundering van het vluchtrappenhuis. De nieuwe betonvloer wordt gedragen door de nieuwe betonbalk en door de bestaande keldermuur, die tot vlak onder maaiveld loopt, van 400 mm dik. De vloer wordt afgewerkt met afwerkvloer van 37 mm dik. De afwerkvloer is in de berekening meegenomen met een dikte van 50 mm. Maar door de detaillering van de onderdorpel is ervoor gekozen om de afwerklaag op dezelfde hoogte te laten eindigen als de onderdorpel. De afwerklaag is niet constructief benodigd dus dit heeft hiervoor verder geen consequenties.

De toegang wordt afgesloten door een pui verdeeld in drie glazen panelen waarvan het rechter paneel een deur zal zijn.

9 Onderzoeksvragen

In dit hoofdstuk zullen de onderzoeksvragen, die de leidraad van het onderzoek zijn, beantwoord worden.

9.1 Kennisvraag

De kennisvraag is opgesteld voor lectoraat de heer H. Brinksma van Hogeschool Utrecht en gaat over de levensduur van de te ontwerpen constructies.

- Hoe kunnen de parkeergarage en de eventuele nieuwe woningen aangepast worden zodat deze geen belemmering opleveren voor de eventuele veranderingen over 25 jaar?

De veranderingen voortvloeiend uit dit ontwerp van de parkeergarage zijn subtiel en speciaal bedoeld ter verhoging van de levensduur van de garage. Bij dit onderzoek is ervan uit gegaan dat ten minste de komende 25 jaar de parkeergarage dezelfde bestemming blijft houden. Dit heeft er mee te maken dat de parkeergarage in de kelder en op de begane grond voor de meeste functies niet geschikt is door gebrek aan daglicht toetreding.

Overeenkomstig de wens van de gemeente Deventer is de supermarkt omgebouwd tot parkeergarage.

Hiervoor is de scheidingswand tussen de supermarkt en de parkeerruimte op de begane grond en het rolpad verwijderd. Ook is hiervoor de toegang van de parkeergarage aan de Gibsonstraat naar de Binnensingel verplaatst. Als er in de toekomst besloten wordt dat deze ruimte weer als supermarkt gebruikt zal worden, is de oude situatie met een paar simpele ingrepen weer te herstellen.

Een goede mogelijkheid voor dit complex is om de, vrijwel leegstaande, kantoren om te bouwen tot appartementen. Hierbij zou het goed mogelijk zijn om de ruimte op de eerste verdieping onder de kantoren als fietsenstalling of berging te gaan gebruiken. Omdat deze ruimte niet hoger dan 2,2 m is, is dit gedeelte van het gebouw niet geschikt voor een functie anders dan parkeer- of stallingsgarage.

9.2 Centrale vraag

De centrale vraag bevat onderdelen uit de probleem- en doelstelling. De centrale vraag is de leidraad van dit onderzoek.

- Op welke wijze kan de Noordenbergpoortgarage duurzaam gerenoveerd worden tot een aantrekkelijke parkeergarage met een goede logistiek, zodat deze een bijdrage kan leveren aan de revitalisering van het noordelijke deel van de Deventer binnenstad?

Door het volledig openstellen en het vergemakkelijken van de toegangen van de openbare parkeergarage zal het publiek hier weer meer gaan parkeren waardoor de stroom van het winkelend publiek in dit deel van Deventer gestimuleerd wordt.

De reden dat de garage grotendeels afgesloten is, is dat een aantal versterkte stroken in de garage ernstig aangetast is door betonrot en dat een aantal voerspanstrengen gebroken is. De plaatsen waar de veiligheid van de constructie niet te garanderen is, zijn stempels geplaatst om de constructie te steunen. De bovenliggende delen van het parkeerdek zijn hier afgesloten waardoor de capaciteit van de openbare garage is afgenomen.

Een andere grote belemmering die al vanaf aanvang aanwezig is, is de enorm steile toegangshelling naar het openbare deel van de garage. Hiervoor wordt in dit onderzoek ook een oplossing aangedragen.

Voor het weer volledig openstellen van de garage zijn de belangrijkste maatregelen om te nemen:

- Reinigen van de aangetaste wapening
- Versterken van de versterkte stroken
- Waterdicht maken van het parkeerdek
- Isolatie aanbrengen aan de bovenzijde

Door het verplaatsen van de ingang van de begane grond aan de Gibsonstraat naar de Binnensingel zijn de ingangen voor de garage op dezelfde plaats. De Gibsonstraat zal hierdoor minder verkeer ondervinden en er is één duidelijke ingang voor publiek en vergunninghouders.

10 Kosten

Voor de doelstelling van dit onderzoek van JVZ is het onderdeel kosten een belangrijk aspect. Er verschijnen veel artikelen in de Stentor, het Deventer regiodeel, dat de Noordenbergpoortgarage voor wel €4.500.000 moet worden opgeknapt. JVZ had het idee dat het renoveren van de parkeergarage met veel minder budget zou moeten kunnen. Daarom worden in dit hoofdstuk de globale kosten van de renovatie bepaald.

Doelstelling:

- JVZ wil aan de gemeente Deventer een uitvoerbaar plan presenteren dat ruim onder het in 2010¹⁴ vastgestelde budget van €8.000.000 blijft. Op dit moment werkt de gemeente aan een budget van €4.500.000 voor het minimale plan. Dit bestaat uit het herstellen of vervangen van het parkeerdek, het toevoegen van hellingbanen op de begane grond en het betrekken van de supermarkt bij de parkeergarage.

Voor de renovatie van de parkeergarage is het herstel van de betonrot, het versterken van de constructie en het isoleren van het parkeerdek noodzakelijk. De andere aanvullingen zijn alleen meegenomen om de gebruiksvriendelijkheid van de parkeergarage te verhogen. Hierdoor zullen de kosten per onderdeel inzichtelijk gemaakt worden, zodat de gemeente Deventer zelf kan bepalen hoe veel de renovatie zal kosten.

Alle prijzen in dit hoofdstuk zijn gebaseerd op Bouwkosten (www.bouwkosten.nl), geraadpleegd op 20-12-2014. De prijzen zijn op basis van vierkante meter prijs en zijn opgenomen om inzicht te bieden in de globale kosten.

10.1 Noodzakelijke maatregelen

Voor de parkeergarage is het noodzakelijk om de betonrot te herstellen, de constructie te versterken en het parkeerdek te isoleren. Daarom wordt dit als de minimaal noodzakelijke variant voor het herstel van de garage gezien.

Herstel betonrot

Kosten reinigen	Prijs	Totale prijs
25 m ²	€ 200 / m ²	€ 5.000

Tabel 17: Kosten reinigen wapening

Injecteren scheuren

Kosten injecteren	Prijs	Totale prijs
+/- 170 m (inschatting)	€ 100/ m	€ 17.000

Tabel 18: Totale kosten injecteren

Versterken constructie

Kosten ARMO-systeem	Prijs	Totale prijs
25 m ²	€ 76 / m ²	€ 1.900

Tabel 19: Totale kosten ARMO-systeem

Waterdicht maken (bitumen)

Kosten waterdicht maken	Prijs	Totale prijs
1185 m ²	€ 20 / m ²	€ 23.700

Tabel 20: Totale kosten waterdicht maken

Isoleren

Kosten XPS	Prijs	Totale prijs
1185 m ²	€ 70 / m ²	€ 82.950

Tabel 21: Totale kosten XPS

¹⁴ Bron: www.deventer.notudoc.nl, 'Beantwoording technische vragen PvdA m.b.t. MPP 27-11-2013', 27-11-2013

Zoontjens tegels

Kosten tegels	Prijs	Totale prijs
1185 m ²	€ 100 / m ²	€ 118.500

Tabel 22: Totale kosten tegels

Totale kosten (excl. advies)	€ 259.050
Advies kosten 10%	€ 25.905

Tabel 23: Kosten noodzakelijke maatregelen

10.2 Aanvulling 1

De eerste aanvulling bestaat uit het betrekken van de supermarkt bij de parkeerruimte op de begane grond. Hiervoor moet de spouwmuur afgebroken worden en de routing van de garage aangepast worden.

Slopen spouwmuur

Kosten slopen muur	Prijs	Totale prijs
48 m ²	€ 48 / m ²	€ 2.304

Tabel 24: Kosten slopen spouwmuur

Verwijderen tegels en egaal maken van betonoppervlak

Kosten verwijderen tegels	Prijs	Totale prijs
1946 m ²	€ 20 / m ²	€ 38.920

Tabel 25: Kosten verwijderen tegels

Routing aanpassen

Kosten routing aanpassen	Prijs	Totale prijs
82 plaatsen	€ 80/plaats	€ 6.560

Tabel 26: Kosten aanpassen routing

Totale kosten (excl. advies)	€ 47.784
Advies kosten 10%	€ 4.778

Tabel 27: Kosten aanvulling 1

10.3 Aanvulling 2

De tweede aanvulling bestaat uit het verplaatsen van de ingang aan de Gibsonstraat naar de Binnensingel en het plaatsen van de autoliften met een dakopbouw. Voor deze aanvulling hoeft de hellingbaan naar het parkeerdek niet gesloopt te worden maar zou ook alleen afgesloten kunnen worden of nog gebruikt worden als uitgang.

Verplaatsen ingang

Kosten nieuwe toegang auto's	Prijs	Totale prijs
1 stuks	€ 50.000/stuk	€ 50.000

Tabel 28: Kosten nieuwe toegang

Autoliften

Kosten autolift	Prijs	Totale prijs
2 stuks	€ 50.000/stuk	€ 100.000
Installatie kosten	€ 5.000/stuk	€ 10.000
Per jaar	€ 2.500/jaar	€ 2.500/jaar

Tabel 29: Kosten autoliften

Dakopbouw slopen + nieuwbouw

Kosten dakopbouw	Prijs	Totale prijs
100 m ² (slopen)	€ 100/m ²	€ 10.000
43 m ² (nieuw)	€ 500/m ²	€ 21.500

Tabel 30: Kosten dakopbouw

Slopen randbalk sparing+ nieuwbouw

Kosten randbalk	Prijs	Totale prijs
48 m (slopen)	€50 / m	€ 2.400
48 m (nieuw)	€300 / m	€ 14.400

Tabel 31: Kosten balk

Nieuwe vloer sparing

Kosten nieuwe vloer	Prijs	Totale prijs
53 m ²	€ 130/ m ²	€ 6.890

Tabel 32: Kosten nieuwe vloer

Totale kosten (excl. advies)	€ 243.514
Advies kosten 10%	€ 24.351
Onderhoud	€ 2.500/jaar

Tabel 33: Kosten aanvulling 2

10.4 Aanvulling 3

De derde aanvulling is het aanpassen van de ingang naar de fundaties van de Noordenbergtoren. Hiervoor moet het bestaande hekwerk gesloopt worden en de nieuwe staalconstructie met glazen pui en fundering aangebracht worden.

Slopen bestaand hek

Kosten slopen hek	Prijs	Totale prijs
9,5 m ²	€ 50/m ²	€ 475

Tabel 34: Kosten slopen hek

Nieuwbouw toegang toren

Kosten toegang toren	Prijs	Totale prijs
3,5 m ² (opbouw incl pui)	€1300/ m ²	€ 4.550
3,5 m ² (balk+vloer)	€170 / m ²	€ 595

Tabel 35: Kosten balk en vloer

Totale kosten (excl. advies)	€ 5.620
Advies kosten 10%	€ 562

Tabel 36: Kosten aanvulling 3

10.5 Kosten totale renovatie

Als alle aanvullingen uitgevoerd worden, zijn de totale kosten:

Totale kosten (excl. advies)	€ 508.184
Advies kosten 10%	€ 50.818
Onderhoud	€ 2.500/jaar

Deze kosten zijn exclusief installaties voor brandveiligheid en ventilatie.

11 Conclusies en aanbevelingen

Voor de revitalisatie van de Noordenbergpoortgarage is het noodzakelijk dat de constructieve problemen opgelost worden. Hiervoor is het noodzakelijk dat de aangetaste wapening gereinigd wordt en dat de scheuren zowel aan de bovenzijde van het dek als aan de onderzijde geïnjecteerd worden. Hoeveel wapening gereinigd wordt en met welke mortel of hars de scheuren geïnjecteerd worden, moet bepaald worden door een betonreparatiebedrijf. De delen van versterkte stroken die nu onderstempeld zijn, in as E, H en I, worden versterkt met het ARMO-systeem van S&P Clever Reinforcement. Deze maatregelen zorgen ervoor dat het parkeerdek weer volledig in gebruik genomen kan worden en dat de constructieve veiligheid gegarandeerd is.

Voor het uitbreiden van de parkeergarage op de begane grond kan de voormalige supermarktruimte met een paar simpele ingrepen parkeerruimte worden. De spouwmuur tussen de supermarktruimte en de parkeerruimte op de begane grond zal hiervoor gesloopt moeten worden en de tegels op de vloer verwijderd.

Voor het vergroten van de gebruiksvriendelijkheid van de parkeergarage is het mogelijk om de parkeerkelder openbaar te maken. Voor vergunninghouders is het parkeerdek bereikbaar via twee autoliften. Omdat de hellingbaan naar het parkeerdek van bovenaf minder steil lijkt, is het ook mogelijk om deze hellingbaan als uitgang te laten fungeren. Dit is wellicht interessant wanneer het blijkt dat in de spitsuren wachtrijen voor de autoliften ontstaan.

De laatste aanvulling voor het ontwerp van de garage is het zichtbaarder maken van fundaties van de Noordenbergtoren door middel van het naar voren plaatsen van de entree en deze uit te voeren met een glazen pui.

In principe kan de gemeente Deventer aan de hand van dit onderzoek keuzes maken, op basis van functionaliteit en kosten, in hoe verre de parkeergarage gerenoveerd wordt.

12 Literatuur

- Betonvereniging. (1983). *Reparaties aan betonconstructies*.
- Betonvereniging. (1984). *Betonschade; Preventie en herstel*.
- Bouwen met staal. (07-11-2011). *Richtlijn brandveiligheid stalen parkeergarages*.
- Bouwkosten*. (Geraadpleegd op 15-09-2014). Opgehaald van www.bouwkosten.nl
- Cement en Beton. (Geraadpleegd op 02-09-2014). Vorst en dooizouten. *Cement en Beton*.
- Cement en Beton. (Geraadpleegd op 02-09-2014). Wapeningscorrosie door carbonatatie. *Cement en Beton*.
- Cement en Beton. (Geraadpleegd op 02-09-2014). Wapeningscorrosie door chloriden. *Cement en Beton*.
- CUR aanbeveling 91. (02-2007). *Versterken van gewapend betonconstructies met uitwendig gelijmde koolstofvezelwapening*.
- CUR rapport 90. (1977). *Reparaties van betonconstructies, Deel 1: Vervangen of repareren van beschadigde constructies*.
- CUR rapport 91. (1978). *Reparaties van betonconstructies, Deel 2: Pleisteren, aanstorten, spuiten*.
- Eurocode 0. (01-12-2011). *Grondslagen van het constructief ontwerp*.
- Eurocode 1. (01-12-2011). *Belastingen op constructies*.
- Eurocode 2. (11-2011). *Ontwerp en berekening van betonconstructies*.
- Eurocode 3. (12-2011). *Ontwerp en berekening van staalconstructies*.
- Eurocode 5. (01-11-2011). *Ontwerp en berekening van houtconstructies*.
- Gelhard, A. (09-03-2011). *Inspectie en onderzoek naar oorzak betonschade en lekkages in parkeergarage "Noorderbergpoort" te Deventer*.
- Gemeente Deventer. (19-10-2005). *Parkeerexploitatie Deventer*. Amersfoort: Grontmij Parking Consultants bv.
- Hein Heun Sloopwerken bv. (19-09-2014). J. Drenthen.
- Intron, S. (08-06-2011). *Onderzoek chloride schade "Parkeergarage Noorderbergpoort te Deventer"*.
- IO2040 groep 53. (19-01-2010). *De carbon fibre slee*. TU Delft.
- JVZ Raadgevend Ingenieursbureau. (12-03-1997). *Bevindingen scheuren parkeerdek 12-02-1997*. Deventer.
- JVZ Raadgevend Ingenieursbureau. (23-12-1993). *Bevindingen scheuren 05-11-1993*. Deventer.
- Moens, A. (25-02-2007). *Bandweefsel als dwarskrachtwapening*. Leuven: Masterthesis Katholieke Universiteit Leuven.
- NEN 2443:2013 nl. (03-2013). *Parkeren en stallen van personenauto's op terreinen en in garages*.
- Nibe*. (Geraadpleegd op 20-09-2014). Opgehaald van www.nibe.org
- NOVB. (08-05-2014). *Brandveiligheid van parkeergarages*. Nederlandse organisatie voor brandveiligheid.
- S&P Clever Reinforcement. (11-2012). *S&P ARMO-systeem Bemessungsgrundlagen FRCM*. S&P Clever Reinforcement.
- van Gemert, D. (05-2004). *Versterken van gewapend beton met bandweefsel*. Leuven: Promotie proefschrift Katholieke Universiteit Leuven.
- Vanhaegenberg, D., D'Hespeel, D., & Coorevits, T. (05-2008). *Het voorkomen of uitstellen van concrete ripp-off en peeling door bijkomende verankering bij balken van gewapend beton, versterkt met opgelijmde multidirectionele koolstofvezelwapening*. Gent: Promotor hogeschool Gent.
- VDL Parkeertechniek. (Geraadpleegd op 20-11-2014). *VDL Steelweld parkeersystemen*. Opgehaald van www.vdlsteelweldparkeersystemen.nl
- Verbaten, M. (08-2012). *Koolstofwapening in spuitbeton*. *Cement*.
- Walraven, J. C., & Galjaard, J. C. (1993). *Voorgespannen beton*. TU Delft.
- Walraven, J. C., van der Veen, C., Braam, C. R., & van Breugel, C. (1998). *Betonconstructies onder temperatuur- en krimpvervorming*. BetonPrisma.
- Zoontjens. (Geraadpleegd op 20-12-2014). *Parkdak 110*. Opgehaald van <http://www.zoontjens.nl/>

13 Woordenlijst

Trixtropie	Een vloeistof wordt extra vloeibaar als er energie ingebracht wordt, zodra dit stopt wordt de vloeistof snel dikker.
Plateinde-afschuiving	Dit treedt op als er aan het uiteinde van de uitwendige wapening een dwarskrachtscheur ontstaat door onvoldoende dwarskrachtwapening.
Putcorrosie	Dit is een vorm van corrosie waarbij er putjes in de wapeningstaaf ontstaan.
Corroderen	Het aantasten van staal.
Carbonatatie	Dit is een chemische reactie waarbij koolstofdioxide reageert met calciumhydroxide waardoor de pH-waarde van het beton daalt en er corrosie van de wapening kan voorkomen.
Schollen	Stukken beton die van het oppervlak zijn losgekomen.
Delaminatie	Het verdwijnen van de samenhang van verschillende lagen waardoor er lagen kunnen loslaten.
PCC mortel	Polymeer-gemodificeerde cementgebonden mortel voor het repareren van beton
Epoxyhars of lijm	Dit is een 2-componentenlijm die gebruikt kan worden voor het verlijmen van uitwendige wapening. Voor het aanbrengen van epoxylijm moet er rekening gehouden worden met een verhoogd gezondheidsrisico.
Ductiel	Een materiaal met een hoge ductiliteit is taai en verleend zich goed voor walsen, dieptrekken en smeden.
Brandcompartiment	Een gedeelte van een gebouw dat als maximaal uitbreidingsgebied van brand geldt.
Subbrandcompartiment	Een gedeelte van een brandcompartiment voor beperking van verdere uitbreiding van de brand.
Beschermd subbrandcompartiment	Een gedeelte van een subbrandcompartiment dat meer bescherming biedt tegen brand en rook.
Beschermd route	Gedeelte van de vluchtroute buiten het subbrandcompartiment.
Beschermd vluchtroute	Een beschermd route uitsluitend door een verkeersruimte
Extra beschermd vluchtroute	Een gedeelte van een beschermd vluchtroute buiten het Brandcompartiment.
Permanente vuurbelasting	De vuurbelasting van brandbare materialen van constructie onderdelen die in de ruimte staan of begrenzen.
Permanente vuurlast	Het product van de permanente vloerbelasting van een ruimte.
Veiligheidsvluchtroute	Een gedeelte van een extra beschermd vluchtroute door een niet besloten ruimte
Vluchtroute	Een route vanaf een voor personen bestemde ruimte die leidt naar een veilige plaats.

Vuurbelasting	De hoeveelheid warmte die vrij komt per vierkante meter vloeroppervlakte bij verbranding van een gebouw.
Woonfunctie	Gebruiksfunctie voor het wonen
Overige gebruiksfunctie voor personen vervoer	Functie bestemd voor het aankomen of vertrek van vervoersmiddelen ten behoeve van verkeer van personen
Concrete rip-off	Als de koolstofvezelwapening stopt op een bepaalde afstand van het steunpunt, dan kan er ongeveer verticale scheur optreden die voortzet als dwarskrachtscheur ter plaatse van het uiteinde van de koolstofvezelwapening. ¹⁵
Peeling-off	Als de hechting tussen het beton en de koolstofvezelwapening of epoxylijm verloren gaat, kan er plaatselijk onthechting optreden. Als de plaatselijke onthechting uitbreidt tot volledige onthechting van de koolstofvezelwapening is er sprake van peeling-off. ¹

¹⁵ Bron: Het voorkomen of uitstellen van concrete rip-off en peeling door bijkomende verankering bij balken in gewapend beton, versterkt met opgelijmde multidirectionele koolstofvezelwapening, D. Vanhaegenberg, D. D'Hespeel, T. Coorevits, Gent mei 2008